



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Garde côtière

Coast Guard

Canada



COPIE NON-CONTROLÉE

Publié par:

Services techniques et opérationnels
Pêches et Océans Canada
Garde côtière canadienne
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

© Ministère des Travaux publics et Services
gouvernementaux 1999

Cat. No T31-73/1999F
ISBN 0-660-17873-7

Révisé septembre 1999



Imprimé sur du papier recyclé

COPIE NON-CONTROLÉE

Introduction

Le présent manuel est une version revue et augmentée du document intitulé *Navigation dans les glaces en eaux canadiennes*, publié par la Garde côtière canadienne, Pêches et Océans Canada. On l'a modifié en vue d'aider les navires à affronter les conditions glacielles dans toutes les eaux canadiennes, y compris celles de l'Arctique. Les capitaines et le personnel de quart des navires traversant des eaux couvertes de glaces au Canada y trouveront l'information nécessaire pour bien comprendre les dangers, les techniques de navigation et les réactions des bâtiments.

Le manuel se divise en deux parties consacrées respectivement aux besoins de navigation et de formation. La partie I, *Navigation dans les glaces*, traite d'aspects de l'exploitation comme les communications, les messages, les avis, l'usage du radar de marine et les services de brise-glace; elle correspond de près à la version antérieure de **Navigation dans les glaces en eaux canadiennes**. La partie II, *Complément d'information sur la navigation dans les glaces*, vise à former en renseignant le personnel inexpérimenté sur les glaces canadiennes et les techniques de navigation et le rendement des navires dans les glaces.

Tout au long de la partie II, on met les points importants en évidence en les présentant dans des encadrés sous forme de mises en garde et de nota. Les mises en garde portent sur des aspect directement liés à la sécurité des navires dans les glaces et les nota, sur des aspects qui, sans peut-être se rapporter immédiatement à l'exploitation et à ses procédures, représentent des éléments clés des sujets abordés. Par ailleurs, les expressions moins connues figurent en italique au début des sections ou sous-sections et sont accompagnés d'une définition.

NOTA : *Aucun des éléments du présent document ne l'emporte sur ce que disent la Loi sur la marine marchande du Canada et la Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques, ni ne doit être considéré comme traduisant leurs dispositions.*

COPIE NON-CONTROLÉE

Table des matières

Partie I – Navigation dans les glaces

CHAPITRE 1	SERVICES DE DIFFUSION D'AVIS ET D'AIDE À LA NAVIGATION DANS LES GLACES.....	1
1.1	GÉNÉRALITÉS	1
1.1.1	Droits de services de déglçage	1
1.2	COMMUNICATIONS	2
1.3	MESSAGES OU RAPPORTS EN PROVENANCE DES NAVIRES	2
1.4	TERRE-NEUVE, MARITIMES, FLEUVE SAINT-LAURENT ET GRANDS LACS.....	3
1.5	CHENAL DE NAVIGATION DU FLEUVE SAINT-LAURENT.....	11
1.6	VOIE MARITIME DU SAINT-LAURENT.....	12
1.7	EAUX ARCTIQUES, Y COMPRIS LA BAIE ET LE DÉTROIT D'HUDSON.....	12
1.8	BUREAUX DES GLACES DE LA GARDE CÔTIÈRE	15
1.9	SERVICES DE DIFFUSION D'AVIS SUR LES GLACES.....	16
1.10	SERVICE CANADIEN DES GLACES D'ENVIRONNEMENT CANADA	16
1.10.1	Service canadien des glaces (SCG).....	17
1.10.2	Aéronefs d'observation des glaces.....	17
1.10.3	Observation navale des glaces.....	18
1.11	CENTRES MÉTÉOROLOGIQUES D'ENVIRONNEMENT CANADA	18
1.11.1	Prévisions météorologiques relatives aux zones maritimes.....	19
1.11.2	Cartes météorologiques de zones maritimes	19
1.11.3	Observation navale de conditions maritimes.....	19
1.12	AIDES HIVERNALES À LA NAVIGATION DANS LES EAUX CANADIENNES.....	20
CHAPITRE 2	NAVIGATION DANS LES GLACES	23
2.1	GÉNÉRALITÉS	23
2.2	EXIGENCES RELATIVES AUX NAVIRES MANŒVRANT DANS LES GLACES.....	23
2.3	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉFAVORABLES.....	24
2.3.1	Givrage de la superstructure.....	24
2.4	INDICES DE LA PRÉSENCE DE GLACES DANS LES ENVIRONS.....	25
2.5	EMPLOI DU RADAR POUR LE REPÉRAGE DES GLACES.....	25
2.6	NAVIGATION SANS ESCORTE	26
2.6.1	Pénétration dans les glaces.....	27
2.6.2	Usage du radar pour la navigation dans les eaux arctiques	27
2.7	BRISE-GLACE.....	28
2.7.1	Communications avec les brise-glace	28
2.7.2	Messages nécessaires avant une opération d'escorte	30
2.7.3	Manœuvres d'un brise-glace d'escorte.....	31

Partie II - Complément d'information sur la navigation dans les glaces

CHAPITRE 3	GLACES ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	33
3.1	CLIMATOLOGIE ET ENVIRONNEMENT	33
3.1.1	Régimes de température de l'air.....	33
3.1.2	Principales trajectoires des tempêtes et conditions éoliennes.....	34
3.1.3	Dépressions polaires.....	35
3.1.4	Régimes de précipitations.....	40
3.1.5	Brume et visibilité.....	44
3.1.6	Embruns verglaçants et conditions de givrage de la superstructure.....	45
3.1.7	Marées et courants.....	49
3.1.8	Perturbations du milieu.....	56
3.2	PHYSIQUE DES GLACES.....	57
3.2.1	Terminologie des glaces.....	57
3.2.2	Types de glaces.....	57
3.2.3	Propriétés des glaces.....	59
3.2.4	Formation et croissance des glaces.....	61
3.2.5	Mouvement, pression et déformation des glaces.....	62
3.2.6	Ablation des glaces.....	64
3.3	ICEBERGS, FRAGMENTS D'ICEBERG ET BOURGUIGNONS.....	65
3.3.1	Origine et nature.....	66
3.3.2	Situation et concentration géographiques.....	67
3.4	CLIMATOLOGIE DES GLACES.....	71
3.4.1	Grands Lacs et fleuve Saint-Laurent.....	72
3.4.2	Golfe du Saint-Laurent.....	77
3.4.3	Eaux de l'est de Terre-Neuve et de la mer du Labrador.....	80
3.4.4	Baie et détroit d'Hudson, baie James et bassin Foxe.....	85
3.4.5	Baie de Baffin et détroit de Davis.....	93
3.4.6	Archipel arctique.....	97
3.4.7	Ouest de l'Arctique.....	101
CHAPITRE 4	NAVIGATION DANS LES GLACES	109
4.1	EFFET DE LA GLACE ET DE LA NEIGE SUR LE RENDEMENT DES NAVIRES.....	109
4.1.1	Résistance des navires.....	109
4.1.2	Manœuvre des navires.....	110
4.1.3	Capacité structurale.....	110
4.1.4	Systèmes d'amélioration du rendement.....	111
4.2	TECHNIQUES DE MANŒUVRE DES NAVIRES DANS LES GLACES.....	111
4.2.1	Manœuvres dans diverses conditions glacielles.....	112
4.2.2	Manœuvre d'un navire avarié dans les glaces.....	119
4.2.3	Accostage.....	119
4.2.4	Remorquage dans les glaces.....	120
4.2.5	Gestion des glaces.....	121
4.3	NAVIGATION DANS DES EAUX COUVERTES DE GLACES.....	121
4.3.1	Navigation sans escorte.....	122
4.3.2	Repérage et évitement des glaces.....	122
4.3.3	Visibilité.....	125
4.3.4	Vitesse.....	126
4.3.5	Sondages.....	126
4.4	PLANIFICATION DE TRAVERSÉES.....	127
4.4.1	Phase stratégique.....	128
4.4.2	Phase tactique.....	130

4.5	PRINCIPES DE NAVIGATION À DE HAUTES LATITUDES	131
4.5.1	Cartes	131
4.5.2	Cartes marines de l'Arctique canadien et lacunes cartographiques.....	132
4.5.3	Effet des hautes latitudes sur les compas et les aides électroniques.....	133
4.6	RÉGLEMENTATION DE LA NAVIGATION.....	137
4.6.1	Règlement sur les cartes et les publications	137
4.6.2	Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires.....	138
4.6.3	Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique.....	138
4.7	INFORMATION SUR LES GLACES	139
4.7.1	Niveaux d'information sur les glaces	139
4.7.2	Sources extérieures d'information sur les glaces.....	140
4.7.3	Sources intérieures d'information sur les glaces.....	141
4.7.4	Cartes glacielles du Service canadien des glaces (SCG).....	143
4.7.5	Repérage naval des glaces de mer.....	153
4.7.6	Repérage naval des icebergs, des fragments d'iceberg et des bourguignons.....	160
4.7.7	Futurs systèmes d'information sur les glaces	161
CHAPITRE 5 NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE CANADIEN		165
5.1	RÈGLEMENT SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION DES EAUX ARCTIQUES PAR LES NAVIRES (RPPEAN)	165
5.1.1	Application du système de zones et de dates.....	166
5.1.2	Navires de cote arctique et navires CAC.....	166
5.1.3	Le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique.....	170
5.1.4	Certification des navires – Certificats de prévention de la pollution dans l'Arctique.....	170
5.1.5	L'officier de navigation dans les glaces.....	170
5.2	CODE INTERNATIONAL DE LA SÉCURITÉ DES NAVIRES NAVIGUANT LES EAUX POLAIRES	172
5.3	NORMES ÉQUIVALENTES POUR LA CONSTRUCTION DE NAVIRES DE CLASSE ARCTIQUE – TP 12260.....	174
5.4	NORMES POUR LE SYSTÈME DES RÉGIMES DE GLACES POUR LA NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE (SRGNA) – TP 12259.....	175
5.4.1	Principes.....	176
5.4.2	Critères d'application	176
5.4.3	Comment appliquer le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique.....	176
5.4.4	Messages du Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique.....	177
5.4.5	Message de routage en régimes de glaces	177
5.4.6	Rapport postérieur aux opérations.....	178
5.4.7	Tableaux d'analyse des glaces ou images	179
5.5	TROUSSE D'AIDE À L'UTILISATEUR - TP 12819	180
5.5.1	Caractéristiques du Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique.....	180
5.5.2	Terminologie relative aux régimes de glaces	181
5.5.3	Facteurs qui peuvent influencer sur les multiplicateurs glaciels.....	182
5.5.4	Calcul des numéraux glaciels.....	184
5.5.5	Exemples : Régimes de glaces et numéraux glaciels correspondants	184
5.5.6	Exploitation des navires	186

CHAPITRE 6	CONCEPTION ET CONSTRUCTION DES NAVIRES POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES	189
6.1	CONCEPTION DE LA FORME DE LA COQUE	189
6.1.1	Forme de l'avant.....	189
6.1.2	Forme du milieu	190
6.1.3	Forme de l'arrière.....	190
6.2	CONCEPTION DE LA CHARPENTE.....	191
6.2.1	Charges.....	191
6.2.2	Disposition de la charpente	191
6.2.3	Matériaux de construction et comportement à basse température	192
6.3	APPAREILS DE PROPULSION.....	194
6.3.1	Machine motrice.....	195
6.3.2	Transmissions électriques.....	195
6.3.3	Transmissions mécaniques.....	195
6.3.4	Arbres et organes de ligne d'arbres	195
6.3.5	Hélices.....	196
6.4	APPAREILS À GOUVERNER.....	196
6.5	SYSTÈMES AUXILIAIRES	197
6.5.1	Refroidissement.....	197
6.5.2	Gel de tuyaux, de soupapes et de réservoirs.....	199
6.5.3	Évacuation des déchets.....	200
6.5.4	Chauffage du mazout.....	201
ANNEXE A	TERMINOLOGIE DES GLACES, DE LA NAVIGATION ET DE LA CONCEPTION DE NAVIRES.....	A-1
A.1	TERMINOLOGIE DES GLACES	A-1
A.2	TERMINOLOGIE DE LA NAVIGATION	A-12
A.3	TERMINOLOGIE DE LA CONCEPTION DE NAVIRES.....	A-13
ANNEXE B	DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES EN EAUX CANADIENNES.....	B-1
B.1	AVIS AUX NAVIGATEURS, AIDES RADIO, LISTES DE FEUX ET INSTRUCTIONS NAUTIQUES.....	B-1
B.2	ENVIRONNEMENT.....	B-4
B.3	GLACES.....	B-5
B.4	NAVIGATION.....	B-6
B.5	CONCEPTION DE NAVIRES	B-6
ANNEXE C	RÈGLEMENT SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION DES EAUX ARCTIQUES PAR LES NAVIRES.....	C-1
C.1	RÈGLEMENT ACTUEL.....	C-1

Liste de figures

Figure 1	Secteurs de glaces A (côte Est), B (golfe du St-Laurent) et C (fleuve St-Laurent).....	6
Figure 2	Secteur de glaces D – GRANDS LACS	9
Figure 3	Eaux arctiques de la zone NORDREG Canada.....	14
Figure 4	Dates moyennes du début de l'hiver (températures journalières tombant pour la première fois au-dessous du point de congélation)	36
Figure 5	Dates moyennes de la fin de l'hiver (températures journalières s'élevant pour la première fois au-dessus du point de congélation)	37
Figure 6	Principales trajectoires estivales des tempêtes au Canada	39
Figure 7	Principales trajectoires hivernales des tempêtes au Canada.....	39
Figure 8	Images satellite dépeignant la formation d'une dépression polaire dans le détroit d'Hudson.....	41
Figure 9	Variabilité saisonnière du jour selon la latitude et le mois.....	44
Figure 10	Courants de surface dans les eaux canadiennes	51
Figure 11	Bathymétrie (mètres) du golfe du Saint-Laurent, des Grands bancs de Terre-Neuve et de la mer du Labrador.....	52
Figure 12	Structure cristalline caractéristique de la jeune glace de mer	60
Figure 13	Photo d'un iceberg type.....	67
Figure 14	Sources et principales trajectoires des icebergs dans les eaux canadiennes.....	68
Figure 15	Dénombrement annuel des icebergs franchissant le 48° de latitude N	70
Figure 16	Grands Lacs	72
Figure 17	Position de la lisière des glaces au large du littoral est du Canada en janvier, avril et juillet	83
Figure 18	Variabilité de l'étendue minimum et maximum des glaces de mer au large du littoral est du Canada. .	84
Figure 19	Courants marins moyens de surface dans la région de la baie d'HUDSON.	86
Figure 20	Exemple de carte composite des glaces pour la baie et le détroit d'HUDSON, 21 mai 1991	92
Figure 21	Disposition des polynies récurrentes de l'Arctique canadien.....	93
Figure 22	Toponymie, bathymétrie et courants de l'Ouest de l'Arctique	104
Figure 23	Étendue des glaces de mer au milieu de l'hiver dans la mer de Beaufort.....	106
Figure 24	Bonne façon d'aborder un champ de glaces : approche lente et perpendiculaire à la lisière (Parnell, 1986)	113
Figure 25	Danger d'une manœuvre de virage dans un chenal en zone de glaces : en heurtant obliquement un floe peu puissant, un navire peut être dévié vers un floe plus dur (Parnell, 1986).....	115
Figure 26	Manœuvre de recul dans les glaces : zéro la barre, en arrière très lente; brève poussée en marche avant pour dégager les glaces (Parnell, 1986)	116
Figure 27	La pression du champ de glaces referme le passage derrière le navire (Parnell, 1986)	117
Figure 28	Accostage : expulsion des glaces par le remous pendant que l'avant est amarré avec une garde montante (Parnell, 1986).....	120
Figure 29	Manœuvre de contournement d'un iceberg et de fragments d'iceberg (Parnell, 1986)	124
Figure 30	Exemple de carte d'analyse des glaces du SEA	147
Figure 31	Exemple de nouvelle glace	154
Figure 32	Exemple de nilas.....	155
Figure 33	Exemple de glace en crêpes	156
Figure 34	Exemple de jeune glace; glaçons gris et blanchâtres	156
Figure 35	Exemple de glace de première année.....	157
Figure 36	Exemple de glace de deuxième année.....	158
Figure 37	Exemple de glace de plusieurs années	159
Figure 38	Bourguignon dissimulé dans un champ de fragments.....	161
Figure 39	Iceberg et bourguignons en haute mer	162

Figure 40	Exemple de fragment d'iceberg non repéré au radar de marine.....	162
Figure 41	Zones de contrôle de la sécurité de la navigation.....	167
Figure 42	Ce vraquier de type D a été endommagé par les glaces dans le détroit de Hudson.....	183
Figure 43	Forme classique de l'avant.....	190
Figure 44	Forme non-classique de l'avant.....	190
Figure 45	Sections de la coque d'un navire de type.....	193
Figure 46	Exemple de rupture de fragilité de la charpente d'un navire.....	194
Figure 47	Aménagements de prise d'eau de mer.....	198

COPIE NON-CONTROLÉE

Liste des tableaux

Tableau 1	Signaux de manœuvre à utiliser pour compléter les communications R/T entre un brise-glace et le ou les navires escortés.....	29
Tableau 2	Température journalière en moyenne mensuelle de certaines stations au Canada.....	38
Tableau 3	Vélocité et direction des vents pendant une dépression polaire dans le détroit d'Hudson	40
Tableau 4	Pluviométrie mensuelle moyenne de certaines stations au Canada.....	42
Tableau 5	Précipitations de neige en moyenne mensuelle pour certaines stations du Canada	43
Tableau 6	Amplitudes de marée dans certaines stations de l'Arctique	56
Tableau 7	Durée de la dégradation des icebergs de diverses catégories de taille	70
Tableau 8	Concentration des glaces par quinzaine dans les Grands Lacs et au lac Sainte-Claire	74
Tableau 9	Dates médianes de formation et de dégagement des glaces dans des stations du golfe du Saint-Laurent	78
Tableau 10	Dates de formation et de dégagement des glaces au Labrador et à Terre-Neuve.....	80
Tableau 11	Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans les régions de la baie de Baffin et du détroit de Davis.....	94
Tableau 12	Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans des régions de l'archipel arctique	98
Tableau 13	Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans des régions de l'Ouest de l'Arctique	102
Tableau 14	Codage de l'œuf des stades de formation des glaces de mer (So Sa Sb Sc Sd Se).....	150
Tableau 15	Codage de l'œuf des stades de formation des glaces de lac	150
Tableau 16	Codage de l'œuf de la taille des floes (Fa Fb Fc Fd Fe Fp Fs).....	151
Tableau 17	Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques (Annexe VIII (art. 6 et 26)).....	168
Tableau 18	Normes de construction des navires de type A, B, C, D et E (Annexe V du RPPEAN).....	169
Tableau 19	Description des classes polaires.....	173
Tableau 20	Catégories arctiques canadiennes (CAC).....	175
Tableau 21	Tableau des multiplicateurs glaciels	182

COPIE NON-CONTROLÉE

Partie I – Navigation dans les glaces

COPIE NON-CONTROLÉE

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 1 SERVICES DE DIFFUSION D'AVIS ET D'AIDE À LA NAVIGATION DANS LES GLACES

1.1 GÉNÉRALITÉS

Il existe, partout dans les secteurs mentionnés dans ce manuel, un très vaste dispositif destiné à aider à des degrés divers les navires qui se déplacent dans des eaux couvertes de glaces. Les services ainsi assurés par les bureaux des glaces de la Garde côtière canadienne du ministère des Pêches et des Océans vont de la transmission par radiotéléphone et télécopieur de renseignements généraux et de prévisions à jour sur l'état des glaces à la diffusion d'avis détaillés sur les routes à suivre pour les navires faisant route sans escorte en passant par tout ce qui est escorte navale au moyen de brise-glace, et ce, selon les disponibilités et les besoins.

Chaque secteur se trouve sous la surveillance des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM). Les capitaines peuvent communiquer avec les divers services en cause pour en obtenir aide et conseils. Les centres SCTM conjointement avec les agents d'opérations des glaces de la Garde côtière canadienne ont un tableau complet et à jour de l'état des glaces et des tendances prévues dans leurs zones respectives et sont, par conséquent, bien armés pour donner de judicieux conseils sur les meilleures routes à suivre.

Pour que ces services leur soient le plus profitables possible, il est indispensable que les capitaines entrent en contact avec la Garde côtière avant que leur navire ne pénètre dans des eaux où il peut rencontrer des glaces. Ces messages initiaux et les messages ultérieurs de position de navire permettront aux agents de surveillance des glaces de constamment contrôler la progression d'un navire et, au besoin, d'envoyer à bref délai un brise-glace à son aide, compte tenu de la lourde charge de travail qu'ont normalement ces bâtiments. On ne saurait trop insister auprès des capitaines pour qu'ils aident activement le Service de diffusion d'avis en lui communiquant des rapports sur les glaces qu'ils rencontrent, soit en langage courant, soit au moyen du code simple que présentent les annexes A.1 et A.2.

1.1.1 Droits de services de déglacement

En 1995, le gouvernement fédéral a annoncé qu'il commencerait à récupérer une partie du coût des services maritimes. La Garde côtière a mené des consultations poussées auprès de ses intervenants au sujet de la formule que devrait prendre ces droits d'utilisation. Avant de mettre en application les droits en question, la Garde côtière a examiné diverses options et en a discuté avec des représentants de l'industrie maritime. Par conséquent, le barème de droits de services à la navigation maritime applicable aux navires de commerce est entré en vigueur en 1996, et le barème de droits des services de déglacement (DSD), en 1998.

Le DSD permet de recouvrer une partie de ce qu'il en coûte au gouvernement fédéral pour assurer des services d'aide au passage des navires, de conseils et de renseignements sur la navigation dans les glaces, et d'entretien des ports et installations maritimes à l'appui de la navigation

commerciale. Depuis le 21 décembre 1998, tous les navires de commerce qui entrent dans un port canadien situé dans la zone de glaces ou qui en partent pendant la saison des glaces doivent payer un droit de transit. On peut trouver des détails sur l'application du DSD ainsi que des explications sur la zone de glaces et la saison des glaces en consultant le site web de la Garde côtière canadienne, www.ccg-gcc.gc.ca, ou en composant le 1-800-563-6295.

1.2 COMMUNICATIONS

NOTA : La Garde côtière canadienne a fusionné ses Services de trafic maritime (STM) et ses stations radios (SRGC) en une nouvelle organisation appelée Services de communications et de trafic maritimes (SCTM)

Les communications jouent un rôle clé dans une bonne navigation dans les glaces. Le capitaine se fonde sur les renseignements et les avis précis qu'il reçoit sur l'état des glaces pour décider de la route et de la progression de son navire. De même, un service efficace d'aide à la navigation et d'escorte de brise-glace exige des communications sûres. La section 2.7.1 de la partie I de ce manuel renseigne en détail sur les communications avec les brise-glace de la Garde côtière canadienne.

Les sections 1.4 à 1.6 énumèrent les centres SCTM et les fréquences servant habituellement à la diffusion de renseignements sur les glaces. Pour obtenir tous les détails sur les Centres SCTM et les services qu'ils offrent, il faut consulter les publications nationales appropriées sur les aides radio à la navigation maritime. L'annexe B en dressent la liste.

Les capitaines sont priés de noter que les messages suivants sont transmis gratuitement par les Centres SCTM :

- messages relatifs aux conditions météorologiques ou glacielles et aux prévisions qui s'y rapportent;
- messages relatifs aux aides à la navigation;
- Messages ECAREG et NORDREG
- messages des Centres SCTM aux navires (gratuit pour les navires);
- renseignements demandés aux navires dans ce manuel.

NOTA :

Afin d'avoir une image ponctuelle et précise des conditions auxquelles les navires doivent faire face durant leur parcours, il est fortement recommandé aux navires participant aux systèmes de trafic maritime ECAREG ou NORDREG où les glaces sont présentes, de fournir la position, l'information sur l'état des glaces et des renseignements météorologiques à 1200, 1600 (heure de message d'observations régulières) et 2000 UTC

1.3 MESSAGES OU RAPPORTS EN PROVENANCE DES NAVIRES

Le Système de trafic maritime de l'Est du Canada, connu sous le nom d'ECAREG Canada, est un système obligatoire offrant un guichet unique auquel le navigateur peut s'adresser pour obtenir des services du gouvernement. Le Règlement sur la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada s'applique aux navires d'au moins 500 tonneaux de jauge brute. Les services sont aussi obligatoires pour les navires remorquant ou poussant un ou plusieurs navires jaugeant au moins 500 tonneaux au total ou en cas de transport par un de ces navires de produits polluants ou dangereux, selon la définition qu'en donnent les règlements canadiens et internationaux.

Les navires pénétrant dans les eaux visées et demandant à ECAREG CANADA l'autorisation d'entrer doivent, outre les renseignements qu'exige le Règlement sur la zone de trafic de l'est du Canada, communiquer les données suivantes :

- tirants d'eau avant et arrière;
- déplacement (tonnage);
- vitesse en eau libre;
- classe ou cote de navigation dans les glaces, s'il y a lieu, et société de classification;
- nombre d'hélices;
- puissance motrice sur l'arbre; et
- type de système de propulsion.

ECAREG CANADA donne des autorisations de mouvement à des conditions énoncées. Il demande également que les navires communiquent des messages courants à l'accostage, à l'appareillage et en sortie de zone ECAREG CANADA. Les procédures et les renseignements de ces communications figurent dans la dernière édition de la publication de la Garde côtière intitulée Avis aux navigateurs - Édition annuelle. Les messages réglementaires que décrivent en détail les pages qui suivent peuvent être transmis gratuitement par les Centres SCTM.

ECAREG CANADA exerce son activité grâce à plusieurs bureaux desservant des zones des eaux canadiennes couvertes de glaces de l'Est du Canada, dont la Voie maritime du Saint-Laurent et les Grands Lacs.

NOTA : On doit entrer en contact avec ECAREG CANADA avant de pénétrer dans les eaux canadiennes pour en obtenir une autorisation de navigation dans la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada.

1.4 TERRE-NEUVE, MARITIMES, FLEUVE SAINT-LAURENT ET GRANDS LACS

Ce territoire se divise en quatre secteurs (voir la figure 1 pour les secteurs A, B et C et la figure 2 pour le secteur D) en vue de la diffusion de renseignements à jour sur l'état des glaces, de la consultation sur les routes à suivre, de la prestation de services de brise-glace selon les disponibilités et les besoins, ainsi que de la formation de convois, s'il y a lieu.

Dans ces zones se trouvent des centres d'opérations des glaces de la Garde côtière canadienne, qui sont exploités en saison selon l'état des glaces. L'hiver, ces centres fonctionnent 24 heures sur 24 et sont dotés d'officiers de navigation ayant l'expérience de la navigation de brise-glace et d'autres navires dans les glaces. Travaillant de concert avec ECAREG CANADA, ils livrent une information à jour sur les conditions glacielles, proposent des routes aux navires en traversée ou en contournement des glaces et coordonnent les services d'aide de brise-glace à la navigation.

Les centres d'opérations des glaces sont constamment en contact avec les brise-glace et avec les navires dont ils suivent la progression grâce aux Centres SCTM. Toutes les communications radio relatives à la navigation dans les glaces passent par ECAREG Canada par le Centre SCTM approprié. Les communications radio dans les Grands Lacs doivent être adressées au Bureau des glaces de Sarnia.

Les centres sont également en contact direct avec les agents maritimes, les armateurs, les affréteurs et les autorités portuaires selon les besoins. De plus, les aéronefs de la Patrouille de reconnaissance des glaces et le Service canadien des glaces (SCG) à Ottawa travaillent en tout temps avec les centres d'opérations des glaces, où sont postés des spécialistes des glaces pendant toute la saison de navigation.

Dans le cas des navires fréquentant les eaux de la côte est du Canada, on peut envoyer gratuitement des demandes de services de navigation dans les glaces à ECAREG CANADA par le Centre SCTM le plus proche. La zone de trafic de l'Est du Canada comprend toutes les eaux canadiennes du littoral est au sud du cap Chidley (60°00'N) et celles du golfe et du fleuve Saint-Laurent à l'est du 60°00'O. Les zones surveillées par les services locaux du trafic maritime ne font pas partie de la zone ECAREG CANADA, mais transmettront à ce dernier toute demande de services des glaces qu'elles reçoivent.

Les navires faisant route sur le fleuve Saint-Laurent à l'ouest du 66° de longitude Ouest peuvent obtenir des renseignements sur les glaces fluviales en s'adressant à ECAREG CANADA par un Centre SCTM avant de franchir cette longitude ou en communiquant avec les Services de trafic maritime compétent sur la bonne fréquence de secteur s'ils se sont déjà engagés sur le fleuve.

On assure des services d'information sur les glaces pendant la période où la présence de glaces constitue une menace pour le trafic maritime dans la zone d'ECAREG CANADA.

Secteur A - Terre-Neuve

Il s'agit de toutes les eaux situées au sud et à l'est du cap Chidley, y compris l'inlet Hamilton et le détroit de Belle-Isle au nord d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O), et à l'est d'une ligne qui de Rose Blanche, Terre-Neuve, passe par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

Adresse : Centre SCTM de St John's
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1

Radiogramme : ECAREG CANADA

- Centre SCTM:** St. John's , Terre-Neuve (ou par tout centre SCTM)
Indicatif d'appel : VON 460 kHz CW
- Téléphone :** (709) 772-4580 ou (709) 772-2078
- Télécopieur :** (709) 772-5369
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur A devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant leur arrivée. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Secteur B - Maritimes

Il s'agit de toutes les eaux à l'est de la longitude 66°00'O, y compris le détroit de Belle-Isle au sud d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), jusqu'à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O) et toutes les eaux à l'ouest d'une ligne partant de Rose Blanche, Terre-Neuve, et passant par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

- Adresse :** Centre SCTM de Halifax
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
2e étage, Shannon Hill
C.P. 1000
Dartmouth (N.-É.) B2Y 3Z8
- Radiogramme :** ECAREG CANADA
- Centre SCTM :** Halifax, Nouvelle-Écosse
(ou par tout Centre SCTM de la Garde côtière canadienne)
- Indicatif d'appel :** VCS 2118/2514 kHz ou 2206/2582 kHz
161,9 kHz RT VHF voie 26
- Téléphone :** (902) 426-5664 ou (902) 426-5665
- Télécopieur :** (902) 426-6444
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur B devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant de doubler le cap Ray. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Messages de position et de progression en navigation sans escorte :

Les navires traversant sans escorte le golfe du Saint-Laurent en zone de glaces devraient signaler leur position et leur progression à ECAREG CANADA à 1600 UTC.

Figure 1 Secteurs de glaces A (côte Est), B (golfe du St-Laurent) et C (fleuve St-Laurent).

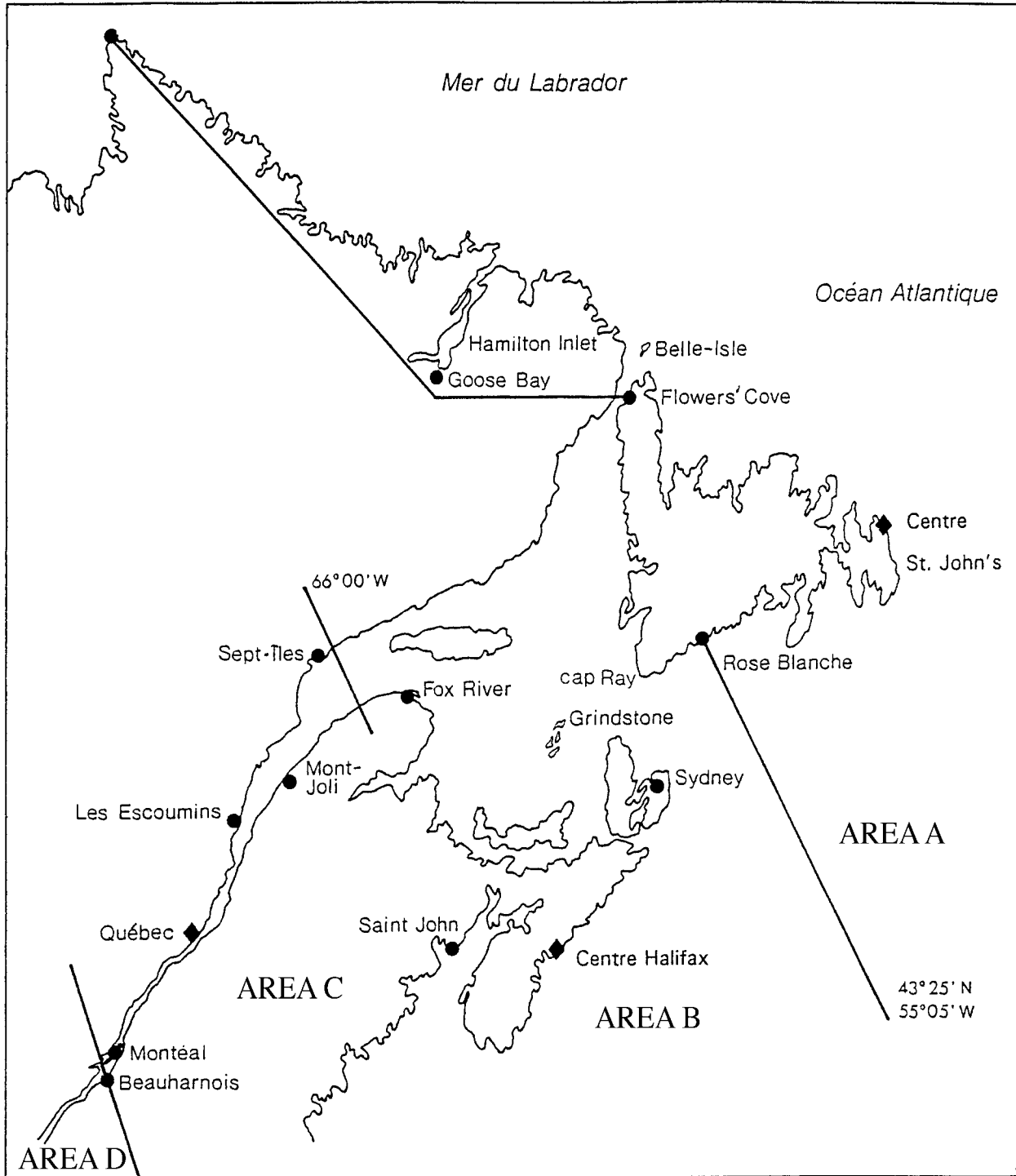
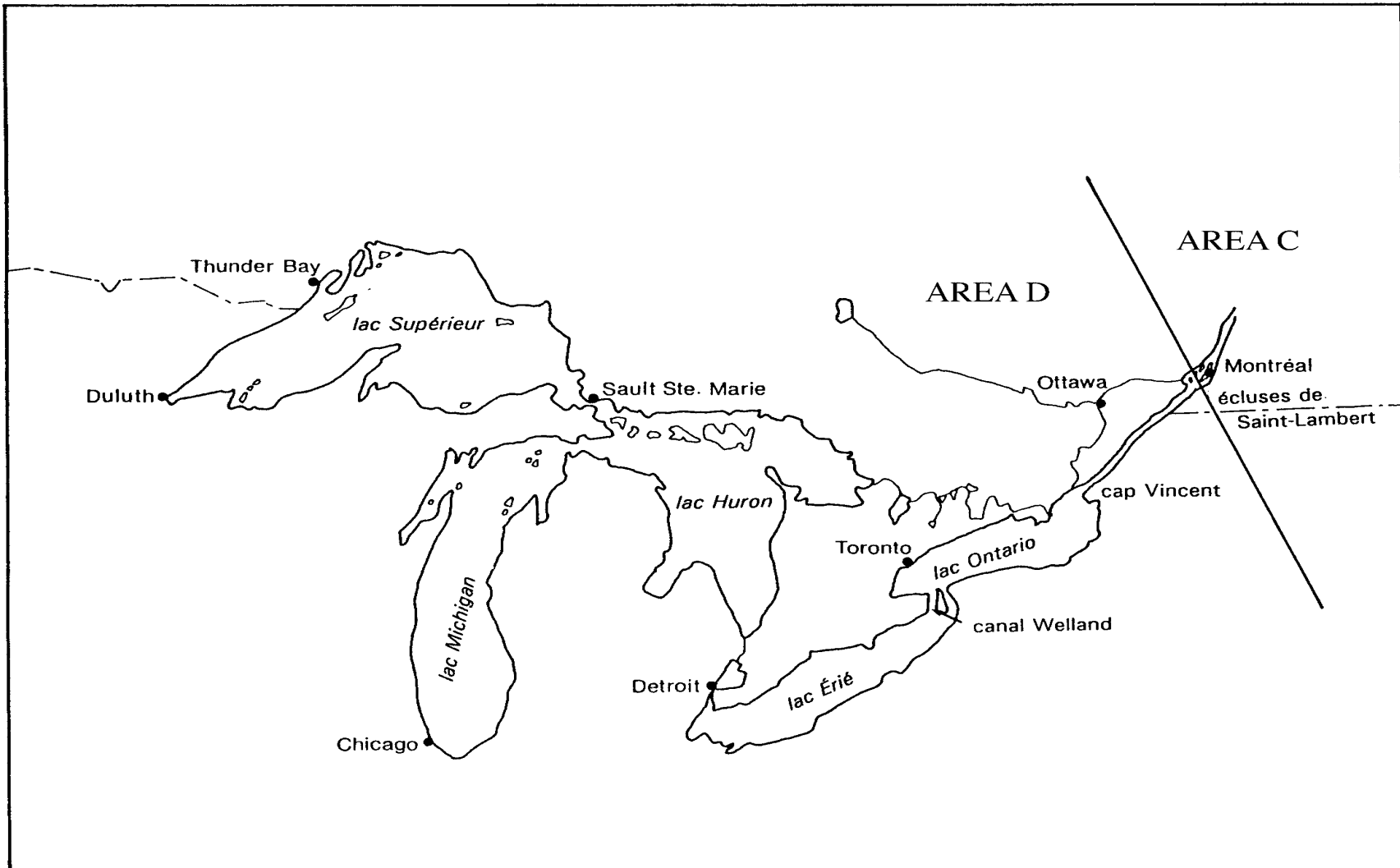


Figure 2 Secteur de glaces D – GRANDS LACS



1.3 MESSAGES OU RAPPORTS EN PROVENANCE DES NAVIRES

Le Système de trafic maritime de l'Est du Canada, connu sous le nom d'ECAREG Canada, est un système obligatoire offrant un guichet unique auquel le navigateur peut s'adresser pour obtenir des services du gouvernement. Le Règlement sur la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada s'applique aux navires d'au moins 500 tonneaux de jauge brute. Les services sont aussi obligatoires pour les navires remorquant ou poussant un ou plusieurs navires jaugeant au moins 500 tonneaux au total ou en cas de transport par un de ces navires de produits polluants ou dangereux, selon la définition qu'en donnent les règlements canadiens et internationaux.

Les navires pénétrant dans les eaux visées et demandant à ECAREG CANADA l'autorisation d'entrer doivent, outre les renseignements qu'exige le Règlement sur la zone de trafic de l'est du Canada, communiquer les données suivantes :

- tirants d'eau avant et arrière;
- déplacement (tonnage);
- vitesse en eau libre;
- classe ou cote de navigation dans les glaces, s'il y a lieu, et société de classification;
- nombre d'hélices;
- puissance motrice sur l'arbre; et
- type de système de propulsion.

ECAREG CANADA donne des autorisations de mouvement à des conditions énoncées. Il demande également que les navires communiquent des messages courants à l'accostage, à l'appareillage et en sortie de zone ECAREG CANADA. Les procédures et les renseignements de ces communications figurent dans la dernière édition de la publication de la Garde côtière intitulée Avis aux navigateurs - Édition annuelle. Les messages réglementaires que décrivent en détail les pages qui suivent peuvent être transmis gratuitement par les Centres SCTM.

ECAREG CANADA exerce son activité grâce à plusieurs bureaux desservant des zones des eaux canadiennes couvertes de glaces de l'Est du Canada, dont la Voie maritime du Saint-Laurent et les Grands Lacs.

NOTA : On doit entrer en contact avec ECAREG CANADA avant de pénétrer dans les eaux canadiennes pour en obtenir une autorisation de navigation dans la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada.

1.4 TERRE-NEUVE, MARITIMES, FLEUVE SAINT-LAURENT ET GRANDS LACS

Ce territoire se divise en quatre secteurs (voir la figure 1 pour les secteurs A, B et C et la figure 2 pour le secteur D) en vue de la diffusion de renseignements à jour sur l'état des glaces, de la consultation sur les routes à suivre, de la prestation de services de brise-glace selon les disponibilités et les besoins, ainsi que de la formation de convois, s'il y a lieu.

Dans ces zones se trouvent des centres d'opérations des glaces de la Garde côtière canadienne, qui sont exploités en saison selon l'état des glaces. L'hiver, ces centres fonctionnent 24 heures sur 24 et sont dotés d'officiers de navigation ayant l'expérience de la navigation de brise-glace et d'autres navires dans les glaces. Travaillant de concert avec ECAREG CANADA, ils livrent une information à jour sur les conditions glacielles, proposent des routes aux navires en traversée ou en contournement des glaces et coordonnent les services d'aide de brise-glace à la navigation.

Les centres d'opérations des glaces sont constamment en contact avec les brise-glace et avec les navires dont ils suivent la progression grâce aux Centres SCTM. Toutes les communications radio relatives à la navigation dans les glaces passent par ECAREG Canada par le Centre SCTM approprié. Les communications radio dans les Grands Lacs doivent être adressées au Bureau des glaces de Sarnia.

Les centres sont également en contact direct avec les agents maritimes, les armateurs, les affréteurs et les autorités portuaires selon les besoins. De plus, les aéronefs de la Patrouille de reconnaissance des glaces et le Service canadien des glaces (SCG) à Ottawa travaillent en tout temps avec les centres d'opérations des glaces, où sont postés des spécialistes des glaces pendant toute la saison de navigation.

Dans le cas des navires fréquentant les eaux de la côte est du Canada, on peut envoyer gratuitement des demandes de services de navigation dans les glaces à ECAREG CANADA par le Centre SCTM le plus proche. La zone de trafic de l'Est du Canada comprend toutes les eaux canadiennes du littoral est au sud du cap Chidley (60°00'N) et celles du golfe et du fleuve Saint-Laurent à l'est du 60°00'O. Les zones surveillées par les services locaux du trafic maritime ne font pas partie de la zone ECAREG CANADA, mais transmettront à ce dernier toute demande de services des glaces qu'elles reçoivent.

Les navires faisant route sur le fleuve Saint-Laurent à l'ouest du 66° de longitude Ouest peuvent obtenir des renseignements sur les glaces fluviales en s'adressant à ECAREG CANADA par un Centre SCTM avant de franchir cette longitude ou en communiquant avec les Services de trafic maritime compétent sur la bonne fréquence de secteur s'ils se sont déjà engagés sur le fleuve.

On assure des services d'information sur les glaces pendant la période où la présence de glaces constitue une menace pour le trafic maritime dans la zone d'ECAREG CANADA.

Secteur A - Terre-Neuve

Il s'agit de toutes les eaux situées au sud et à l'est du cap Chidley, y compris l'inlet Hamilton et le détroit de Belle-Isle au nord d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O), et à l'est d'une ligne qui de Rose Blanche, Terre-Neuve, passe par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

Adresse : Centre SCTM de St John's
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1

Radiogramme : ECAREG CANADA

- Centre SCTM:** St. John's , Terre-Neuve (ou par tout centre SCTM)
Indicatif d'appel : VON 460 kHz CW
- Téléphone :** (709) 772-4580 ou (709) 772-2078
- Télécopieur :** (709) 772-5369
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur A devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant leur arrivée. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Secteur B - Maritimes

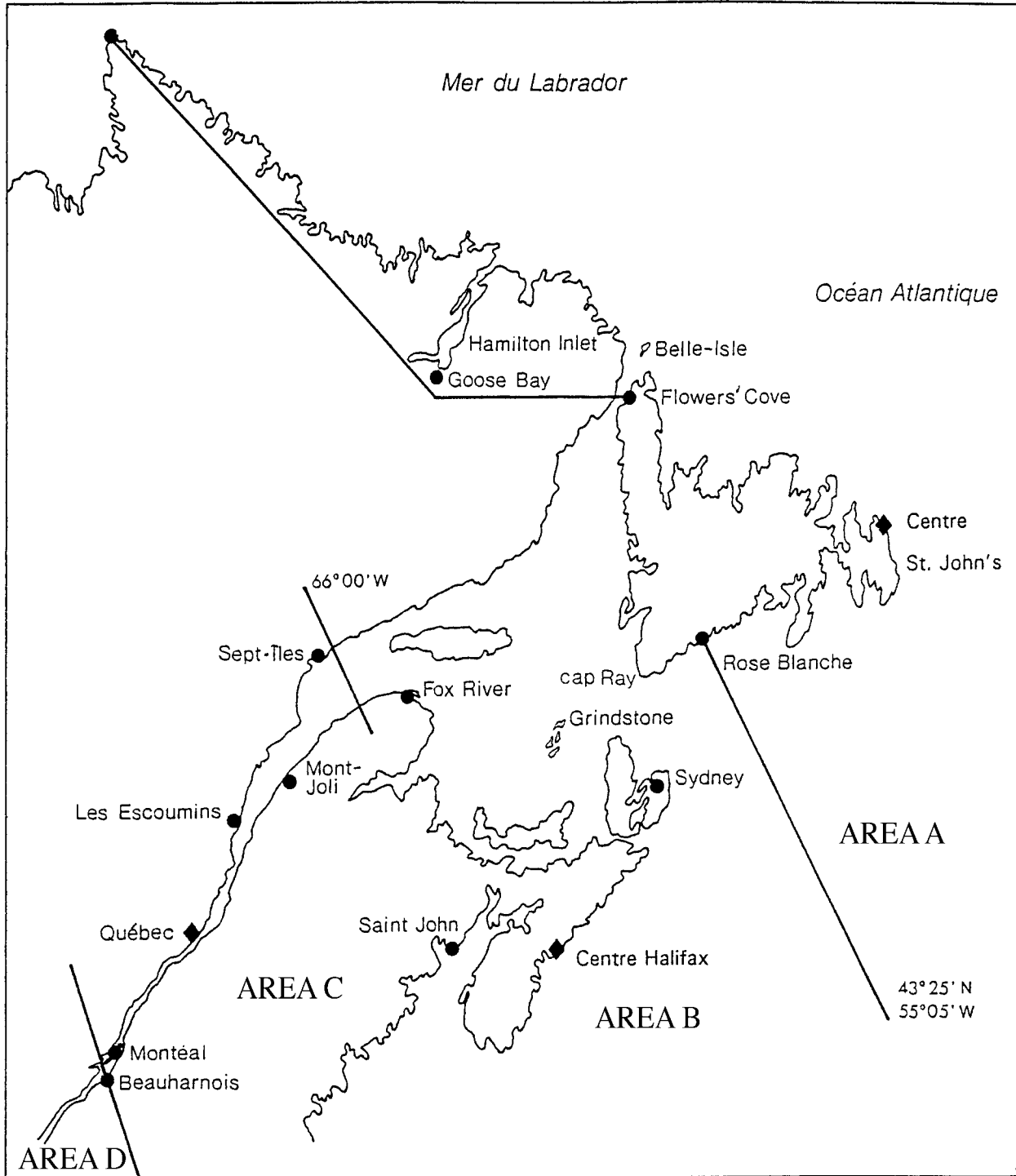
Il s'agit de toutes les eaux à l'est de la longitude 66°00'O, y compris le détroit de Belle-Isle au sud d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), jusqu'à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O) et toutes les eaux à l'ouest d'une ligne partant de Rose Blanche, Terre-Neuve, et passant par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

- Adresse :** Centre SCTM de Halifax
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
2e étage, Shannon Hill
C.P. 1000
Dartmouth (N.-É.) B2Y 3Z8
- Radiogramme :** ECAREG CANADA
- Centre SCTM :** Halifax, Nouvelle-Écosse
(ou par tout Centre SCTM de la Garde côtière canadienne)
- Indicatif d'appel :** VCS 2118/2514 kHz ou 2206/2582 kHz
161,9 kHz RT VHF voie 26
- Téléphone :** (902) 426-5664 ou (902) 426-5665
- Télécopieur :** (902) 426-6444
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur B devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant de doubler le cap Ray. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Messages de position et de progression en navigation sans escorte :

Les navires traversant sans escorte le golfe du Saint-Laurent en zone de glaces devraient signaler leur position et leur progression à ECAREG CANADA à 1600 UTC.

Figure 1 Secteurs de glaces A (côte Est), B (golfe du St-Laurent) et C (fleuve St-Laurent).



1.3 MESSAGES OU RAPPORTS EN PROVENANCE DES NAVIRES

Le Système de trafic maritime de l'Est du Canada, connu sous le nom d'ECAREG Canada, est un système obligatoire offrant un guichet unique auquel le navigateur peut s'adresser pour obtenir des services du gouvernement. Le Règlement sur la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada s'applique aux navires d'au moins 500 tonneaux de jauge brute. Les services sont aussi obligatoires pour les navires remorquant ou poussant un ou plusieurs navires jaugeant au moins 500 tonneaux au total ou en cas de transport par un de ces navires de produits polluants ou dangereux, selon la définition qu'en donnent les règlements canadiens et internationaux.

Les navires pénétrant dans les eaux visées et demandant à ECAREG CANADA l'autorisation d'entrer doivent, outre les renseignements qu'exige le Règlement sur la zone de trafic de l'est du Canada, communiquer les données suivantes :

- tirants d'eau avant et arrière;
- déplacement (tonnage);
- vitesse en eau libre;
- classe ou cote de navigation dans les glaces, s'il y a lieu, et société de classification;
- nombre d'hélices;
- puissance motrice sur l'arbre; et
- type de système de propulsion.

ECAREG CANADA donne des autorisations de mouvement à des conditions énoncées. Il demande également que les navires communiquent des messages courants à l'accostage, à l'appareillage et en sortie de zone ECAREG CANADA. Les procédures et les renseignements de ces communications figurent dans la dernière édition de la publication de la Garde côtière intitulée Avis aux navigateurs - Édition annuelle. Les messages réglementaires que décrivent en détail les pages qui suivent peuvent être transmis gratuitement par les Centres SCTM.

ECAREG CANADA exerce son activité grâce à plusieurs bureaux desservant des zones des eaux canadiennes couvertes de glaces de l'Est du Canada, dont la Voie maritime du Saint-Laurent et les Grands Lacs.

NOTA : On doit entrer en contact avec ECAREG CANADA avant de pénétrer dans les eaux canadiennes pour en obtenir une autorisation de navigation dans la zone de services de trafic maritime de l'Est du Canada.

1.4 TERRE-NEUVE, MARITIMES, FLEUVE SAINT-LAURENT ET GRANDS LACS

Ce territoire se divise en quatre secteurs (voir la figure 1 pour les secteurs A, B et C et la figure 2 pour le secteur D) en vue de la diffusion de renseignements à jour sur l'état des glaces, de la consultation sur les routes à suivre, de la prestation de services de brise-glace selon les disponibilités et les besoins, ainsi que de la formation de convois, s'il y a lieu.

Dans ces zones se trouvent des centres d'opérations des glaces de la Garde côtière canadienne, qui sont exploités en saison selon l'état des glaces. L'hiver, ces centres fonctionnent 24 heures sur 24 et sont dotés d'officiers de navigation ayant l'expérience de la navigation de brise-glace et d'autres navires dans les glaces. Travaillant de concert avec ECAREG CANADA, ils livrent une information à jour sur les conditions glacielles, proposent des routes aux navires en traversée ou en contournement des glaces et coordonnent les services d'aide de brise-glace à la navigation.

Les centres d'opérations des glaces sont constamment en contact avec les brise-glace et avec les navires dont ils suivent la progression grâce aux Centres SCTM. Toutes les communications radio relatives à la navigation dans les glaces passent par ECAREG Canada par le Centre SCTM approprié. Les communications radio dans les Grands Lacs doivent être adressées au Bureau des glaces de Sarnia.

Les centres sont également en contact direct avec les agents maritimes, les armateurs, les affréteurs et les autorités portuaires selon les besoins. De plus, les aéronefs de la Patrouille de reconnaissance des glaces et le Service canadien des glaces (SCG) à Ottawa travaillent en tout temps avec les centres d'opérations des glaces, où sont postés des spécialistes des glaces pendant toute la saison de navigation.

Dans le cas des navires fréquentant les eaux de la côte est du Canada, on peut envoyer gratuitement des demandes de services de navigation dans les glaces à ECAREG CANADA par le Centre SCTM le plus proche. La zone de trafic de l'Est du Canada comprend toutes les eaux canadiennes du littoral est au sud du cap Chidley (60°00'N) et celles du golfe et du fleuve Saint-Laurent à l'est du 60°00'O. Les zones surveillées par les services locaux du trafic maritime ne font pas partie de la zone ECAREG CANADA, mais transmettront à ce dernier toute demande de services des glaces qu'elles reçoivent.

Les navires faisant route sur le fleuve Saint-Laurent à l'ouest du 66° de longitude Ouest peuvent obtenir des renseignements sur les glaces fluviales en s'adressant à ECAREG CANADA par un Centre SCTM avant de franchir cette longitude ou en communiquant avec les Services de trafic maritime compétent sur la bonne fréquence de secteur s'ils se sont déjà engagés sur le fleuve.

On assure des services d'information sur les glaces pendant la période où la présence de glaces constitue une menace pour le trafic maritime dans la zone d'ECAREG CANADA.

Secteur A - Terre-Neuve

Il s'agit de toutes les eaux situées au sud et à l'est du cap Chidley, y compris l'inlet Hamilton et le détroit de Belle-Isle au nord d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O), et à l'est d'une ligne qui de Rose Blanche, Terre-Neuve, passe par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

Adresse : Centre SCTM de St John's
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1

Radiogramme : ECAREG CANADA

- Centre SCTM:** St. John's , Terre-Neuve (ou par tout centre SCTM)
Indicatif d'appel : VON 460 kHz CW
- Téléphone :** (709) 772-4580 ou (709) 772-2078
- Télécopieur :** (709) 772-5369
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur A devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant leur arrivée. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Secteur B - Maritimes

Il s'agit de toutes les eaux à l'est de la longitude 66°00'O, y compris le détroit de Belle-Isle au sud d'une ligne s'étendant de Flowers' Cove, à Terre-Neuve (51°18'N, 56°44'O), jusqu'à la frontière Québec-Labrador à l'ouest (51°25'N, 57°07'O) et toutes les eaux à l'ouest d'une ligne partant de Rose Blanche, Terre-Neuve, et passant par le point 43°25'N, 55°05'O (voir la figure 1).

- Adresse :** Centre SCTM de Halifax
Pêches et Océans Canada, Garde côtière canadienne
2e étage, Shannon Hill
C.P. 1000
Dartmouth (N.-É.) B2Y 3Z8
- Radiogramme :** ECAREG CANADA
- Centre SCTM :** Halifax, Nouvelle-Écosse
(ou par tout Centre SCTM de la Garde côtière canadienne)
- Indicatif d'appel :** VCS 2118/2514 kHz ou 2206/2582 kHz
161,9 kHz RT VHF voie 26
- Téléphone :** (902) 426-5664 ou (902) 426-5665
- Télécopieur :** (902) 426-6444
- Messages :** Les navires venant de la mer et faisant route vers un port du secteur B devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant de doubler le cap Ray. Les navires qui quittent le secteur devraient faire de même 2 heures avant leur départ.

Messages de position et de progression en navigation sans escorte :

Les navires traversant sans escorte le golfe du Saint-Laurent en zone de glaces devraient signaler leur position et leur progression à ECAREG CANADA à 1600 UTC.

Figure 1 Secteurs de glaces A (côte Est), B (golfe du St-Laurent) et C (fleuve St-Laurent).

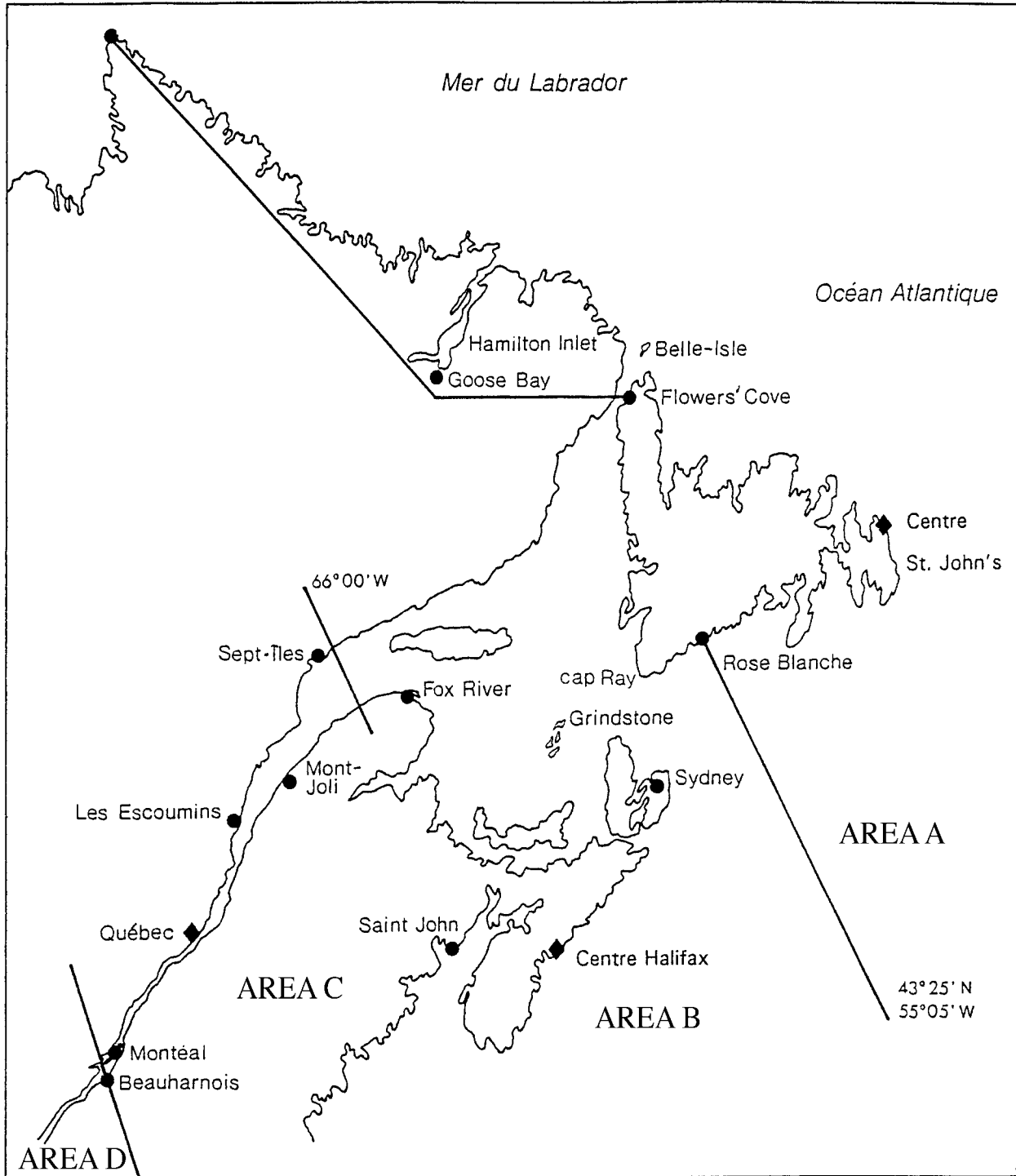
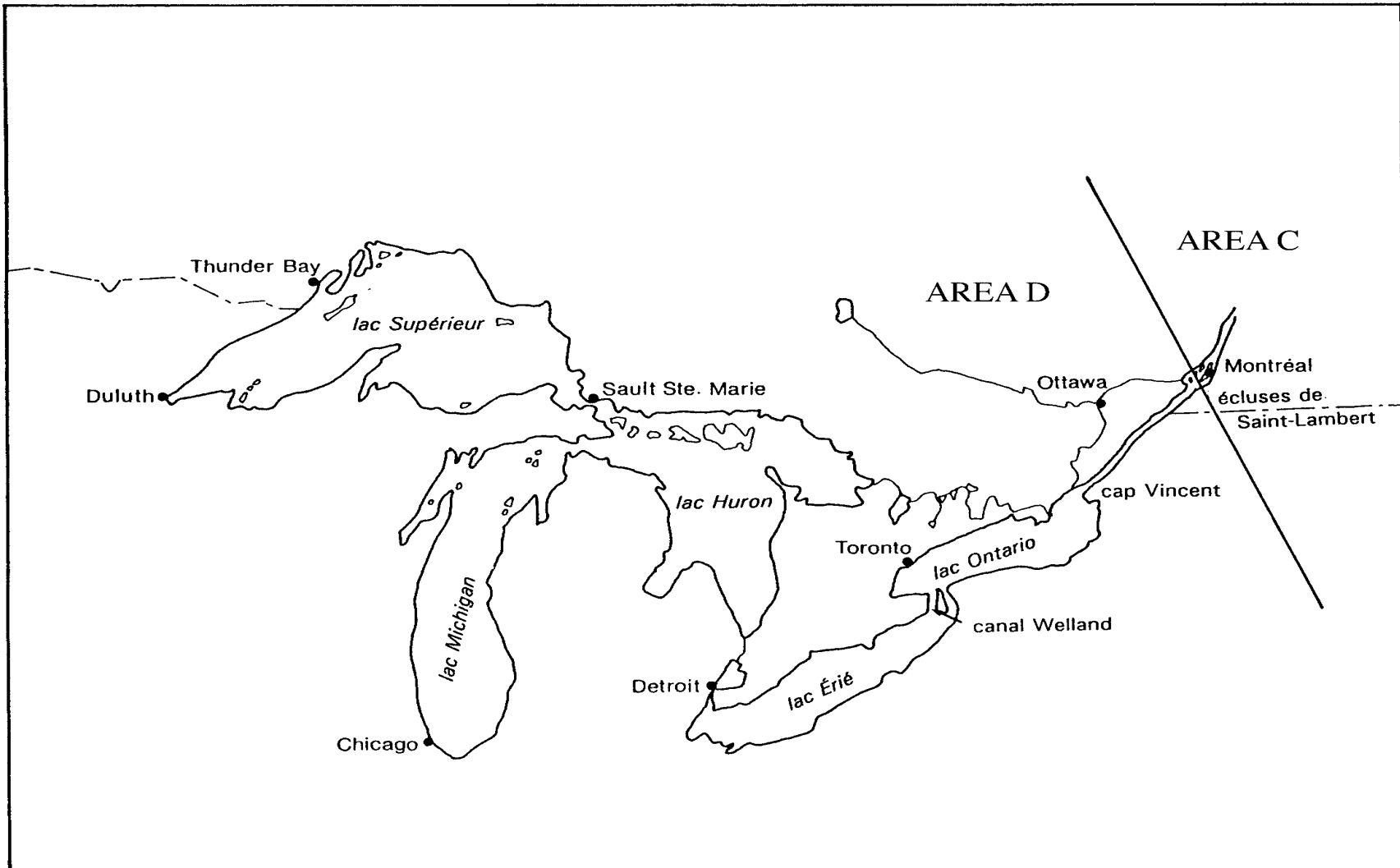


Figure 2 Secteur de glaces D – GRANDS LACS



Secteur C - Fleuve Saint-Laurent

Il s'agit de la partie du fleuve Saint-Laurent qui s'étend entre 66°00'O et l'écluse supérieure de Beauharnois. Toute la circulation dans ce secteur relève du Système SCTM de la Voie maritime du Saint-Laurent. Voici comment s'obtiennent les services de diffusion de renseignements et d'avis pour la navigation dans les glaces :

- a) Pour obtenir des renseignements généraux sur l'état des glaces :

Adresse : Services de communications et de trafic maritime
Pêches et Océans Canada
Garde côtière canadienne
101, boul. Champlain
Québec (Québec)
G1K 7Y7

Téléphone : (418) 648-4427

Télécopieur : (418) 648-7244

- b) Pour obtenir des renseignements détaillés sur les routes à suivre ou les services de brise-glace :

Adresse : Bureau des glaces de Québec
Pêches et Océans
Garde côtière canadienne
Région Laurentienne
101, boul. Champlain
Québec (Québec)
G1K 7Y7

Téléphone : Services d'un brise-glace (418) 648-7290

Télécopieur (418) 648-3614

Services de renseignements sur les glaces et les routes (418) 648-2214

Télécopieur (418) 684-7305

Messages : Les navires faisant route vers un port du secteur C devraient communiquer avec ECAREG CANADA 24 heures avant de doubler le cap Ray. Les navires faisant route vers l'ouest devraient également, lorsqu'ils passent du secteur B au secteur C, obtenir du centre de trafic des Escoumins les derniers renseignements sur l'état des glaces entre Sept-Îles et Montréal et des conseils sur la route à suivre pour atteindre la station de pilotage des Escoumins. Les navires faisant route hors secteur devraient entrer en contact avec le Centre SCTM de Montréal 2 heures avant leur départ.

Secteur D - Grands Lacs

Il s'agit des eaux des Grands Lacs depuis l'écluse supérieure de Beauharnois jusqu'à Thunder Bay, ce qui comprend les principales voies navigables qui relient ces étendues d'eau, la baie Georgienne et le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent (voir la figure 2).

La Garde côtière canadienne a établi un Centre d'opérations des glaces à Sarnia. Ce centre, connu sous le nom de Bureau des glaces de Sarnia, fonctionne de concert avec le centre de navigation dans les glaces de la Garde côtière des États-Unis. Ces deux services coordonnent la navigation dans les glaces sur le territoire des Grands Lacs. Le Bureau des glaces de Sarnia ouvre normalement le 1er décembre et ferme quand les glaces ne font plus obstacle à la navigation.

Les navires se déplaçant dans cette zone peuvent obtenir les données les plus récentes sur les glaces en communiquant directement avec le Bureau des glaces de Sarnia ou indirectement en utilisant gratuitement un Centre SCTM de la Garde côtière canadienne.

Adresse : Bureau des glaces de Sarnia
Garde côtière canadienne
105, rue Christina sud
Sarnia (Ontario) N7T 7W1

Téléphone : (519) 383-1855

Télécopieur : (519) 337-2498

Fonctionnement : 24 heures sur 24

**Heures d'ouverture
des bureaux :** 8 h à 16 h (heure locale)

1.5 CHENAL DE NAVIGATION DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Dans le fleuve Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, des conditions particulières règnent quand les glaces brisées emportées par le courant s'agglomèrent et forment de vastes embâcles ou barrages de glace, causant ainsi une dangereuse crue des eaux. Pour prévenir de telles situations, les brise-glace travaillent l'hiver durant à maintenir un chenal de navigation en eau libre dans le fleuve et permettre aux glaces brisées de s'écouler librement vers la mer. C'est également un chenal qu'empruntent les navires.

Les glaces qui sont fixées aux rives et aux hauts-fonds peuvent, si elles se détachent par des causes naturelles ou sous l'effet des vagues produites par le passage des navires, bloquer facilement le chenal. Elles peuvent même se détacher en larges plaques et former des embâcles si elles sont entraînées dans le chenal. Ces glaces de batture peuvent aisément quitter les berges à certains moments, obligeant la Garde côtière canadienne à imposer des limites de vitesse de navigation dans certains secteurs du fleuve.

Il est alors primordial que l'embâcle soit éliminée et le chenal dégagé le plus tôt possible afin d'arrêter la crue des eaux. Il faut s'attaquer à l'embâcle par l'aval afin que la glace libérée par les brise-glace soit emportée par le courant. À cette fin, tous les brise-glace disponibles doivent être

affectés à l'élimination de l'embâcle et ne peuvent donc se porter à l'aide de navires qui sollicitent une intervention. Cette méthode est la seule qui permette de dégager le chenal et aussi la meilleure qui soit pour libérer un navire coincé dans les glaces et rétablir la circulation fluviale. Il importe au plus haut point que le travail des brise-glaces ne soit pas gêné par la présence - évitable - d'autres navires dans la zone de l'embâcle. On aura peut-être à retarder les départs ou à réduire la circulation dans le secteur.

Les navires ne devraient pas entreprendre de voyages de nuit entre Les Escoumins et Montréal sans connaître à fond l'état des glaces dans cette zone.

1.6 VOIE MARITIME DU SAINT-LAURENT

La voie maritime du Saint-Laurent s'étend de Montréal au lac Érié (figure 2). Elle comprend le canal Welland, qui en forme en quelque sorte la partie ouest. Le secteur va de Montréal au lac Ontario, c'est-à-dire des écluses de Saint-Lambert près de Montréal (entrée aval de la voie maritime) à l'écluse Iroquois et au lac au-delà.

La saison de navigation y dure du début d'avril à la fin de décembre. L'Administration de la voie maritime diffuse des avis pour informer les navigateurs des dates précises d'ouverture et de fermeture de la saison, ainsi que des restrictions quant à la vitesse et au tirant d'eau et des procédures que doivent respecter les navires à l'ouverture et à la fermeture. Elle peut augmenter ou diminuer les restrictions selon l'état des glaces et les autres conditions qui règnent. Elle annonce ces modifications le plus tôt possible et jamais moins de 24 heures avant qu'elles n'entrent en vigueur. Les navigateurs devraient consulter la dernière édition du Manuel de la voie maritime cité à l'Annexe B du présent manuel pour connaître toutes les règles de navigation dans la voie maritime.

1.7 EAUX ARCTIQUES, Y COMPRIS LA BAIE ET LE DÉTROIT D'HUDSON

Pendant la saison de navigation d'été dans les eaux arctiques, le Système du trafic de l'Arctique canadien (NORDREG CANADA) assure des services d'aide à la navigation dans les glaces. NORDREG CANADA est un service de renseignements sur la navigation à participation volontaire qui fonctionne comme ECAREG CANADA pour les procédures de communication de messages des navires, l'information sur l'état des glaces, les avis sur les routes de navigation et la prestation de services de brise-glaces.

Les navigateurs peuvent obtenir ces services en envoyant gratuitement une demande à NORDREG CANADA par le Centre des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) la plus proche. La zone NORDREG CANADA comprend toutes les eaux canadiennes au nord du 60°00'N, la partie des baies d'Hudson et d'Ungava au sud de ce parallèle et toutes les eaux visées par la Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques sans les baies Mackenzie et Kugmullit au sud du 70°00'N et à l'est du 139°00'O (voir la Figure 3).

Le système NORDREG CANADA vise tout navire d'au moins 300 tonneaux de jauge brute. La participation est volontaire, mais on incite les navigateurs à participer le plus possible pour tirer tout le parti voulu de ces services. NORDREG CANADA est aussi destiné, tout comme ECAREG

CANADA, aux navires qui en remorquent d'autres ou qui transportent des produits polluants ou dangereux.

Le bureau NORDREG CANADA est situé à Iqaluit, île de Baffin, Nunavut, et il est supporté par le bureau des glaces de la Garde côtière canadienne à Sarnia (Ontario).

L'édition annuelle canadienne des Avis aux navigateurs énonce les exigences en matière de renseignements et de messages pour NORDREG CANADA.

NOTA : On doit communiquer avec NORDREG CANADA avant de pénétrer dans la zone qu'il dessert.

- a) Pour obtenir des renseignements détaillés sur les glaces, des conseils sur les routes de navigation ou des services de brise-glace :

Adresse : NORDREG CANADA
C.P. 189
Iqaluit (Nunavut)
X0A0H0

Radiogramme : NORDREG CANADA

Station SCTM : Iqaluit, auparavant Frobisher Bay (ou toute station radio de la Garde côtière canadienne)

Indicatif d'appel : VFF 2 582 kHz RT

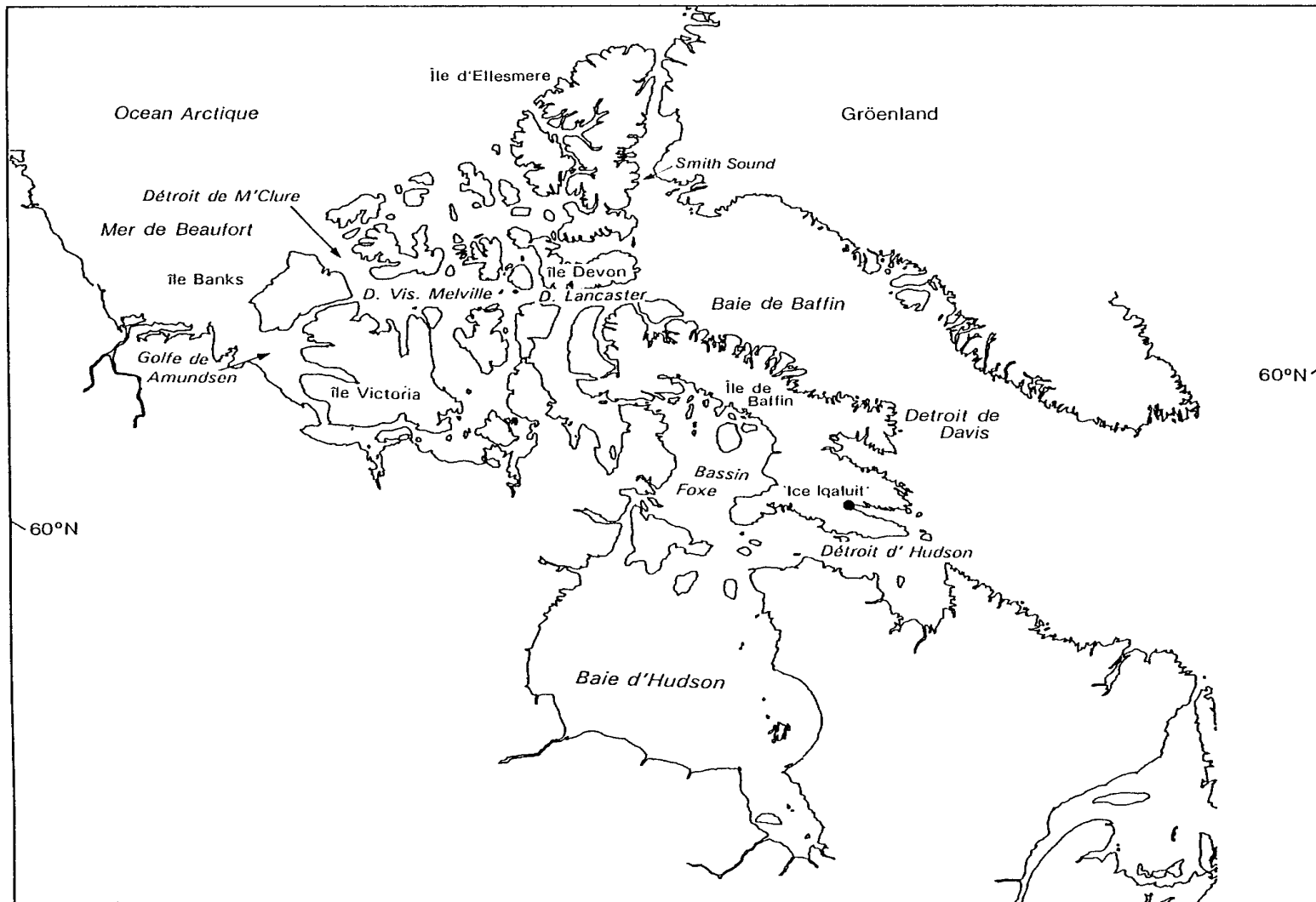
Téléphone : Bureau : (819) 979-5724

Télécopieur : (204) 675-2611

Messages : Les navires faisant route vers des ports des eaux arctiques devraient communiquer (voir la section 1.3) avec NORDREG CANADA 24 heures avant d'entrer dans la zone. Les navires faisant route hors zone depuis un port de l'Arctique devraient faire de même dès que la date d'appareillage est connue.

Afin d'utiliser au mieux les brise-glace disponibles, il est essentiel de tenir NORDREG CANADA au fait de la position et de la progression des navires navigant sans escorte dans la région. Ces derniers devraient lui signaler leur position tous les jours à 1600 UTC.

Figure 3 Eaux arctiques de la zone NORDREG Canada



b) Région de la baie d'Hudson :

À Churchill, les capitaines peuvent s'adresser au gardien du port pour se renseigner sur les glaces, mais ils doivent s'enquérir directement auprès de NORDREG CANADA des conditions glacielles locales dans les autres ports de la baie d'Hudson.

Adresse : Bureau d'information sur les glaces
Pêches et Océans Canada
Gardien de port
Churchill (Manitoba)
R0B 0E0

Radiogramme : Ice Info. Churchill

Station SCTM : Churchill (ou par les centres SCTM)

Indicatif d'appel : VAP 2 582 kHz RT

Téléphone : Bureau : (204) 675-2263
Soir : s'adresser au gardien de port par la station radio de Churchill

Télécopieur : (204) 675-2611

1.8 BUREAUX DES GLACES DE LA GARDE CÔTIÈRE

La Garde côtière canadienne a des bureaux d'information sur les glaces desservant les régions de navigation dans les glaces et qui sont logés avec les bureaux d'ECAREG CANADA et de NORDREG CANADA. On transmet aux agents de surveillance des glaces de la Garde côtière les demandes des navires de renseignements sur l'état des glaces, de conseils sur les routes à suivre ou de services de brise-glace. Voici la liste des bureaux des glaces de la GCC avec leur lieu et le territoire de desserte :

La liste suivante donne les emplacements de quatre Bureaux des glaces de la Garde côtière et leur secteur de responsabilité :

St. John's, Terre-Neuve, pour les eaux de Terre-Neuve et de la mer du Labrador en hiver;

Dartmouth, Nouvelle-Écosse, pour la région sud et ouest du golfe Saint-Laurent au sud du principal couloir de navigation entre le détroit de Cabot et le fleuve Saint-Laurent, le port de Gaspé, la baie des Chaleurs, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard et les approches du port de Sydney;

Ville de Québec, Québec, pour le fleuve Saint-Laurent à l'est de Montréal, y compris le Saguenay et le principal couloir de navigation entre le fleuve Saint-Laurent et le détroit de Cabot;

Sarnia, Ontario, pour les Grands Lacs et la voie maritime du Saint-Laurent vers Montréal durant la saison de navigation l'hiver; et Sarnia, Ontario et Iqaluit, Nunavut, conjointement pour l'est, le nord et le centre de l'Arctique, le bassin Foxe, le détroit d'Hudson, et la baie d'Hudson.

Une communication avec tous les Bureaux des glaces peut se faire par ECAREG CANADA et NORDREG CANADA (pour les eaux Arctiques) par tout centre SCTM, tel qu'indiqué à la partie I, Chapitre I, section 1.7

Les tâches des divers bureaux d'information sur les glaces sont nombreuses et diverses. On veut diffuser des renseignements à jour sur l'état des glaces à l'aide de données émanant du Service canadien des glaces, ainsi que des messages des navires et des installations à terre. Ces mises à jour sont à la disposition des navires 24 heures sur 24. Les bureaux des glaces ont également des données à jour sur les mouvements des brise-glace de la Garde côtière et planifient les activités et les tâches journalières des brise-glace affectés aux Grands Lacs, au golfe du Saint-Laurent, à l'est de Terre-Neuve, au Haut-Arctique et à l'est et au centre de l'Arctique. Ces plans quotidiens tiennent compte de l'état des glaces et des demandes de services reçues tous les jours. Dans le Golfe et sur la côte est, les agents de surveillance des glaces de la GCC établissent des routes détaillées pour les navires et mettent ces itinéraires à jour quotidiennement ou selon les besoins. Toutes les routes s'établissent sur une série de points d'appel ou de route.

1.9 SERVICES DE DIFFUSION D'AVIS SUR LES GLACES

L'année durant, le Service canadien des glaces d'Environnement Canada à Ottawa fournit des services d'information sur les glaces pour les voies navigables canadiennes. Il produit tous les jours des prévisions et des cartes des glaces pour les zones d'activité maritime connue où les glaces constituent une menace pour la navigation. Ces renseignements parviennent aux centres d'opérations des glaces de la Garde côtière et font également l'objet d'une diffusion par radiotéléphone et télécopieur. On indique le détail de ces communications dans la publication de la Garde côtière ayant pour titre Aides radio à la navigation maritime - Atlantique et Grands Lacs (voir l'annexe B). Les centres des Services de communications et de trafic maritime de la GCC procurent en outre sur demande des données sur les glaces. Avant leur départ, les navires peuvent s'enquérir de l'état des glaces auprès du centre d'opérations des glaces de leur secteur. On peut obtenir directement du Service canadien des glaces à Ottawa les renseignements nécessaires à une planification à plus long terme, des prévisions sur longue période et des services de consultation.

Téléphone : (613) 996-1550

Télécopieur : (613) 563-8483

1.10 SERVICE CANADIEN DES GLACES D'ENVIRONNEMENT CANADA

Le Service canadien des glaces (SCG) d'Environnement Canada réunit des données sur les glaces pour la Garde côtière canadienne. Il répond aux besoins de la GCC, qui finance un programme d'observation aérienne en vue de la collecte de données glacielles devant servir à la production de cartes et de prévisions.

Le Service canadien des glaces poste en outre des spécialistes des services des glaces sur les grands brise-glace de la Garde côtière. Ces agents reçoivent notamment les images radar aéroporté et d'imagerie par satellite; et exécutent des missions tactiques d'observation des glaces à bord d'hélicoptères pour les brise-glace et pour les agents d'opérations des glaces.

1.10.1 Service canadien des glaces (SCG)

Le Service canadien des glaces dispose à Ottawa d'un centre opérationnel qui compile toutes les données sur les glaces. Le SCG est chargé de préparer des cartes d'analyse des glaces, des prévisions écrites, des avertissements et des bulletins pour tout le territoire glaciaire canadien.

Adresse : Service canadien des glaces, Environnement Canada
Académie LaSalle, bâtiment E
373, promenade Sussex
Ottawa (Ontario) K1A 0H3

Téléphone : (613) 996-5236

Télécopieur : (613) 563-8480

Le SCG alimente en données les bureaux des glaces de la Garde côtière, qui tiennent pour leur territoire un tableau complet et à jour de l'état des glaces qu'ils diffusent par les voies de communication d'ECAREG CANADA ou de NORDREG CANADA.

1.10.2 Aéronefs d'observation des glaces

Les aéronefs d'observation du Service canadien des glaces transmettent des cartes d'observation aérienne des glaces aux installations et aux navires équipés pour les recevoir. Le document Aides radio à la navigation maritime - Atlantique et Grands Lacs (voir Annexe B) décrit en détail cette information communiquée par télécopieur aéroporté.

Le SCG gère l'utilisation d'un aéronef spécialisé en observation des glaces dans les eaux du golfe du Saint-Laurent, de l'est de Terre-Neuve, des Grands Lacs et de l'Arctique canadien. L'aéronef est muni de systèmes de télédétection radar capables de pénétrer les nuages pour observer la surface des eaux.

Le personnel d'observation des glaces exploite directement un Dash 7 appartenant à Transports Canada. Connu sous le nom de CAN-ICE 3, cet appareil exécute souvent des missions mixtes d'observation visuelle et radar. Il télécopie en visibilité directe des cartes d'observation des glaces. Le document Aides radio à la navigation maritime (voir Annexe B) décrit en détail ces communications par télécopieur.

Les missions de reconnaissance des glaces sont menées pour des utilisations stratégiques, tactiques et climatologiques. La plupart des vols sont de nature tactique pour aider aux itinéraires détaillés des brise-glaces de la Garde côtière et aux navires marchands. Des services personnalisés de reconnaissance des glaces sont disponibles, sous réserve des limites normales du programme, selon le principe de la récupération des coûts. Radarsat offre des informations quotidiennes durant la saison de navigation dans l'Arctique et les eaux du sud et fournit des images des glaces dans l'Arctique du nord en hiver comme information sur les conditions glaciaires générales et sur la distribution de la vieille glace avant le début de la saison de navigation. CAN-ICE 3 peut aussi effectuer des vols de confirmation de l'état du sol ou de l'imagerie par satellite afin de préciser visuellement la présence de petits amas de glace de banc pluri-annuelle.

1.10.3 Observation navale des glaces

Les observations navales du temps, de la mer et des glaces constituent une importante source de données pour le Service canadien des glaces. Les données d'observation directe émanant des navires servent à produire des cartes et des analyses des glaces.

Les observations peuvent parvenir au Service canadien des glaces (renseignements énumérés à la section 1.10.1) ou au bureau local de la Garde côtière qui les transmettra au Centre d'opérations des glaces. On n'a rien à payer. On peut ajouter aux données de relèvement (position) des observations du temps, de la mer et des glaces. Ainsi, tous les navires en eaux arctiques sont tenus de signaler leur position tous les jours.

L'envoi de rapports sur l'état des glaces et sur la nouvelle position est recommandé à 1200 et 2000 UTC. L'envoi de cette information supplémentaire garantit que tous les participants profitent de l'information sur les glaces la plus complète et à jour possible.

1.11 CENTRES MÉTÉOROLOGIQUES D'ENVIRONNEMENT CANADA

Les centres météorologiques régionaux d'Environnement Canada diffusent des prévisions et des avertissements concernant les zones maritimes canadiennes. Les météorologues de ces centres assurent un service 24 heures de prévision et de consultation.

Voici ces centres :

- Centre météorologique de l'Ontario à Thunder Bay, pour les Grands Lacs
Téléphone : (807) 346-8022
Télécopieur : (807) 346-8683
- Centre météorologique du Québec pour le fleuve Saint-Laurent, la baie James et la partie est de la baie d'Hudson :
Téléphone : (514) 283-1114
Télécopieur : (514) 283-1155
- Centre météorologique des Maritimes pour le golfe du Saint-Laurent et les eaux de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard :
Téléphone : (902) 426-9200
Télécopieur : (902) 426-9158
- Centre météorologique de Terre-Neuve pour les eaux de Terre-Neuve et la mer du Labrador :
Téléphone : (709) 256-6611
Télécopieur : (709) 256-6604

- Centre météorologique de l'Arctique pour la partie ouest de la baie d'Hudson, le détroit d'Hudson, les eaux au nord de 60°00'N, le lac Athabasca et les parties sud-ouest et centre de la baie d'Hudson :

Téléphone : (403) 951-8629

Télécopieur : (403) 495-2615

1.11.1 Prévisions météorologiques relatives aux zones maritimes

On établit généralement deux fois par jour des prévisions météorologiques pour diverses zones maritimes. Elles sont valables pour deux jours avec un pronostic pour une troisième journée et renseignent sur les vents, la visibilité, les embruns verglaçants et la température. On joint aux prévisions une synopsis (ou résumé) maritime où figurent des indications sur les mouvements des systèmes météorologiques et les avertissements météo. On produit des bulletins maritimes spéciaux dans certaines conditions météorologiques. Les stations radio de marine diffusent cette information.

Ainsi, la plupart des centres météorologiques prévoient quatre bulletins journaliers pour leur territoire. Le centre météorologique de l'Arctique diffuse deux bulletins par jour sur les eaux de l'Arctique et les parties septentrionale et occidentale de la baie d'Hudson.

Tous les centres énumérés plus haut ont produit des manuels, des vidéos ou des guides décrivant les conditions et les prévisions locales. Citons à titre d'exemple le document Les conditions météorologiques sur la côte est : Guide relatif aux prévisions et aux conditions locales. Le navigateur peut se procurer ces manuels ou guides en s'adressant au centre météorologique intéressé.

1.11.2 Cartes météorologiques de zones maritimes

On diffuse également des renseignements météorologiques sous forme de cartes-télécopie à basse et à haute fréquence. Parmi les produits offerts, il y a des cartes d'analyse ou de pronostic météo.

Les navigateurs devraient consulter l'édition annuelle de Aides radio à la navigation maritime pour l'Atlantique et les Grands Lacs ou pour le Pacifique. Ils y trouveront la liste des cartes disponibles et les heures de diffusion.

Le centre météorologique de l'Arctique fait diffuser par les bureaux d'Iqaluit et de Resolute de la Garde côtière des cartes météorologiques de la région. Le Centre météorologique et océanographique des Forces canadiennes, à Halifax en Nouvelle-Écosse, produit l'année durant de nombreuses cartes, dont des cartes de conditions maritimes.

1.11.3 Observation navale de conditions maritimes

Les observations navales du temps, de la mer et des glaces constituent une importante source de données pour les centres météorologiques. Elles permettent aux météorologues :

- de savoir où se trouvent les navires et de se concentrer sur ces secteurs;
- de confirmer les prévisions par des données réelles pour la période de prévision;
- d'apprendre en temps réel quels vents créent les divers systèmes barométriques dans un secteur; et
- de savoir quelles techniques de prévision conviennent dans un secteur donné pour prévoir l'état de la mer, le givrage des navires et les mouvements des glaces.

Des données d'observation directe en provenance des navires sont incorporées aux cartes et aux analyses météorologiques. On a particulièrement besoin des observations des navires traversant le détroit ou la baie d'Hudson, des bateaux de pêche sillonnant le détroit de Davis en novembre et en décembre et de tout bâtiment naviguant dans l'Arctique.

On ne fait pas qu'intégrer les données d'observation navale aux prévisions courantes, on stocke l'information au Centre climatologique canadien à Toronto pour que des météorologues puissent l'analyser, notamment pour dégager les valeurs moyennes et extrêmes de mouvement éolien pour diverses zones maritimes. Les ingénieurs se servent de ces données pour évaluer des phénomènes extrêmes prévus qui pourraient agir sur les navires et les structures. Ils peuvent élaborer et affiner des formules de calcul de conditions comme l'état de la mer et les conditions de givrage de navire.

On peut communiquer les observations au centre météorologique approprié de la liste de la section 1.11 ou au bureau local de la Garde côtière qui les transmettra à ce centre. Il n'y a rien à payer. On peut ajouter des données d'observation du temps, de la mer et des glaces à tout message de relèvement (position). Ainsi, tous les navires en eaux arctiques sont tenus de signaler leur position tous les jours. Il serait fort utile de fournir des observations météorologiques toujours aux mêmes heures (0000, 0600, 1200 et 1800 UTC) en vue de la mise à jour des cartes et des prévisions.

1.12 AIDES HIVERNALES À LA NAVIGATION DANS LES EAUX CANADIENNES

Les capitaines sont priés de noter que, l'hiver, la plupart des bouées classiques sont enlevées et remplacées dans des zones critiques par des bouées espar non éclairées partout sur le littoral sud-ouest et est de Terre-Neuve, dans les eaux de l'île du Cap-Breton et dans le golfe et le fleuve Saint-Laurent. Signalons qu'il est possible que ces bouées a) se trouvent sous la glace, b) soient déplacées, c) soient d'une couleur terne ou trompeuse pour le navigateur ou d) soient tout simplement absentes à la position relevée. Ainsi, on devrait faire preuve de prudence quand on navigue dans des eaux où on en utilise. De même, on ne doit se fier ni aux tables ni aux listes de caractéristiques de ces feux. On trouvera les détails en consultant l'édition actuelle des Avis aux navigateurs.

MISE EN GARDE : LES NAVIGATEURS NE DOIVENT PAS SE GUIDER UNIQUEMENT SUR LES BOUÉES OU LES AUTRES AIDES À LA NAVIGATION POUR BIEN NAVIGUER.

a) Stations Loran

On prévoit un service continu pour les eaux canadiennes, mais les capitaines sont prévenus que les signaux peuvent s'interrompre inopinément à cause d'un épais givrage des installations à terre. Les navigateurs doivent également savoir que la Garde côtière canadienne a l'intention de mettre fin à la couverture LORAN C après l'an 2000.

b) Système de positionnement global (GPS) et Système de positionnement global différentiel (DGPS)

Il y a maintenant pleine couverture GPS dans tous les secteurs. Le degré de précision annoncé du Service de positionnement normalisé (SPN) civil est d'environ 100 m (0,06 mille marin) dans le cas des récepteurs fixes. On sait qu'il diminue de 0,2 mille marin par nœud dans le cas des navires en mouvement (vitesse non contrôlée). Le cycle d'activité solaire peut être cause de brouillage. Il n'est cependant à son maximum que tous les 11 ans environ. La précision du GPS est meilleure avec un récepteur à deux voies qu'avec un récepteur à voie unique.

La Garde côtière canadienne a entrepris la mise en service du Système de positionnement global différentiel (DGPS) pour les eaux du sud du Canada. La première phase du système est entrée en service opérationnel en 1996 et le système devrait être entièrement opérationnel en 1999. Les navigateurs dotés d'un récepteur DGPS pourront alors s'attendre à un degré de précision d'au moins 10 mètres, 95 % du temps.

Même si les navigateurs peuvent déjà obtenir ce même degré de précision avec le récepteur DGPS, ils ne doivent pas oublier que le système n'est pas encore entièrement opérationnel; ils doivent donc considérer les résultats obtenus avec circonspection. Ils devraient également consulter les Avis aux navigateurs et les Avis à la navigation pour suivre le déroulement de la mise en service du DGPS. Pour en savoir plus long sur le réseau DGPS de la Garde côtière, prière de communiquer avec l'un ou l'autre des bureaux de la Garde côtière au Canada.

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 2 NAVIGATION DANS LES GLACES

2.1 GÉNÉRALITÉS

La glace peut arrêter tous les navires, même les brise-glace, et l'officier de navigation qui n'a pas l'expérience des glaces a intérêt à apprendre à respecter la puissance latente de celles-ci sous toutes leurs formes. Toutefois, comme on continue à le vérifier, un navire en bon état et bien pourvu peut, dans des mains expertes, fort bien réussir à traverser sans heurt des eaux couvertes de glaces.

Le premier principe de la navigation dans les glaces est de conserver sa liberté de manœuvre, car le navire pris dans les glaces est entraîné par ces dernières. Cette navigation exige beaucoup de patience et même de labeur, que l'on soit escorté ou non par un brise-glace. Parfois, la manière la plus sûre et la plus rapide de gagner un port ou la haute mer est de contourner une zone de glaces difficile dont on connaît les limites.

L'expérience renseigne que trois règles fondamentales de manœuvre dans les glaces sont de mise.

- le navire doit constamment maintenir son erre, même en mouvement très lent;
- le mouvement du navire doit épouser celui des glaces et non pas s'opérer au rebours; et
- une vitesse excessive est synonyme de dégâts par les glaces.

MISE EN GARDE : UNE VITESSE EXCESSIVE EST LA GRANDE CAUSE D'ENDOMMAGEMENT DES NAVIRES PAR LES GLACES.

L'annexe « A » présente un lexique descriptif des glaces.

2.2 EXIGENCES RELATIVES AUX NAVIRES MANŒUVRANT DANS LES GLACES

Le groupe propulseur et l'appareil à gouverner de tout navire qui veut naviguer dans les glaces doivent être fiables et capables de réagir rapidement aux ordres de manœuvre. Les appareils de navigation et de communication doivent également être sûrs, en particulier le radar qui doit se trouver en parfait état de marche.

Les navires légers ou partiellement chargés doivent être lestés afin d'être le plus bas possible sur leur ligne de flottaison, mais ils ne doivent pas trop s'enfoncer sur l'arrière, ce qui diminuerait leur manœuvrabilité et exposerait davantage leur partie basse plus vulnérable à des dégâts par les glaces. Les crépines des bouches d'aspiration doivent pouvoir s'enlever facilement et se prêter au déglacement et au déneigement. Le navire doit enfin disposer de bons projecteurs pour la navigation de nuit, qu'il soit escorté ou non par un brise-glace.

Les navires manœuvrant en eaux couvertes de glaces peuvent connaître des retards et devraient donc être suffisamment pourvus en eau douce et en fuel de manœuvre.

2.3 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉFAVORABLES

Les navires naviguant dans les eaux canadiennes l'hiver et à de grandes latitudes s'exposent avec leur matériel aux phénomènes suivants :

- basse température de surface
- vents forts
- basse température de l'eau de mer à l'aspiration
- faible humidité
- état des glaces variant de la gadoue à la banquise
- neige, pluie et neige mêlées et pluie verglaçante
- brouillard et ciel couvert, particulièrement à la surface de séparation glace-eau
- danger de fort et rapide givrage de la superstructure avec des effets sur la stabilité.

2.3.1 Givrage de la superstructure

Le givrage de la superstructure est un processus complexe tributaire des conditions météorologiques, du chargement et du comportement du navire par mauvais temps et de la taille et de la disposition des ouvrages supérieurs et du gréement. La cause la plus courante de formation de glace est le dépôt de gouttelettes d'eau sur la structure d'un navire. Ces gouttelettes viennent des embruns créés à la crête des vagues ou par le navire lui-même. La neige, le brouillard (y compris la fumée de mer arctique), les chutes de température ambiante et le gel des gouttes de pluie au contact de la structure peuvent aussi être à l'origine du givrage. Parfois, l'eau embarquée par le navire et demeurée sur le pont peut contribuer à la formation de glace.

Le givrage est fonction de la route du navire par rapport au vent et à la mer et est généralement le plus marqué sur l'étrave, les pavois et les lisses de pavois, le côté au vent de la superstructure et du bloc passerelle, les manchons d'écubier, les ancres, les appareils de pont, la plage avant et le pont supérieur, les sabords de décharge, les antennes, les étais, les haubans, les mâts, les espars et autres éléments de gréement. Il faut s'assurer que le guindeau demeure libre de givre, de sorte que l'on puisse mouiller l'ancre à tout moment en cas d'urgence.

Si la température de l'air est égale ou inférieure à $-2,2\text{ °C}$ et qu'en même temps le vent souffle à 17 nœuds ou plus, la superstructure peut givrer. Règle générale, les vents de force 5 à l'échelle Beaufort causent un faible givrage, les vents de force 7, un givrage modéré et ceux d'une force supérieure à 8, un fort givrage. Dans de telles circonstances, la formation de glace est la plus intense quand le navire court face au vent et à la mer. Par vent du travers ou de la hanche, la glace s'accumule plus vite du côté du navire exposé au vent, causant ainsi une gîte constante extrêmement dangereuse.

MISE EN GARDE : LE GIVRAGE DU NAVIRE PEUT NUIRE À SA STABILITÉ ET À SA SÉCURITÉ.

2.4 INDICES DE LA PRÉSENCE DE GLACES DANS LES ENVIRONS

Un navire se déplaçant en eau libre peut, au moyen des indices suivants, constater la proximité de glaces.

- a) **Halo glaciaire** : C'est un indice relativement sûr qui peut livrer une première indication de l'existence d'un champ de glaces dans les environs. Habituellement, on observe le phénomène quelque temps avant d'apercevoir les glaces. Il se présente comme un reflet lumineux sur les nuages au-dessus des glaces. Une récente précipitation de neige en accroît l'éclat. Par temps clair, le halo atténué peut avoir l'aspect d'une brume sèche de teinte pâle ou jaunâtre.
- b) La présence de petits fragments de glace est souvent révélatrice d'une plus grande concentration de glaces à proximité.
- c) La mer se calme et la houle tombe subitement lorsqu'on approche d'un champ de glaces sous le vent.
- d) Dans les régions nordiques comme dans la mer du Labrador et à Terre-Neuve, l'arrivée du brouillard indique souvent la présence de glaces dans le secteur.

NOTA : Pour assurer une gestion efficace de la navigation dans les glaces sur les Grands Bancs et sur le littoral atlantique canadien, il est primordial de signaler la présence de glaces ou d'icebergs à ECAREG CANADA par le centre SCTM de la GCC le plus proche. Les messages sont acheminés gratuitement.

Par temps clair, il peut y avoir réfraction anormale et, bien que le champ de glaces soit visible d'une plus grande distance que d'habitude, ses caractéristiques peuvent être démesurément amplifiées.

Signes de la présence d'eau libre :

- a) **Ciel d'eau** : des taches de couleur sombre sur des nuages bas, parfois presque noires comparativement aux nuages, indiquent la présence d'eau libre. Par temps très clair, ce signe est moins évident.
- b) Des taches sombres dans le brouillard indiquent la même chose, mais elles ne peuvent être aperçues d'aussi loin qu'un reflet sur les nuages.
- c) Une lisière sombre sur un nuage à haute altitude indique la présence de nappes d'eau pouvant donner accès à de grandes étendues d'eau libre à proximité.

2.5 EMPLOI DU RADAR POUR LE REPÉRAGE DES GLACES

Le radar peut se révéler d'un grand secours pour la navigation dans les glaces par visibilité restreinte, à condition que les images soient correctement interprétées. La glace constitue une mauvaise cible radar au-delà de 3 ou 4 milles marins et les meilleurs résultats s'obtiennent à une distance de 2 à 3 milles marins. Les zones d'eau libre et les floes au relief adouci se présentent à peu près de la même façon sur l'écran radar, si bien que l'opérateur peut facilement les confondre.

Dans un champ de glaces, la bordure d'un floe lisse est bien marquée, tandis que la limite d'une zone d'eau libre ne l'est pas.

Par vent fort, les vagues qui en eau libre produisent des parasites sur l'écran se répartissent uniformément sur toute la surface de l'eau, sauf en zone calme sous le vent.

Les glaces qui se trouvent à moins d'un mille de la côte ou qui se rattachent à celle-ci semblent faire partie de la masse terrestre sur l'écran radar, mais l'opérateur parviendra à les distinguer en diminuant le gain du récepteur. Les navigateurs ne devraient pas se fier uniquement au radar pour repérer les icebergs, ces derniers pouvant ne pas constituer une cible bien définie. En particulier, ils devraient faire preuve de prudence lorsqu'ils font route dans des secteurs où glaces et icebergs sont présents. L'absence de parasites créés par les vagues peut également être révélatrice de la présence de glaces.

Crêtes :

Les crêtes sont bien visibles sur l'écran radar, mais il est difficile de les distinguer du sillage refermé d'un navire ou de glaces empilées, l'aspect radar étant le même dans les trois cas.

Icebergs :

Suivant leur taille et leur aspect, les icebergs peuvent être repérés dans un rayon de 4 à 15 milles marins, sauf en cas de brouillard, de pluie ou d'autres conditions influant sur la réception radar. Bien qu'ils ne produisent pas de traces bien définies, le secteur de l'écran situé directement derrière la trace sera exempt de parasites. L'image est habituellement bonne dans un champ de moins de 6 milles.

Bourguignons :

Les bourguignons sont presque impossibles à repérer au radar. En raison de sa densité, une très petite partie du bourguignon émerge de l'eau. Les vagues peuvent le recouvrir complètement. Sauf dans le cas d'un bourguignon de formation récente, sa surface est rendue très lisse par l'érosion de l'eau et offre une cible radar médiocre.

MISE EN GARDE : LES BOURGUIGNONS SONT PRESQUE IMPOSSIBLES À REPÉRER AU RADAR. ILS CONSTITUENT UNE IMMENSE MENACE POUR LES NAVIRES. ON DOIT CONSTAMMENT ÊTRE À L'AFFÛT DE LA PRÉSENCE DE BOURGUIGNONS.

2.6 NAVIGATION SANS ESCORTE

L'expérience nous enseigne que les navires non renforcés pour la navigation dans les glaces et qui ont une vitesse d'environ 12 nœuds en eau libre sont parfois irrémédiablement coincés dans des glaces dont la concentration est relativement faible. En revanche, les navires « renforcés » suffisamment puissants devraient pouvoir avancer dans des glaces de première année en concentration de 6/10 ou de 7/10. De tels navires peuvent souvent naviguer sans escorte et sans autre aide que les recommandations de route.

2.6.1 Pénétration dans les glaces

Les recommandations de route faites par les préposés du centre d'opérations des glaces au moyen du système d'information approprié, c.-à-d. ECAREG, reposent sur les dernières données disponibles. Les capitaines ont intérêt à régler leur cap en conséquence. Voici quelques conseils utiles sur la manœuvre d'un navire dans les glaces :

- a) Ne pénétrez pas dans une zone de glaces si une autre route, même plus longue, s'offre à vous.
- b) Il est très facile et extrêmement dangereux de sous-estimer la dureté de la glace.
- c) Pénétrez dans une zone de glaces à vitesse réduite, attendez le choc d'abordage et, une fois entré dans la banquise, augmentez la vitesse afin de garder la maîtrise et l'erre du navire.
- d) Soyez prêt à faire machine arrière toute à tout moment.
- e) Ne tentez pas de traverser la banquise dans l'obscurité sans disposer de projecteurs puissants faciles à commander de la passerelle; si vous ne pouvez plus avancer à cause d'une piètre visibilité, mettez à la cape et laissez tourner l'hélice au ralenti; une hélice lente risque moins d'être abîmée par les glaces qu'une hélice immobile.
- f) Hélices et gouvernails sont les organes les plus vulnérables du navire; dans les glaces, les navires devraient faire machine arrière avec une extrême prudence, et toujours avec la barre à zéro.
- g) On doit se tenir loin de toute forme de glace de glaciers (icebergs, fragments d'iceberg et bourguignons) dans la banquise; elle se déplace avec le courant, tandis que la banquise est mue par le vent.
- h) Dans la mesure du possible, il faut éviter les crêtes de pression et ne pas tenter de se frayer un passage dans les glaces soumises à la pression.
- i) Un navire sans escorte a généralement besoin d'un brise-glace pour se dégager s'il est coincé dans les glaces. Cependant, les navires lestés réussissent parfois à se dégager eux-mêmes en transférant le lest d'un côté à l'autre du bâtiment au moyen des pompes. Une très légère modification de l'assiette ou de la bande peut suffire à libérer le navire.

Le capitaine peut songer à retenir les services d'un pilote, d'un conseiller ou d'un officier de navigation spécialisé en navigation dans les glaces, dans l'Arctique.

2.6.2 Usage du radar pour la navigation dans les eaux arctiques

Il n'est pas recommandé de faire le point par mesure de la distance d'un seul point terrestre ou d'un seul relèvement au radar ou au gyrocompas. Dans les eaux arctiques, il vaut mieux mesurer par radar la distance de deux points ou plus, mais cette méthode exige un choix attentif et une identification correcte des amers radar. L'utilisation du radar pour faire le point dans les eaux arctiques présente les difficultés suivantes :

- a) Difficulté de repérer la démarcation entre glace et eau; une réduction du gain de récepteur devrait diminuer l'écho des glaces.

- b) Écarts de mesure causés par des erreurs de portée ou des inexactitudes des cartes; le navigateur devrait se servir de la côte la plus rapprochée et non pas des deux rives d'un chenal ou d'une anse profonde.
- c) Incertitude quant à la hauteur et, par conséquent, la distance des masses terrestres à cause du manque de renseignements topographiques sur les cartes.
- d) Manque de dispositifs de repérage de position sur les cartes dans le secteur et de levés à jour.

2.7 BRISE-GLACE

La Garde côtière canadienne dispose d'un nombre restreint de brise-glace pour escorter et aider les navires. Ces brise-glace ont de lourdes tâches et ne peuvent toujours être mobilisés à bref délai quand on en a besoin. Aussi importe-t-il de tenir le centre d'opérations des glaces ou le bureau approprié d'ECAREG CANADA ou de NORDREG CANADA au fait des positions et des mouvements prévus des navires en zone de glaces. Le défaut de suivre la procédure de communication de messages pour les navires peu certains de leur capacité d'affronter les glaces sans aide ne fait qu'ajouter à la difficulté d'assurer des services de brise-glace et peut causer de sérieux retards.

Les brise-glace de la Garde côtière, dont beaucoup transportent des hélicoptères d'observation des glaces, naviguent dans les glaces depuis longtemps, des Grands Lacs jusqu'au pôle Nord. Les capitaines et les équipages sont hautement compétents et ont une grande expérience de la navigation dans les glaces, de la manœuvre des brise-glace et de l'escorte des navires. Un navire ou un convoi sous escorte doit donc collaborer étroitement avec le commandant d'un brise-glace. Pour pouvoir avancer dans les glaces, il est essentiel que les opérations d'escorte aient lieu sous la direction de ce dernier.

NOTA : On n'assure pas de service d'escorte si on ne peut compter sur l'entière collaboration du navire à escorter.

2.7.1 Communications avec les brise-glace

Les navires ayant demandé à être escortés d'un brise-glace devraient maintenir une écoute radiotéléphonique sur 2 182 kHz et 156,8 mHz. Les brise-glace ont souvent de la difficulté à établir le premier contact avec ces bâtiments, d'où des pertes de temps et une consommation excessive de mazout. Les communications MF et VHF ayant fait leurs preuves, il serait bon d'utiliser ces fréquences pour entrer en communication avec les brise-glace.

Tous les navires qui sont accompagnés d'un brise-glace de la GCC devraient maintenir une écoute radiotéléphonique sur fréquence convenue. Ils devraient pouvoir recevoir et émettre sur une ou plusieurs des fréquences MF et VHF suivantes :

2 237 kHz	MF
2 134 kHz	MF
2 738 kHz	MF
156,3 mHz	VHF

Le Tableau 1 énumère les signaux alphabétiques, acoustiques, visuels ou radiotéléphoniques servant aux communications entre brise-glace et navire escorté. Ces signaux sont convenus internationalement et n'ont que le sens qu'indique le tableau.

En situation d'escorte, on doit prévoir des communications permanentes et étroites, normalement par radiotéléphone sur une fréquence de travail VHF choisie pour la liaison entre navires. En attendant l'arrivée du brise-glace escorteur, on doit aviser le bureaux des glaces /brise-glace de tout changement à l'état du navire.

Tableau 1 Signaux de manœuvre à utiliser pour compléter les communications R/T entre un brise-glace et le ou les navires escortés

Lettres ou chiffres de code	Brise-glace	Navire(s) escorté(s)
WM	Le brise-glace commence ses manœuvres. Utiliser les signaux spéciaux et attendre continuellement d'autres signaux sonores, visuels ou radiotéléphoniques	
A	Allez de l'avant (faites route au long du chenal dans les glaces).	Je vais de l'avant (je fais route au long du chenal dans les glaces).
G	Je vais de l'avant, suivez-moi.	Je vais de l'avant, je vous suis.
J	Ne me suivez pas (faites route au long du chenal dans les glaces).	Je ne vous suivrai pas (je fais route au long du chenal dans les glaces).
P	Ralentissez.	Je ralentis.
N	Stoppez vos machines.	Je stoppe mes machines.
H	Faites machine arrière.	Je fais machine arrière.
L	Stoppez votre navire immédiatement.	Je stoppe mon navire.
4	Stoppez, je suis pris dans les glaces.	Stoppez, je suis pris dans les glaces.
Q	Réduisez la distance entre navires.	Je réduis la distance entre navires.
B	Augmentez la distance entre navires.	J'augmente la distance entre navires.
Y	Soyez prêt à recevoir (ou à envoyer) la remorque.	Je suis prêt à recevoir (ou à envoyer) la remorque.

Lettres ou chiffres de code	Brise-glace	Navire(s) escorté(s)
FE	Étalez votre erre (signal qui n'est donné qu'à un navire dans un chenal en zone de glaces et qui se trouve devant un brise-glace).	J'étale mon erre.
WO	Mission du brise-glace terminée. Faites route vers votre destination.	
5	Attention.	Attention.

Signaux pouvant être utilisés dans les manoeuvres d'un brise-glace

E	Je change de cap et viens sur tribord.	Je change de cap et viens sur tribord.
I	Je change de cap et viens sur bâbord.	Je change de cap et viens sur bâbord.
S	Je fais machine arrière.	Je fais machine arrière.
M	Mon navire est stoppé et n'a plus d'erre.	Mon navire est stoppé et n'a plus d'erre.

NOTA :

1. *Un brise-glace peut employer le signal « K », sonore ou lumineux, afin de rappeler aux navires leur obligation d'assurer continuellement une écoute radio.*
2. *Si plusieurs navires sont escortés par le même brise-glace, les distances entre navires devront être constantes autant que possible. Il faut faire attention à la vitesse de votre navire et du navire qui vous précède. Si la vitesse de votre navire diminue, donnez le signal « Attention » au navire qui vous suit.*
3. *L'usage de ces signaux ne dispense pas les navires de se conformer aux Règles internationales de prévention des abordages en mer.*

2.7.2 Messages nécessaires avant une opération d'escorte

Avant qu'un brise-glace n'assure un service d'escorte ou d'intervention, il aura besoin en tout ou en partie des renseignements suivants pour juger de la capacité du navire escorté :

- nom, type et indicatif d'appel du navire;
- numéro de la Lloyds /de l'OMI;
- nom du propriétaire /de l'agent;

- pays d'immatriculation;
- jauge brute et nette;
- longueur et largeur du navire;
- port de départ et de destination;
- type de cargaison et quantité (tonnage);
- cote glace (s'il y a lieu) et société de classification.

Il appartient au capitaine du navire escorté de signaler toute défectuosité à son navire.

2.7.3 Manœuvres d'un brise-glace d'escorte

Voici des commentaires sur les aspects des manœuvres d'escorte de brise-glace :

- Largeur du passage** : La progression dans les glaces du navire escorté dépend principalement de la largeur du passage ouvert par le brise-glace. Ce passage est directement proportionnel à la distance entre le brise-glace et le navire qui le suit.
- Largeur du brise-glace** : À vitesse restreinte dans des floes massifs, un brise-glace ouvre un passage dont la largeur est d'environ 30 % à 40 % supérieure à la sienne. À grande vitesse, si la glace peut être facilement brisée par les vagues arrière, le passage pourra atteindre trois fois la largeur du brise-glace.
- Distance minimale entre navires** : La distance minimale à respecter entre les navires escorteurs et escorté sera déterminée par le capitaine du brise-glace d'après la distance nécessaire au navire escorté pour s'arrêter complètement en passant de la marche avant toute à la marche arrière toute. Quand la distance a ainsi été établie, **il incombe au capitaine du navire escorté de s'y tenir**. S'il est incapable de maintenir la distance minimum et perd de l'avant, le brise-glace doit en être immédiatement informé pour prévenir tout coincement dans les glaces avec les retards qui s'ensuivent.
- Distance maximale entre navires** : La distance maximale à respecter entre navires escorteurs et escorté se détermine d'après l'état des glaces et la distance sur laquelle le passage restera ouvert ou praticable derrière le brise-glace. Si la distance entre les navires est trop grande, le navire escorté risque de se coincer dans les glaces et devra alors être dégagé par le brise-glace. S'il est incapable de garder la distance maximum, le brise-glace doit en être immédiatement informé pour éviter tout coincement dans les glaces au navire escorté avec les retards qui s'ensuivent.
- Maintien de la distance entre navires** : Les capitaines doivent respecter le plus possible la distance entre le navire escorté et le brise-glace. La progression dans les glaces dépend très largement du maintien de la bonne distance entre les navires, intervalle que détermine l'état des glaces.
- Concentration des glaces** : Dans des glaces de concentration 9+/10, le passage aura tendance à se refermer rapidement derrière le brise-glace. Dans ce cas, il faut suivre le brise-glace de très près et à une vitesse que déterminera son commandant selon le type de glaces.

- g) **Pression des glaces :** Le passage se referme très rapidement lorsque la concentration des glaces est de 9+/10 et que celles-ci sont soumises à la pression. Il est alors presque impossible de naviguer parce que le passage, d'une largeur à peine supérieure à celle du brise-glace, peut immobiliser en se refermant le navire escorté.
- h) **Effet de la distance d'escorte sur la largeur du passage :** En ouvrant un passage, le brise-glace repousse les floes vers l'extérieur. La largeur du passage dépend donc de l'ampleur de ce mouvement vers l'extérieur et de l'étendue de la zone d'eau libre vers laquelle les floes sont repoussés. Plus la distance d'escorte est grande, plus le mouvement est long et plus le passage sera large.
- i) **Vitesse :** Lorsqu'un brise-glace heurte des floes de chaque côté du passage, ceux-ci sont projetés vers l'extérieur avec assez de puissance pour vaincre la force de l'appel d'eau à l'arrière, sinon des blocs de glace et de petits floes sont rejetés dans le sillage.

Lorsqu'un brise-glace avance à vitesse restreinte dans les glaces, les floes glissent le long de la coque et restent intacts, à l'exception de quelques fragments qui peuvent se détacher des bords d'attaque. Par contre, à grande vitesse, les floes sont fracassés. Le brise-glace devra donc progresser à une vitesse qui lui permette de briser les floes aussi finement que possible, réduisant ainsi les possibilités d'avarie du navire qui le suit.

- j) **Coincement dans les glaces du navire escorté :** Un navire escorté qui s'immobilise pour une raison quelconque doit immédiatement avertir le brise-glace. Si le navire est coincé dans les glaces, il faut laisser tourner les moteurs au ralenti, en marche avant, afin d'empêcher que les hélices ne se prennent dans les glaces. Il ne faut stopper les moteurs qu'à la demande du capitaine du brise-glace.
- k) **Libération d'un navire coincé dans les glaces :** Pour libérer un navire escorté qui est coincé dans les glaces, le brise-glace fait habituellement marche arrière dans le passage pour couper les glaces de l'un des côtés devant le navire et revient ensuite le long de ce dernier. Pour libérer un navire sans escorte, le brise-glace s'en approche d'ordinaire par l'arrière et le double à un angle de 20° à 30° par rapport à son cap. Par vent modéré, l'approche s'exécute d'un côté ou de l'autre. Si les vents sont forts et très obliques par rapport au passage, il faut déterminer lequel du navire emprisonné ou du brise-glace subit le plus l'action du vent avant de doubler le navire coincé d'un côté ou de l'autre. À l'occasion, le brise-glace peut décider de doubler le navire d'un côté, de tourner à l'arrière et de revenir de l'autre côté, soulageant la pression des deux côtés.
- l) **Modes d'escorte :** Lorsqu'un navire escorté est coincé dans les glaces, le brise-glace fait habituellement marche arrière pour le libérer, puis reprend sa place devant lui. Toutefois, si la progression est lente, on peut vouloir profiter du passage dès le dégagement. Le brise-glace fait avancer le navire dans le passage qu'il vient d'ouvrir et le suit. Ensuite, il fait machine avant toute et double le navire escorté. Cette méthode réduit le nombre des manœuvres de libération et permet d'avancer plus rapidement.
- m) **Feux avertisseurs rouges et corne à air comprimé :** Les brise-glace de la Garde côtière canadienne escortant des navires dans les glaces utilisent deux feux avertisseurs rouges rotatifs pour indiquer qu'ils sont à l'arrêt. Ces feux sont le plus souvent disposés verticalement, à 1,8 m l'un de l'autre à l'arrière du grand mât, et visibles à une distance d'au moins 2 milles.

Toutefois, en raison des contraintes de construction de certains brise-glace, ils peuvent être disposés horizontalement.

En guise de signal avertisseur supplémentaire, tous les brise-glace sont pourvus d'une corne à air comprimé dirigée vers l'arrière, d'une portée de jusqu'à 5 milles marins. Avant de commencer l'escorte, les navires doivent se renseigner sur la disposition et le fonctionnement des feux avertisseurs rouges et de la corne à air comprimé.

- n) **Immobilisation du brise-glace** : L'usage des feux rotatifs rouges et de la corne, séparément ou simultanément, signifie que le brise-glace est immobilisé, qu'il ne peut plus avancer et qu'il doit faire machine arrière. Dans une escorte où la distance entre brise-glace et navire escorté est petite, on devrait toujours établir une vigie pour surveiller les feux rotatifs rouges. Ces signaux indiquent une situation d'extrême urgence et le capitaine du navire escorté doit immédiatement faire machine arrière toute et mettre la barre toute de côté jusqu'à ce que l'erre soit étalée.
- o) **Immobilisation du brise-glace sans avertissement** : L'état inattendu des glaces ou d'autres situations d'urgence peuvent forcer le brise-glace à s'immobiliser ou à exécuter toute autre manœuvre devant le navire escorté sans prévenir celui-ci au moyen des signaux précités. Le capitaine du navire escorté doit toujours être prêt à réagir afin d'éviter le brise-glace.
- p) **Remorquage dans les glaces** : Comme il y a risque d'avarie des deux navires, cette manœuvre n'est entreprise qu'en cas d'urgence. Avant d'accepter de remorquer un navire, le commandant du brise-glace jugera de la nécessité d'une mesure aussi extrême.
- q) **Mouillage dans les glaces** : Il n'est pas recommandé de mouiller dans les glaces sauf en cas d'urgence. Le cas échéant, il faut employer le moins de chaîne possible et le cabestan doit être prêt à fonctionner. Les moteurs doivent être en réserve ou en marche si on doit reprendre dans plus de 20 minutes. Si l'eau est trop profonde pour qu'une ancre puisse porter, le navire peut s'immobiliser dans la banquise (si les conditions le permettent).
- r) **Convois** : Le commandant du brise-glace peut décider de former un convoi de navires après avoir consulté les autorités compétentes à terre. Dans les manœuvres dans les glaces, c'est la mesure qui favorisera le plus le mouvement du plus grand nombre de navires quand il n'y a pas assez de brise-glace d'une puissance suffisante pour faciliter l'escorte de navires faisant route à destination ou en provenance d'un même secteur ou d'un même port.

Le commandant du brise-glace déterminera l'ordre de marche des navires du convoi de manière à en hâter le mouvement dans les glaces (sans s'en tenir à la règle du premier arrivé, premier servi). Il incombe aux divers navires d'établir et de garder une distance convenable et sûre entre eux. Le brise-glace fixera la distance qui doit le séparer du navire de tête du convoi.

**Partie II - Complément d'information
sur la navigation dans les glaces**

COPIE NON-CONTROLÉE

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 3 GLACES ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Dans ce chapitre, nous donnerons un aperçu des conditions ambiantes à prévoir dans les régions canadiennes se prêtant à la navigation dans les glaces. Le chapitre se divise en quatre grandes sections : résumé des caractéristiques météorologiques et océanographiques importantes du milieu marin, description des propriétés fondamentales des glaces, examen des conditions glacielles régnant dans les différentes régions du Canada, et enfin renseignements sur les icebergs.

3.1 CLIMATOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

<i>Climat</i>	Tableau d'ensemble ou généralisation des conditions météorologiques journalières (température, humidité, vent, etc.) d'une région.
<i>Glace de mer</i>	Glace qui se forme à la surface de l'océan par suite du gel de l'eau de mer.
<i>Glacier</i>	Coulée ou masse de glace se déplaçant lentement, formée sur terre par l'accumulation de neige en montagne et s'étendant parfois jusqu'au littoral.
<i>Iceberg</i>	Masse flottante de glace, de taille et de forme variables, qui s'est détachée d'un glacier et a gagné la mer.

Le climat est le produit sur une longue période de la variabilité des conditions météorologiques et océanographiques. Dans les pages qui suivent, nous décrirons quelques-uns des éléments climatologiques clés des régions maritimes canadiennes. Depuis quelque temps, l'influence de l'activité humaine sur l'environnement devient de plus en plus un sujet d'inquiétude. C'est pourquoi nous nous attacherons aussi dans cette section à quelques aspects importants du milieu marin pour la navigation.

La climatologie des eaux couvertes de glaces au Canada accuse d'amples variations selon les différences de régimes météorologiques et océaniques qui déterminent le climat, depuis les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent dans le Sud jusqu'au réseau de voies navigables de l'archipel arctique dans le Nord. Les aspects environnementaux se distinguent également par leur diversité. Il est seulement possible ici de mettre les aspects primordiaux en évidence. On pourra puiser à d'autres sources des renseignements détaillés sur les conditions météorologiques et océanographiques et l'environnement. L'Annexe B répertorie les documents de référence qui s'y rapportent.

3.1.1 Régimes de température de l'air

La formation et la croissance des glaces de mer dépendent de l'abaissement de la température de l'air au-dessous du point de congélation (0°C) et de la baisse consécutive des températures de la mer en surface. Les périodes d'observation de températures de l'air inférieures au point de congélation varient considérablement en durée selon les eaux canadiennes qui subissent l'influence des glaces.

Le fléchissement des températures de l'air sous le seuil de congélation est un grand signe de l'approche de l'hiver. La figure 4 présente les dates moyennes du début de l'hiver au Canada, c'est-à-dire d'abaissement des températures de l'air en moyenne quotidienne au-dessous du point de congélation. La figure 5 fait de même pour la fin de l'hiver, c'est-à-dire pour l'élévation des températures quotidiennes moyennes de l'air au-dessus de ce même point de congélation. Les différences de dates entre régions canadiennes nous révèlent l'ampleur des variations possibles de la durée du temps froid dans notre pays.

Les glaces de mer commencent habituellement à se former quelque temps après le dépassement du seuil de congélation dans l'air, le point de congélation de l'eau de mer, qui contient des sels, se situant entre $-1,6\text{ °C}$ et $-1,7\text{ °C}$. Ajoutons que l'eau plus chaude de l'océan peut atténuer l'effet de températures de l'air inférieures au point de congélation sur les eaux de surface, retardant encore plus la formation de glace.

Le Tableau 2 indique les températures journalières en moyenne mensuelle de certaines stations côtières du Canada. Ces stations s'échelonnent des Grands Lacs à l'Arctique et nous renseignent sur les régimes maritimes de température dans toutes les eaux canadiennes couvertes de glaces. On pourra trouver des données plus détaillées sur la température et d'autres conditions météorologiques dans [Instructions nautiques pour les eaux canadiennes](#).

3.1.2 Principales trajectoires des tempêtes et conditions éoliennes

Les systèmes météorologiques ont tendance à emprunter des trajectoires privilégiées au-dessus des eaux canadiennes. La figure 6 présente les principales trajectoires estivales, qui traversent les basses terres du Saint-Laurent où des tempêtes se forment et gagnent la mer en direction nord-est au-dessus des Grands Bancs de Terre-Neuve et de la mer du Labrador. Les systèmes orageux qui se dirigent vers l'extrémité méridionale du Groenland peuvent passer entièrement dans le détroit de Davis ou se fractionner en poussant vers l'Islande une partie des masses orageuses. Les systèmes qui envahissent le détroit de Davis sans se diviser ont tendance à créer les conditions météorologiques les plus âpres que puisse connaître l'Arctique.

Les tempêtes de l'Arctique ont aussi généralement des trajectoires de prédilection, notamment au sud du détroit de Parry. Elles vont en général d'ouest en est et tendent à dessiner une spirale vers le nord. Au-dessus de la mer de Beaufort et des îles de l'Ouest de l'Arctique, il existe plusieurs grandes trajectoires. En été, on observe une importante trajectoire ouest-est le long du 75° de latitude Nord, ainsi qu'une trajectoire qui épouse le littoral du continent jusque dans la partie septentrionale de la baie d'Hudson. À l'automne, ces tendances disparaissent et la trajectoire hivernale la plus courante traverse la mer de Béring pour gagner l'île Banks à l'est.

Figure 7 présente les principales trajectoires hivernales des tempêtes. Les grandes caractéristiques du régime climatique qui jouent dans l'Atlantique Nord l'hiver sont une zone de basse pression, la dépression d'Islande, centrée au sud-est du Groenland, et un anticyclone continental qui se forme à l'ouest de la baie d'Hudson.

Figure 6 et 7 indiquent les trajectoires les plus fréquentes, mais certaines tempêtes peuvent se comporter tout autrement. Ainsi, il n'est pas rare d'observer de rudes conditions météorologiques que font naître des systèmes de basse pression qui se déplacent en direction nord-ouest vers

l'Arctique par la mer du Labrador ou en direction nord le long du littoral est des États-Unis vers le golfe du Saint-Laurent et les Grands Bancs. Ces écarts par rapport aux régimes normaux peuvent bouleverser le tableau des conditions saisonnières types, changeant la vitesse et la direction des vents, la température de l'air, les précipitations et la visibilité, et peuvent aussi être à l'origine de conditions glacielles non saisonnières dans une région.

3.1.3 Dépressions polaires

Les dépressions polaires ou creux d'instabilité arctique sont des événements cycloniques petits et intenses que ne peuvent déceler ni prévoir les météorologues, mais qui se prêtent à une prévision lorsque les conditions sont favorables à leur formation. Heureusement, on peut voir les dépressions polaires sur les images que nous transmettent les satellites et, une fois qu'elles sont repérées, les météorologues peuvent en signaler l'existence au marin. Il y a cependant des périodes où des régions cessent d'être observées par satellite et, comme premiers indices d'une dépression polaire, on assistera à un changement barométrique soudain, à une montée rapide du vent ou à de lourdes rafales de neige à une station navale ou terrestre.

On sait que des dépressions polaires se produisent dans l'Atlantique et le Pacifique Nord, la baie et le détroit d'Hudson, le détroit de Davis, la baie de Baffin, la mer du Labrador et la mer des Tchoukches. De telles dépressions peuvent également apparaître en plus petit sur les Grands Lacs. Elles se forment à proximité de la lisière des glaces ou du littoral où de l'air froid venant de la surface glacée ou de la masse terrestre circule au-dessus de l'eau libre chaude par rapport à la température de l'air. L'air froid se réchauffe et monte, la pression s'abaisse, un mouvement s'amorce et, selon d'autres facteurs contributifs comme le refroidissement en altitude, la dépression s'approfondit ou s'affaiblit. Le phénomène a lieu habituellement l'automne, l'hiver ou au début du printemps. Ce sont des manifestations en basse altitude généralement dirigées par les vents dans la zone de 1 200 à 2 500 m. Les dépressions polaires nourries par des creux dépressionnaires ou des basses pressions froides en altitude ont tendance à se déplacer dans la direction de ces dépressions supérieures.

Les dépressions polaires s'accompagnent souvent de forts vents et de précipitations modérées ou abondantes par endroits. Il leur faut parfois aussi peu que 12 heures pour se former et elles durent rarement plus d'une journée, mais dans des systèmes météorologiques stagnants, des dépressions ou une famille de dépressions peuvent persister plusieurs jours.

Figure 4 Dates moyennes du début de l'hiver (températures journalières tombant pour la première fois au-dessous du point de congélation)

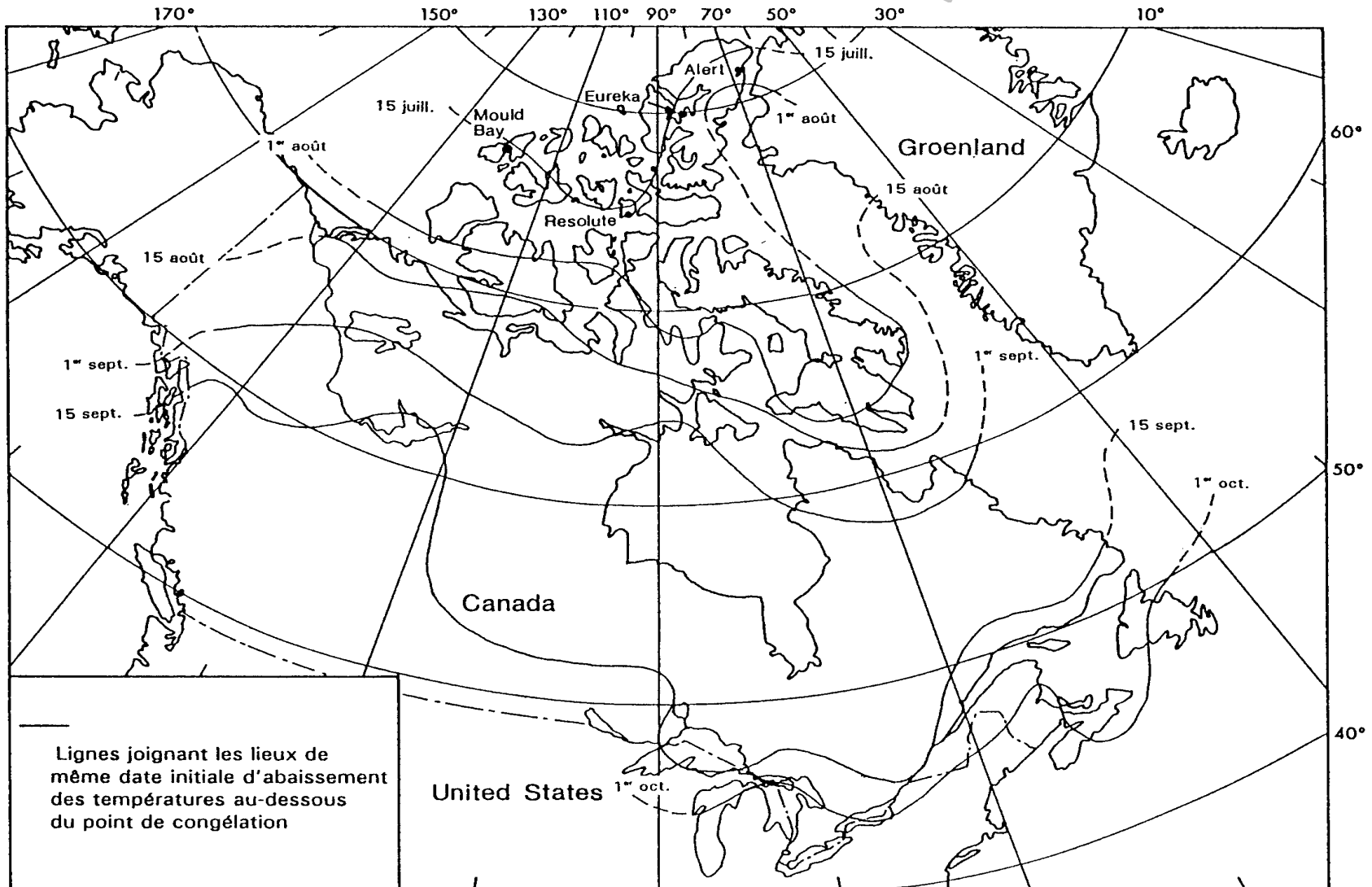


Tableau 2 Température journalière en moyenne mensuelle de certaines stations au Canada

Station	Température en moyenne mensuelle (°C)												Temp. en moyenne annuelle (°C)
	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juill.	août	sept	oct.	nov.	Déc.	
Thunder Bay	-15.4	-13.0	-6.3	2.5	8.8	14.0	17.6	16.4	11.1	5.7	-2.6	-11.1	2.3
Sault Ste-Marie	-10.1	-10.0	-5.1	3.1	9.1	14.6	17.3	16.9	12.8	7.6	0.7	-6.7	4.2
Sarnia	-5.7	-4.5	0.6	7.1	12.4	18.1	20.9	20.3	16.5	10.5	4.2	-2.2	8.2
Windsor	-4.9	-3.8	1.2	8.1	14.2	19.7	22.2	21.3	17.4	11.1	4.4	-1.9	9.1
Kingston	-7.7	-7.0	-1.6	5.5	11.4	16.7	20.1	19.4	15.4	9.4	3.4	-4.2	6.7
Grindstone Island	-5.8	-7.3	-4.0	0.5	5.8	11.6	16.5	16.9	12.9	7.6	2.8	-2.7	4.6
Québec	-11.4	-10.1	-4.1	3.6	11.1	16.9	19.4	17.8	12.8	7.0	0.1	-8.4	4.6
St. John's	-3.5	-4.0	-1.7	2.0	6.3	11.6	16.1	16.0	12.2	7.6	3.8	-1.0	5.5
Goose Bay	-16.4	-14.5	-8.6	-1.7	5.0	11.3	15.8	14.3	9.1	2.7	-3.8	-13.0	0.0
Iqaluit	-26.2	-25.2	-22.3	-14.0	-3.3	3.5	7.9	6.9	2.4	-4.7	-12.4	-20.3	-9.0
Clyde River	-26.9	-27.4	-26.3	-18.7	-6.9	0.9	4.6	4.0	-0.1	-6.6	-16.9	-24.2	-12.0
Churchill	-27.5	-25.9	-20.4	-10.1	-1.5	6.2	11.8	11.3	5.4	-1.5	-12.1	-22.2	-7.2
Longstaff Bluff	-28.4	-28.2	-26.1	-18.0	-7.2	1.0	6.9	6.4	-0.8	-9.2	-18.1	-24.8	-12.2
Arctic Bay	-29.8	-31.1	-27.7	-19.8	-7.6	2.1	5.8	4.8	-1.6	-11.1	-21.1	-26.8	-13.7
Resolute	-32.6	-33.5	-31.3	-23.1	-10.7	-0.3	4.3	2.7	-4.9	-14.7	-24.2	-28.8	-16.4
Alert	-32.1	-33.3	-33.0	-24.7	-11.2	-0.6	3.9	0.9	-10.1	-19.7	-26.1	-29.8	-18.0
Cambridge Bay	-33.7	-34.6	-30.1	-22.2	-9.6	1.5	8.2	6.9	-0.5	-11.1	-23.8	-29.6	-14.9
Mound Bay	-33.8	-35.6	-32.4	-23.6	-10.9	-0.3	3.7	1.7	-6.6	-17.8	-26.6	-31.3	-17.8
Tuktoyaktuk	-28.4	-29.1	-26.5	-17.2	-4.7	5.1	10.6	9.0	2.6	-7.7	-19.7	-25.2	-10.9

Source: Normales climatiques au Canada, 1951-1980 : températures et précipitations. Environnement Canada, Service de l'environnement.
Le Climat des îles arctiques et des eaux adjacentes du Canada, volume 2, Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique.

Figure 6 Principales trajectoires estivales des tempêtes au Canada

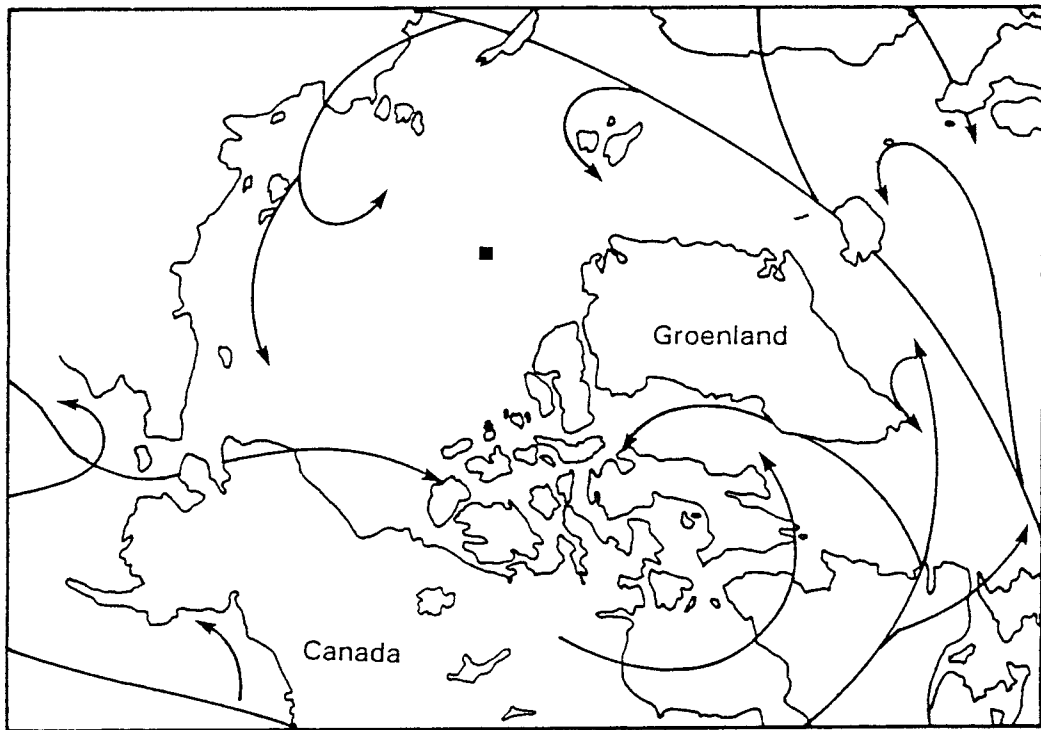
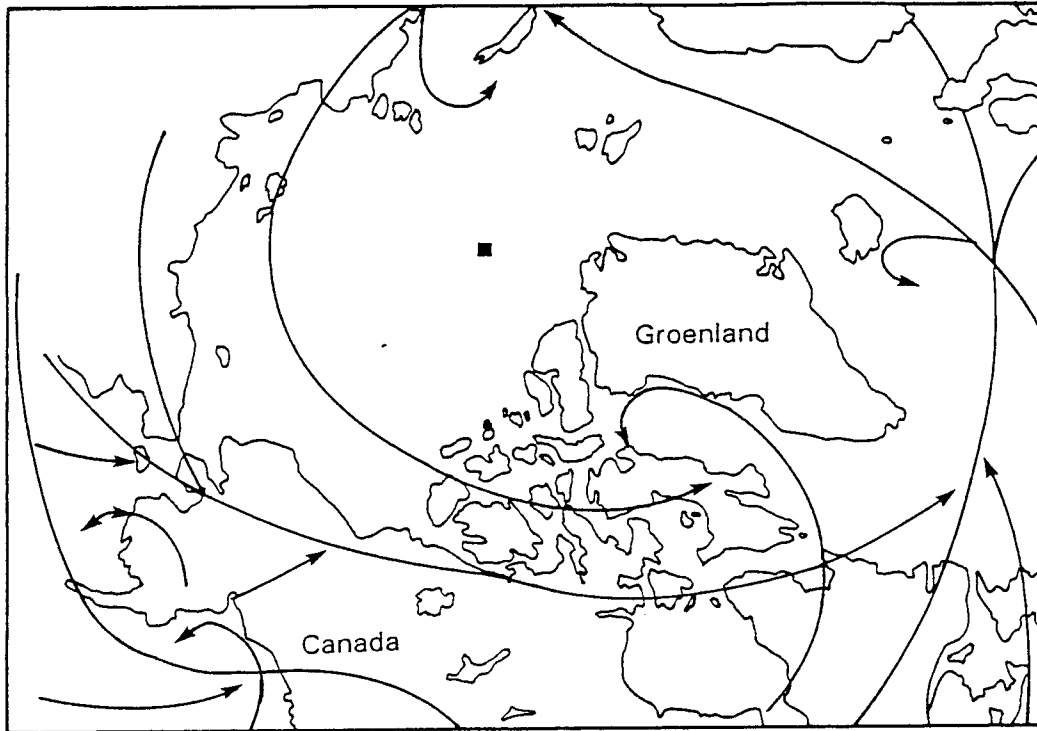


Figure 7 Principales trajectoires hivernales des tempêtes au Canada

Le Tableau 3 fait voir la formation rapide d'une dépression polaire. Il s'agit en l'occurrence d'une dépression observée le 3 octobre 1987 dans le détroit d'Hudson par le navire Norman McLeod Rogers de la Garde côtière canadienne. Cette dépression au développement rapide a transformé en quelques heures en coup de vent le temps venteux qui s'était formé. Le tableau indique le régime éolien comme l'a consigné le personnel de bord.

Tableau 3 Vitesse et direction des vents pendant une dépression polaire dans le détroit d'Hudson

Date octobre 1987	Heure (UTC)	Position du NGCC Norman McLeod Rogers	Vent	
			Direction	Vitesse
2	2100	62.8°N 69.7°O	SSE	10
3	0000	62.4°N 69.6°O	SE	10
3	0300	61.9°N 69.3°O	ESE	22
3	0600	61.5°N 68.8°O	SSE	8
3	0900	61.0°N 68.4°O	ONO	45
3	1200	60.6°N 68.0°O	ONO	35
3	1500	60.4°N 67.8°O	ONO	22

À la figure 7 et 8 deux images satellite décrivent la formation de cette dépression. Dans l'image du bas prise 45 minutes avant le message 03/0000 TUC du navire, la dépression se développe sous couvert nuageux dans la partie méridionale du détroit d'Hudson. À ce moment-là, le bâtiment se trouvait au large de Lake Harbour et signalait des vents de suet de 10 nœuds. L'image du haut montre la même dépression neuf heures et demie après, moment où le NGCC Norman McLeod Rogers naviguait à la hauteur de Quataq et parlait de vents ouest-nord-ouest de 45 nœuds.

3.1.4 Régimes de précipitations

Les régimes de précipitations varient considérablement entre les Grands Lacs dans le sud du territoire canadien et les îles de l'Arctique. Le tableau 4 indique les régimes pluviométriques de certaines stations côtières. Le tableau 5 donne la nivométrie de ces mêmes stations. La pluie et la neige peuvent être un sujet d'inquiétude à bord au printemps et à l'automne quand les précipitations jointes à de basses températures peuvent causer un givrage des bâtiments.

Un important facteur d'abondance des précipitations est l'existence de sources d'humidité. Dans le Haut-Arctique, il y a généralement peu d'eau pour alimenter les précipitations, mais on trouve des zones d'eau relativement abondante autour de la partie méridionale de l'île Baffin dans le détroit de Davis et dans la région du golfe Amundsen et de l'île Victoria. Les parties septentrionale et centrale de l'Arctique ont des réserves moindres d'humidité, d'où une baisse de pluviométrie et de nivométrie.

Figure 8 Images satellite dépeignant la formation d'une dépression polaire dans le détroit d'Hudson

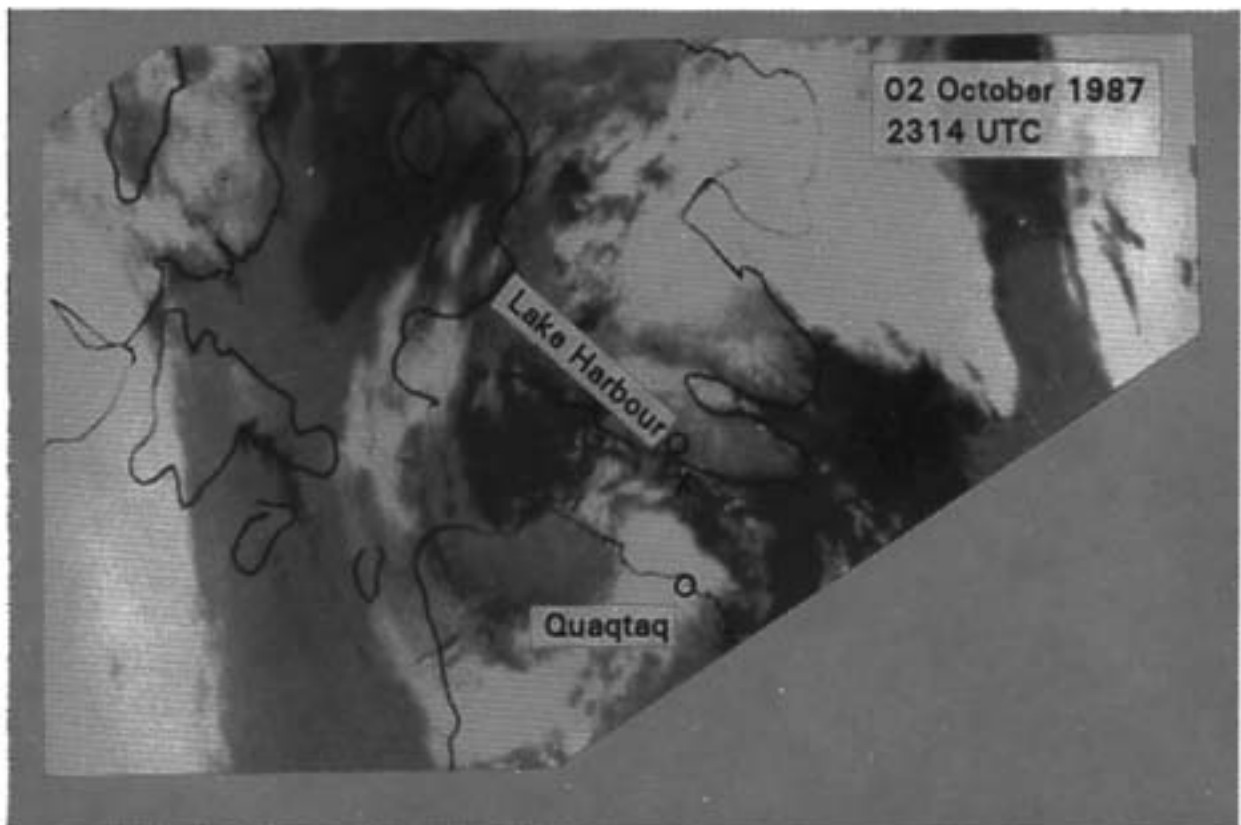
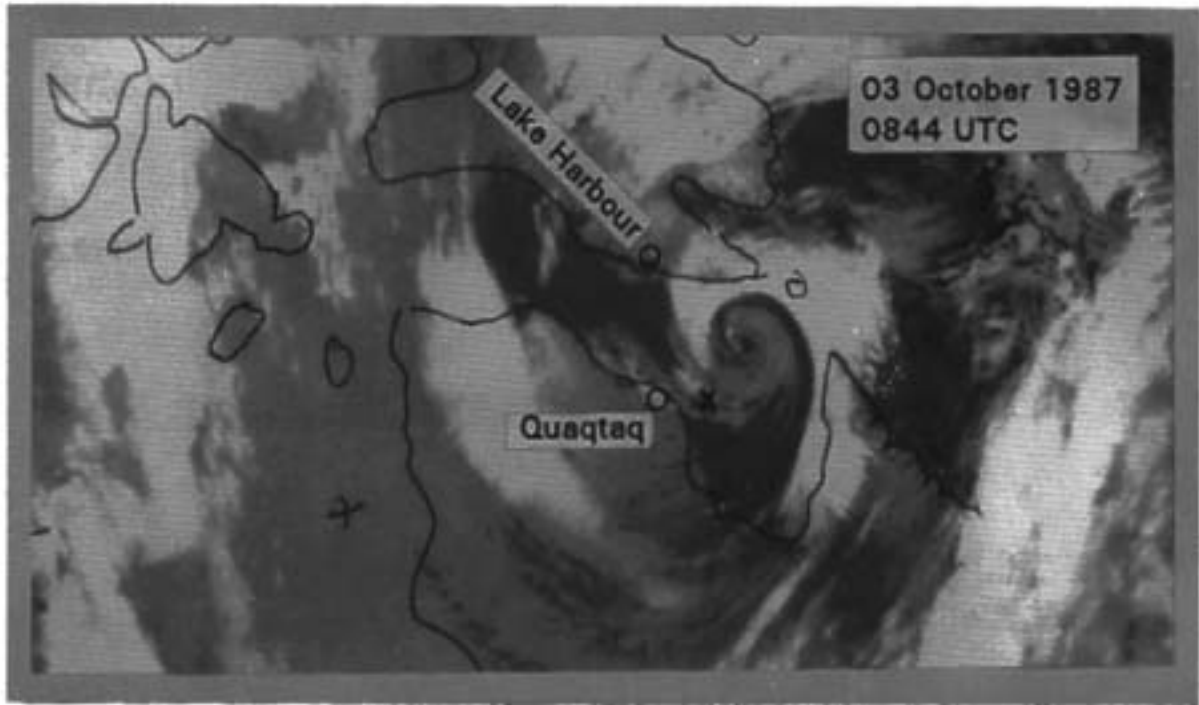


Tableau 4 Pluviométrie mensuelle moyenne de certaines stations au Canada

Station	Pluviométrie mensuelle moyenne (mm)												Pluviométrie annuelle (mm)
	Janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	
Thunder Bay	1.9	1.9	13.7	35.4	69.2	76.6	75.4	83.1	89.1	51.6	25.3	4.1	527.3
Sault Ste-Marie	3.2	13.0	31.8	55.7	83.6	74.2	55.6	82.7	95.2	68.1	46.8	15.6	625.5
Sarnia	22.3	21.6	41.5	75.1	69.2	81.1	65.8	55.3	68.2	54.1	61.8	38.4	654.4
Windsor	28.1	28.5	51.9	78.3	70.2	89.3	83.4	84.1	67.0	56.9	53.6	46.2	737.5
Kingston	22.0	24.7	39.3	62.0	70.7	64.0	53.2	76.2	80.9	75.8	71.2	49.8	689.8
Grindstone Island	32.6	24.6	23.5	42.0	60.1	56.4	62.9	78.9	71.7	83.1	81.9	49.9	667.6
Québec	41.1	10.9	20.9	59.7	79.8	112.9	136.3	114.7	115.1	86.1	58.6	27.5	863.6
St. John's	77.9	69.7	67.0	78.1	89.4	83.4	75.3	121.6	116.7	145.5	162.5	161.2	1248.3
Goose Bay	2.1	3.5	4.2	14.4	44.9	88.9	105.1	103.2	84.5	51.7	21.0	5.5	529.0
Iqaluit	0.3	T ^a	T	0.3	1.8	29.2	52.8	57.9	29.5	7.1	1.0	T	179.9
Clyde River	T	T	0.0	0.0	0.3	2.3	16.3	24.6	10.9	0.3	T	0.0	54.7
Churchill	T	0.1	0.6	2.0	13.5	39.9	45.6	58.3	44.5	15.4	1.0	0.2	221.1
Longstaff Bluff	0.0	0.0	0.0	0.0	T	7.6	29.2	21.8	14.7	0.5	T	0.0	73.8
Arctic Bay	0.0	0.0	0.0	0.0	T	4.1	19.1	23.1	8.4	T	0.0	0.0	54.7
Resolute	0.0	0.0	0.0	0.0	T	5.8	23.4	25.7	3.8	T	0.0	0.0	58.7
Alert	T	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	7.9	7.1	0.3	0.0	0.0	0.0	18.9
Cambridge Bay	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	9.4	21.8	25.9	8.9	1.0	T	0.0	67.5
Mound Bay	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.8	13.0	13.5	2.0	T	0.0	0.0	31.6
Tuktoyaktuk	0.1	0.0	0.0	T	2.3	10.7	19.7	27.2	10.7	1.6	T	0.0	72.3

Source: Normales climatiques au Canada, 1951 - 1980 : températures et précipitations, Environnement Canada, SEA;
Le climat des îles arctiques et des eaux adjacentes du Canada, volume 2 Environnement Canada, SEA

^a : trace ou quantité infime de précipitations.

Tableau 5 Précipitations de neige en moyenne mensuelle pour certains stations du Canada

Station	Précipitations mensuelle moyennes (cm)												Précipitations mensuelles moyennes (cm)
	Janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	
Thunder Bay	48.4	30.7	34.2	16.2	4.2	0.0	0.0	0	T ^a	3.3	29.8	46.2	213.0
Sault Ste-Marie	76.3	63.8	30.3	10.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.1	6.1	41.4	75.9	305.7
Sarnia	28.8	23.7	22.0	6.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	16.1	38.0	138.9
Windsor	30.2	22.8	20.0	4.2	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.5	28.6	117.4
Kingston	51.7	35.7	32.4	7.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	14.4	47.9	191.0
Grindstone Island	57.6	43.6	47.8	22.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	16.1	50.3	242.2
Québec	64.8	63.1	44.5	8.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	26.7	78.3	288.3
St. John's	81.4	74.6	65.0	34.6	11.1	2.0	0.0	0.0	T	4.4	21.2	65.1	359.4
Goose Bay	80.0	60.6	74.6	48.6	18.4	3.7	0.0	0.0	4.0	24.7	57.0	73.6	445.2
Iqaluit	25.7	29.0	21.6	23.6	21.6	8.4	0.3	0.3	14.5	36.1	37.8	28.2	247.1
Clyde River	10.9	6.6	5.1	8.4	14.0	8.4	7.1	5.6	27.9	32.8	18.5	7.6	152.9
Churchill	16.9	14.6	18.6	22.3	19.5	3.5	0.0	0.0	6.4	29.3	41.6	22.8	195.5
Longstaff Bluff	4.1	8.1	2.3	7.6	13.5	7.6	0.3	1.3	15.7	22.6	10.7	6.9	100.7
Arctic Bay	5.8	4.3	5.6	4.1	6.6	3.6	0.3	0.8	13.5	15.2	6.9	4.6	71.3
Resolute	2.8	3.3	3.3	5.8	8.9	6.6	3.0	4.8	14.2	15.5	5.6	4.8	78.6
Alert	7.4	5.3	7.4	6.6	12.4	9.9	10.2	20.3	31.2	16.8	8.6	8.6	144.7
Cambridge Bay	5.3	4.3	5.8	6.4	7.6	4.1	0.3	7.6	15.5	9.4	6.1	7.2	77.6
Mound Bay	2.5	2.3	3.0	3.0	7.6	3.8	3.8	6.6	11.7	9.4	3.0	3.0	59.7
Tuktoyaktuk	5.3	5.4	4.4	7.1	3.5	2.2	0.2	0.6	4.2	16	8.9	7.4	65.2

Source: Normales climatiques au Canada, 1951 - 1980 : températures et précipitations, Environnement Canada SEA;
Le climat des îles arctiques et des eaux adjacentes du Canada, volume 2, Environnement Canada, SEA.

^a : trace ou quantité infime de neige

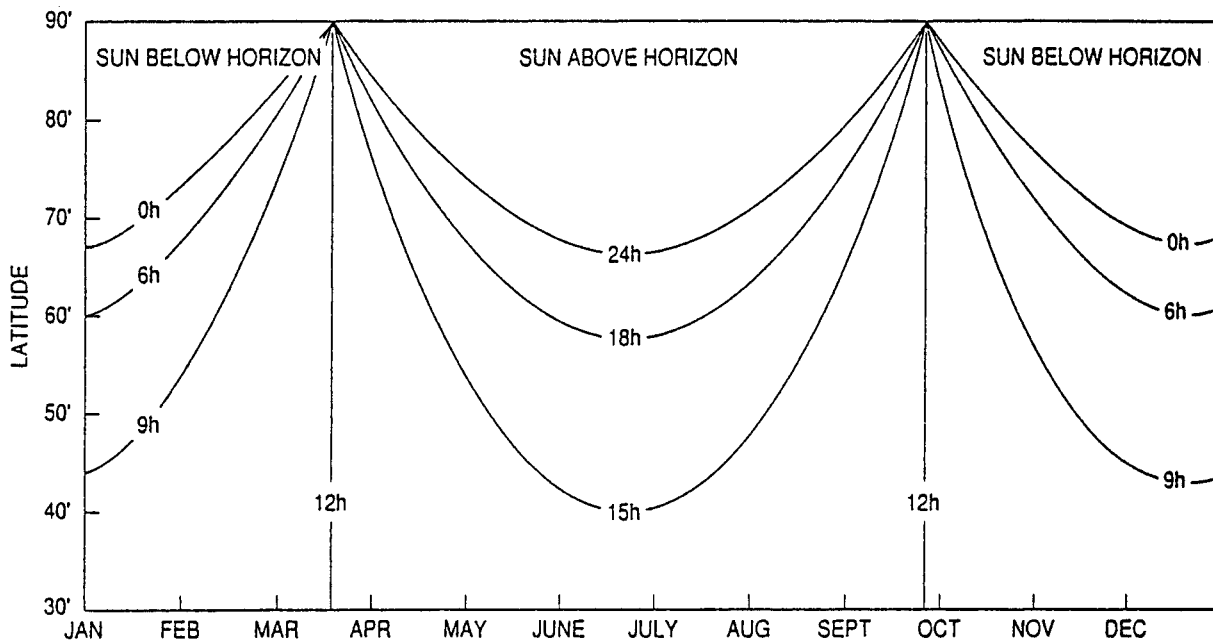
3.1.5 Brume et visibilité

Brume de mer ou brume d'advection Brume qui se forme quand de l'air relativement chaud et humide circule au-dessus d'une eau plus froide.

Fumée de mer ou brume d'évaporation Brume qui se forme quand l'air est beaucoup plus froid que la mer.

La visibilité maritime subit l'influence d'un certain nombre de facteurs, dont la durée du jour, les précipitations, la poudrerie et la brume. Plus on navigue au nord, plus le nombre d'heures de jour dont on dispose pour la navigation prend de l'importance. Dans l'Arctique, le jour s'allonge pendant l'été et s'abrège pendant l'hiver. La figure 9 indique la variabilité saisonnière du jour à différentes latitudes.

Figure 9 Variabilité saisonnière du jour selon la latitude et le mois



La brume est une grande cause de faible visibilité en mer. Elle est particulièrement fréquente dans la baie de Baffin au printemps et à l'été et dans les Grands Bancs pendant toute l'année. Une **brume de mer** ou brume d'advection se forme quand de l'air chaud et humide circule au-dessus d'une eau de mer plus froide. Comme l'air refroidit au-dessous de son point de saturation, l'excès d'humidité se condense en brouillard. Ce genre de brume peut s'étendre sur de vastes territoires et persister pendant longtemps, même par temps venteux, s'il existe une constante réserve d'air humide et chaud.

Un second type de brume, la **fumée de mer** ou brume d'évaporation, se forme quand de l'air froid circule au-dessus d'une eau de mer plus chaude. Dans ce cas, l'humidité s'évapore à la surface de la mer et sature l'atmosphère. Comme l'air est froid, l'excès d'humidité se condense en brouillard.

L'été, de la brume apparaîtra souvent au-dessus de la banquise ou d'eaux couvertes de glaces. On croit que ce type de brouillard se forme quand l'eau de fonte à la surface de la glace se réchauffe, sature l'atmosphère et se condense en brouillard.

La poudrierie ou chasse-neige contribue fortement à réduire la visibilité l'hiver. Outre la force du vent, le laps de temps qui s'est écoulé depuis les dernières précipitations de neige influe sur l'abondance et la durée de ces rafales au sol. La neige se tasse avec le temps et c'est pourquoi plus l'intervalle s'allonge entre une averse de neige et un coup de vent, moins il y a de chances que la poudrierie soit abondante.

3.1.6 Embruns verglaçants et conditions de givrage de la superstructure

<i>Accrétion</i>	Accumulation de glace sur un navire à cause d'embruns ou de précipitations verglaçants, de la brume ou de la neige mouillée.
<i>Embruns verglaçants</i>	Embruns qui entrent en contact avec le métal froid de la coque et des ouvrages supérieurs d'un navire et y causent du givrage.
<i>Givrage de la super-structure</i>	Formation de glace sur la coque ou les ouvrages de pont d'un navire à cause de précipitations ou d'embruns verglaçants ou de la brume.

Les navires qui sillonnent les eaux canadiennes vers la fin de l'automne et pendant l'hiver s'exposent à un certain givrage des ouvrages supérieurs du bâtiment, qu'il s'agisse des ponts, des pavois, des lisses, du gréement ou des espars. Le givrage peut entraver les activités à bord et, dans des cas extrêmes, compromettre sérieusement la marche et la stabilité du bâtiment. L'accumulation de glace sur la superstructure peut élever le centre de gravité du navire, réduire la vitesse et rendre les manœuvres difficiles. Le givrage peut aussi être source de divers problèmes en ce qui concerne le matériel de manutention de la cargaison, les écoutilles, les ancres, les treuils et les guindeaux. Ce sont les petits navires qui sont le plus exposés et plusieurs bateaux de pêche ont sombré au large du littoral est du Canada sous l'effet des embruns verglaçants.

Le givrage des bâtiments peut être dû à de l'humidité d'eau douce comme la brume, la pluie verglaçante, la bruine et la neige mouillée, ou encore à l'eau de mer sous forme, par exemple, d'embruns verglaçants et de remous (des vagues). Le givrage causé par la brume d'advection et d'évaporation peut créer des difficultés à l'automne, mais se produit rarement l'hiver, les sources d'humidité étant infimes après la formation de la couverture de glace. Il peut y avoir givrage par les précipitations quand une averse s'accompagne d'une chute de la température de l'air, mais le phénomène se limite généralement aux mois printaniers et automnaux. Dans l'Arctique, il reste peu fréquent, puisque la plupart des secteurs connaissent moins de 25 heures de givrage par an. Dans des régions comme la partie occidentale de la baie de Baffin, le détroit de Davis et le golfe Amundsen près du cap Parry, la durée annuelle est de 25 à 50 heures et, au large des îles Brevoort et Resolution, elle peut même atteindre 100 heures.

Des diverses formes de givrage de superstructure, c'est le givrage par embruns verglaçants qui est le plus répandu et constitue la forme la plus menaçante d'accumulation de glace. Il peut se produire toutes les fois que la température de l'air tombe au-dessous de la température de congélation de l'eau de mer et que les températures de la surface de la mer sont inférieures à 6°C.

Pour qu'il y ait des embruns verglaçants, il faut une source d'embruns et une atmosphère suffisamment refroidie pour que ces embruns gèlent sur un objet avant d'avoir eu le temps de s'écouler. On en observe dans presque toutes les eaux canadiennes, bien que le phénomène soit plus fréquent et plus accentué dans les eaux littorales de l'Est du Canada. Les taux d'accrétion de glace par embruns verglaçants peuvent dépasser 2 cm l'heure, et il n'est pas rare que la glace s'accumule à un rythme de plus de 25 cm l'heure.

Outre la température de l'air et la vélocité du vent, des facteurs d'accumulation d'embruns verglaçants peuvent jouer comme les caractéristiques du navire et entre autres la taille et la forme des ouvrages de pont. Les navires plus petits s'exposent à recevoir plus d'embruns et perdent leur stabilité plus rapidement que les gros bâtiments. Il importe enfin de noter que la présence de glaces de mer ou de lac atténuera la formation de vagues et les risques d'apparition d'embruns verglaçants. Règle générale, on peut supposer que ces embruns ne seront plus un problème une fois que la couverture de glace dépassera les 6/10 de concentration. Quand un bâtiment se trouve dans les glaces, le danger d'embruns verglaçants devient pour ainsi dire nul. Les paragraphes qui précèdent ont décrit le processus général de givrage de la superstructure, mais les différences de formation d'embruns et de perte de chaleur le long du vaisseau peuvent déterminer d'amples variations des taux d'accumulation de glace selon la hauteur et l'exposition des objets à bord. Ainsi, la glace s'accumule plus vite sur les éléments de gréement et les espars, accroissant ainsi les risques de chavirement.

On peut réduire au minimum les effets des embruns verglaçants en ralentissant les machines par grosse mer pour diminuer le battage de l'avant, en laissant courir sur la mer ou en s'abritant à la côte ou dans des glaces de mer.

On peut aussi décider de mettre le cap sur des eaux plus chaudes, bien que cela soit impossible dans bien des régions maritimes du Canada.

Dans de rudes conditions givrantes, le dégivrage à la main peut être la seule façon d'empêcher le navire de chavirer. Il importe que le capitaine tienne compte de la durée prévue d'une tempête givrante et du rythme d'accumulation de glace sur son bâtiment au moment d'arrêter une stratégie. Il y a plusieurs façons de réduire au minimum la menace du givrage sur les bateaux de pêche :

- on peut gagner des eaux plus chaudes ou une région littorale abritée;
- on peut ranger dans les fonds tout l'attirail de pêche, les tonneaux et les appareils de pont ou les arrimer le plus bas possible sur le pont;
- on peut abaisser et assujettir les mâts de charge;
- on peut recouvrir les machines et les embarcations de pont;
- on peut fixer les lisses de mauvais temps;
- on peut enlever les crépines des dalots et déplacer tous les objets pouvant empêcher le drainage de l'eau sur le pont;
- on peut rendre le navire le plus imperméable possible;
- si le franc-bord est suffisamment haut, on peut remplir d'eau de mer tous les réservoirs vides de fond contenant des canalisations de ballasts; et

- on peut établir une communication radio sûre dans les deux sens avec des installations à terre ou un autre navire.

Les prévisions maritimes d'Environnement Canada renferment des avis d'embruns verglaçants, mais il est difficile de prévoir avec précision des conditions givrantes, les caractéristiques individuelles des bâtiments ayant un effet marqué sur le givrage. On peut se guider sur des graphiques de rythme de givrage selon la température de l'air, la vitesse des vents et la température de la mer en surface pour constater des menaces de givrage, mais ils ne sauraient servir à la prévision des taux d'accumulation de glace sur un bâtiment. On devrait user de prudence quand on attend un coup de vent avec des températures de l'air inférieures à -2 °C.

On trouvera plus bas des données régionales précises sur le givrage des navires dans le golfe du Saint-Laurent, la mer du Labrador, la baie d'Hudson et les eaux arctiques, dont celles de la baie de Baffin et du détroit de Davis.

Golfe du Saint-Laurent

Dans le golfe du Saint-Laurent, les embruns verglaçants sont la source la plus souvent signalée de givrage des navires. Ils sont également responsables des plus grandes accumulations de glace, qui peuvent dépasser les 25 cm d'épaisseur. Les précipitations verglaçantes et la brume à excès de refroidissement sont des causes moins fréquemment signalées et se voient normalement imputer les accrétions de glace de 1 à 2 cm d'épais.

On peut observer des embruns verglaçants dans la région du golfe à tout moment entre novembre et avril, mais le phénomène est le plus fréquemment signalé de décembre à février. En janvier, il peut y avoir plus de la moitié du temps des conditions de givrage par les embruns. La pluie verglaçante sévit le plus de décembre à avril et on constate la présence de brume à excès de refroidissement de janvier à mars.

Dans le golfe, les embruns verglaçants viennent habituellement d'intenses tempêtes hivernales au large du littoral est du Canada. Ces orages provoquent un fort écoulement nord-ouest d'air arctique froid sur le golfe, phénomène s'accompagnant d'averses et de grains de neige au-dessus de l'eau libre. En situation d'embruns verglaçants, la température de l'air est habituellement d'environ -10°C avec des vents du nord-ouest à 30 nœuds et des vagues de 1 à 3 m. La menace des embruns verglaçants serait plus grande dans la région du golfe si les parcours (fetch) n'étaient pas si restreints et si l'étendue de la couverture de glace ne venait pas limiter la formation de vagues.

L'examen des bulletins d'épaisseur de givrage dans le golfe permet de distinguer trois zones où les accumulations sont plus grandes, à savoir (1) la région centrale du golfe à l'ouest des îles de la Madeleine, (2) le détroit de Belle-Isle au large de Flowers Cove et (3) le nord de la péninsule de Gaspé au large du cap de la Madeleine. Ces accumulations supérieures peuvent être imputables à des conditions givrantes locales de plus grande intensité (mer plus courte et plus creuse) ou s'expliquer par la présence dans ces eaux de bâtiments plus exposés aux embruns et donc au givrage.

Mer du Labrador et baie d'Hudson

Dans la mer du Labrador et la baie d'Hudson, la principale cause de givrage de navires est les embruns verglaçants, qui sont aussi responsables des plus grandes accrétions de glace (parfois supérieures à 20 cm). Le givrage de brume à excès de refroidissement ou de précipitations verglaçantes est moins souvent signalé et rend généralement compte des faibles accrétions (de l'ordre de 1 à 2 cm). Une fumée de mer arctique peut accompagner le givrage par embruns si les températures de l'air sont très basses. Les messages de givrage des navires dans les eaux du littoral est nous indiquent que les conditions de givrage par embruns et brume sont plus fréquentes dans la mer du Labrador.

Des risques de givrage par embruns verglaçants existent d'octobre à mai dans les deux secteurs, mais le phénomène se modifie dans la baie d'Hudson à cause de la lourde couverture de glace qui restreint la vitesse des navires et la croissance des vagues pendant le plus clair de l'hiver. On rencontre, par conséquent, le plus souvent ce type de givrage en octobre et en novembre quand les températures chutent, mais avant même que la couverture de glace n'ait véritablement gagné en superficie. En revanche, ce même givrage s'observe l'hiver durant au large de la côte du Labrador où des conditions givrantes par embruns règnent en janvier et février plus de 30 % du temps.

Dans le détroit et la baie d'Hudson, les probabilités de précipitations verglaçantes sont les plus grandes au printemps et à l'automne, tandis que la mer du Labrador connaît ce phénomène pendant toute la saison hivernale. On signale le plus souvent de la brume à excès de refroidissement en février et en mars dans la mer du Labrador et à l'automne dans la baie d'Hudson. Il convient de noter qu'il est très difficile de se renseigner sur le climat maritime hivernal de la baie d'Hudson à cause du peu de messages navals qui en émanent.

Les conditions d'embruns verglaçants viennent habituellement d'importants cyclones intenses centrés au nord-est de chacune des régions. Ces tempêtes provoquent des écoulements ouest-nord-ouest d'air arctique froid, qui engendrent des averses et des grains de neige au-dessus de l'eau libre. En situation d'embruns verglaçants dans la mer du Labrador, la température de l'air est d'ordinaire de -10°C avec des vents d'ouest à 30 nœuds et des vagues de 4 à 5 m. Les conditions types sont moins âpres dans la baie d'Hudson avec une température de l'air de -6°C , des vents du nord-ouest à 25 nœuds et des vagues de 2 à 3 m.

Comme le phénomène du givrage dans la mer du Labrador est le plus souvent lié à la présence de vents d'ouest, on peut avoir la trompeuse impression d'être à l'abri à proximité des côtes. Le danger est que, si de petits navires de cabotage s'aventurent au large dans un tel temps, ils s'exposent à de rudes conditions givrantes en pleine mer.

L'examen des bulletins d'épaisseur de givrage pour la mer du Labrador fait voir une région d'accumulations de glace beaucoup plus marquées. On constate en effet que les épaisseurs moyennes d'accrétion dépassent les 10 cm à Hamilton Bank (54°N , 55°O) alors qu'elles sont d'habitude de 4 à 5 cm ailleurs. Ces accumulations supérieures peuvent s'expliquer par des conditions givrantes locales de plus grande intensité (mer plus courte et plus creuse, par exemple) ou par la présence de navires plus exposés aux embruns et donc au givrage.

Eaux arctiques

Règle générale, les embruns verglaçants posent moins de problèmes dans les eaux arctiques que dans le golfe du Saint-Laurent ou dans la région sud de la mer du Labrador. Toutefois, la probabilité d'incidents de givrage marin y est à son plus fort (dans une proportion de plus de 20 % du temps) en automne. Durant cette période les températures de l'air sont de beaucoup inférieures au point de congélation et les eaux sont principalement découvertes dans la baie de Baffin, le détroit de Davis et la région sud de la mer du Labrador. Bien que moins fréquents, des phénomènes d'embruns verglaçants ont été signalés dans l'Ouest de l'Arctique et la mer de Beaufort, où l'accumulation de glace dépasse les 15 cm dans les cas extrêmes.

3.1.7 Marées et courants

<i>Bathymétrie</i>	Configuration des fonds d'une étendue d'eau comme la font habituellement voir les courbes de profondeur.
<i>Courant giratoire</i>	Mouvement de l'eau en rond ou en spirale.
<i>Levée (creusée) de mer</i>	Mer démontée qui bouge fortement verticalement ou horizontalement par gros temps.

Les marées et les courants jouent un grand rôle dans le comportement des glaces de mer et des icebergs. La figure 15 indique les régimes généraux de circulation dans les eaux canadiennes et la figure 16, les grands courants et la bathymétrie du golfe du Saint-Laurent, des Grands Bancs de Terre-Neuve et de la côte du Labrador. Si les régimes que décrivent ces figures sont relativement constants, la circulation peut présenter des variations considérables à l'échelle locale ou régionale. Dans les paragraphes qui suivent, nous résumerons les principaux aspects des courants marins moyens de surface d'abord pour les régions méridionales et ensuite pour les régions plus au nord. Dans les Grands Lacs, l'influence des marées sur le niveau de l'eau est si petite (quelques centimètres seulement) qu'elle n'intervient pour ainsi dire pas dans la navigation.

Golfe du Saint-Laurent

Le principal courant qui traverse le golfe du Saint-Laurent vient du fleuve du même nom et gagne par le golfe le détroit de Cabot en direction sud-est. On compte deux régions de fort courant sortant, à savoir le courant de Gaspé, qui s'écoule à une vitesse moyenne de 0,5 à 1 nœud, et le courant du Cap-Breton, où le rythme moyen d'écoulement est de 0,5 à 0,75 nœud. On peut observer des courants entrants plus faibles au large de l'extrémité méridionale de Terre-Neuve (cap Ray) et le long du littoral sud de l'île d'Anticosti. De faibles courants sillonnent également les hauts-fonds des îles de la Madeleine et le bras nord-est du golfe. Un courant de marée variable traverse le détroit de Belle-Isle près de la surface. En profondeur, on relève un courant entrant en valeur nette.

L'amplitude moyenne des marées est de 0,6 à 2,2 m dans le golfe du Saint-Laurent et atteint la zone de 2 à 4,6 m dans le fleuve Saint-Laurent.

Littoral est et mer du Labrador

Le courant du Labrador domine la circulation dans les eaux de la mer du Labrador et celles de Terre-Neuve. Il s'écoule du nord au sud en s'adjoignant les eaux du courant froid de Baffin. Une partie du courant de l'Ouest du Groenland franchit le détroit de Davis pour s'unir au courant de Baffin. Le long de la côte du Labrador, les eaux de l'île Baffin restent sur l'axe intérieur et les eaux de l'Ouest du Groenland s'écoulent le long de l'extrémité de la plate-forme continentale.

Les deux parties du courant du Labrador ont leurs caractéristiques propres : les eaux du courant de Baffin sont plus douces et plus froides que les eaux du courant de l'Ouest du Groenland. Les vitesses d'écoulement sont également différentes, l'axe intérieur se caractérisant par des vitesses d'environ 6 milles marins par jour et l'axe extérieur par des vitesses de 10 à 20 milles.

Quand le courant du Labrador atteint les Grands Bancs, la plate-forme continentale s'élargit, le courant ralentit et se divise avec un premier écoulement entre l'extrémité ouest des Grands Bancs et Terre-Neuve et un second le long de l'extrémité septentrionale et par la suite en direction sud par le détroit Flemish. Les courants qui sillonnent les Grands Bancs ont tendance à être faibles et d'une direction variable.

Le long du littoral est de Terre-Neuve, l'amplitude moyenne des marées est de 0,8 à 1,6 m et, au large de la côte du Labrador, les valeurs varient entre près de 0,4 m dans le lac Melville et 4,6 m au large du cap Chidley à l'extrémité septentrionale du Labrador.

COPIE NON-CONTROLÉE

Figure 10 Courants de surface dans les eaux canadiennes

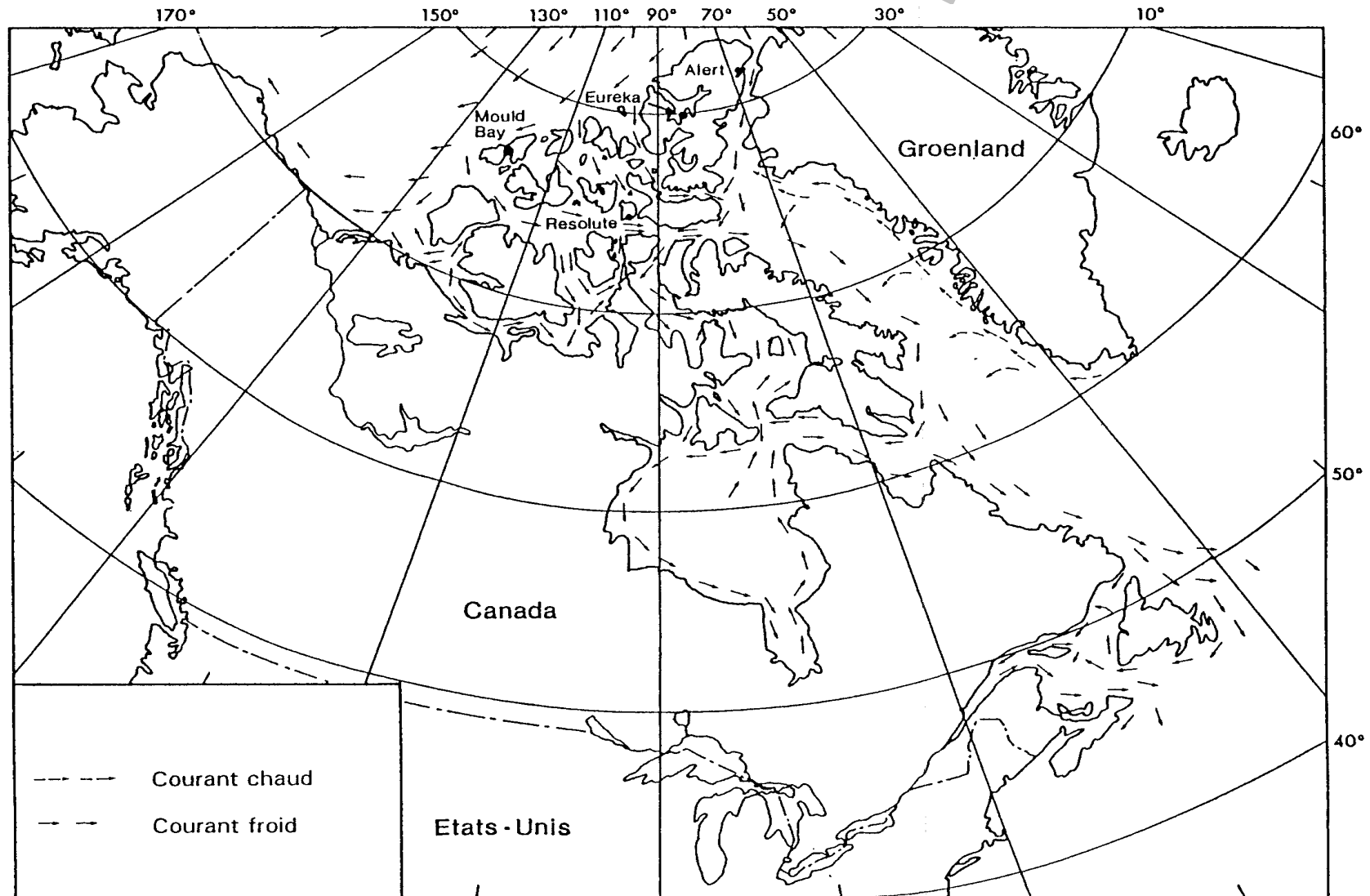


Figure 11 Bathymétrie (mètres) du golfe du Saint-Laurent, des Grands bancs de Terre-Neuve et de la mer du Labrador



Eaux arctiques

Bien qu'on n'ait pas beaucoup mesuré les courants océaniques de l'Arctique, on en comprend les régimes généraux de circulation. La figure 14 présente la configuration de la circulation de surface dans les eaux navigables de l'Arctique. Les courants froids y sont figurés par un trait et les courants chauds par un pointillé.

Le régime de circulation océanique dans la baie de Baffin est particulièrement important pour la navigation dans l'Arctique. L'écoulement senestrogre (sens contraire au mouvement des aiguilles d'une montre) amène de l'eau relativement chaude au nord le long de la côte ouest du Groenland et à travers la baie de Baffin à l'extrémité nord et la mêle à l'eau froide qui s'écoule au sud depuis le détroit de Nares entre le Groenland et l'île Ellesmere. Joint à un courant sortant plus petit d'eau froide du détroit de Jones et à un écoulement plus abondant hors du détroit de Lancaster, le courant vient baigner d'eau froide au sud le littoral est de l'île Baffin. La vitesse du courant le long du littoral nord-est de cette île est d'environ 0,8 nœud l'été. On connaît très peu la variabilité saisonnière du régime.

On observe deux régimes de circulation de surface dans l'océan Arctique, à savoir le **courant giratoire de Beaufort** et le **courant de dérive transpolaire**. On pense généralement que le courant sortant le long de l'Est du Groenland vient du courant de dérive transpolaire et que celui qui traverse l'archipel arctique canadien vient du courant giratoire de Beaufort, mais les études océanographiques nous indiquent que les eaux du détroit de Nares ont également pour origine le courant transpolaire, l'écoulement le plus à l'est du courant giratoire de Beaufort passant par le détroit de Nansen. Dans les autres régions de l'archipel, on a tendance à observer un courant de dérive sud-est dans les îles de la Reine-Élisabeth et un courant est par le détroit de Parry.

Les courants engendrés par le vent sont importants dans beaucoup de petites étendues d'eau entourant les îles arctiques. La nature de ces courants varie selon la vélocité des vents, les parcours (fetch), les valeurs bathymétriques et les profils topographiques locaux.

Dans l'Ouest de l'Arctique, la rotation dextrogre (sens des aiguilles d'une montre) dans l'océan Arctique produit un écoulement net d'est en ouest dans la mer de Beaufort. La vitesse des courants est modérée, de l'ordre de 1 à 2 nœuds. Les courants d'origine éolienne et le débit du fleuve MacKenzie peuvent influencer aussi bien sur la vitesse que sur la vélocité des courants de la mer de Beaufort.

L'Est de l'Arctique connaît des marées d'une amplitude quotidienne moyenne de 2 à 3 m. On y observe parfois des amplitudes excédant les 6 m. Des anomalies locales peuvent changer ces amplitudes entre marée montante et descendante et engendrer de puissants courants de marée dans certaines régions. Des chenaux resserrés comme Hell Gate, le détroit de Penny et, dans une moindre mesure, les détroits de Nares et de Byam en sont des exemples. Les marées de l'Est de l'Arctique sont les plus hautes dans le détroit d'Hudson et la région d'Iqaluit où les marées de l'Atlantique interviennent. Dans l'ouest et le centre de l'Arctique, et notamment dans la plupart des îles de la Reine-Élisabeth à l'ouest de Resolute Bay, les marées arctiques prédominent. L'océan Arctique, du fait de sa situation polaire, a l'amplitude de marée la plus basse de tous les océans du monde. Là, les amplitudes quotidiennes moyennes sont généralement de moins de 1 m.

En plus d'influer sur la navigation, les marées peuvent être la source de pressions intermittentes dans la couverture de glace avec des effets sur cette même navigation. Le Tableau 6 présente l'amplitude des marées dans tout l'Arctique canadien. On peut obtenir des données détaillées sur les marées des eaux navigables des îles de l'Arctique en consultant la dernière livraison de l'Annuaire canadien des marées et des courants, publication diffusée par Pêches et Océans Canada.

Tableau 6 Amplitudes de marée dans certaines stations de l'Arctique

Station	Lieu	Amplitude (m)	
		Grande	Extrême
Diana Bay	baie d'Ungava	10.2	10.8
Churchill	baie d'Hudson	5.2	6.0
Hall Beach	bassin Foxe	1.3	inconnu
Iqaluit	île Baffin (sud-est)	11.6	12.6
Nanisivik	île Baffin (nord-ouest)	2.8	inconnu
Resolute Bay	île Cornwallis	2.1	2.7
Cambridge Bay	île Victoria	0.5	1.6
Tuktoyaktuk	mer de Beaufort	0.5	3.1

Dans certaines régions, et plus particulièrement autour de la mer de Beaufort, les levées ou les creusées orageuses de la mer en modifient les niveaux autant que les marées. Pendant les étés de non-englacement, les levées de jusqu'à 1 m d'origine orageuse sont courantes et peuvent durer plusieurs heures. Dans certaines baies comme celle du port de Tuktoyaktuk, la mer peut s'enfler de plus de 2 m. Ces puissantes levées sont liées à la présence de vents du large, de forts vents de terre provoquant au contraire des creusées provisoires de la mer, qui peuvent nuire à la circulation maritime en partance ou à destination du port de Tuktoyaktuk à cause de ses hauts-fonds. Des levées de forts vents hivernales s'observent également dans la mer de Beaufort, mais moins souvent. Précisons toutefois que même un enflément modéré de la mer peut amener de gros fragments de glace sur les plages.

3.1.8 Perturbations du milieu

Les effets environnementaux néfastes deviennent un facteur d'une importance croissante dans la navigation maritime. Mentionnons à cet égard la navigation dans les eaux couvertes de glaces où des facteurs nautiques particuliers peuvent être source de perturbations du milieu. Si les accidents peuvent nuire à l'environnement, même une navigation normale risque d'agir sur des aspects de l'environnement jugés précieux comme les suivants :

- espèces ou habitats rares ou menacés;
- espèces ou habitats uniques dans une région;
- espèces ou habitats présentant une grande valeur esthétique;

- espèces pouvant être utilisées par les populations locales; et
- pratiques culturelles et socio-économiques de ces populations.

Beaucoup d'effets possibles ne sont pas propres aux environnements glaciels, mais la présence de glaces, les basses températures et l'éloignement géographique peuvent aggraver des perturbations par rapport aux effets qu'elles sont susceptibles d'avoir sous des cieux plus cléments.

Parmi les perturbations écologiques particulières aux eaux couvertes de glaces, on compte la limitation possible des déplacements sur la glace de la population locale quand un passage a été frayé pour les navires, le dérèglement éventuel du processus d'englacement ou de déglacement en ce qui concerne la lisière locale des glaces et, au début du printemps, le bouleversement des habitudes de reproduction des phoques sur les glaces.

Les perturbations que peuvent causer des conditions normales de navigation sont généralement spécifiques à des lieux. Le plus souvent, on peut les éviter en connaissant les zones et les périodes de l'année où des problèmes risquent de se poser. En adhérant aux pratiques de navigation que décrit ce guide, on réduira au minimum la menace écologique liée à la navigation dans les glaces. Les navigateurs devraient voir comment leur navire peut nuire à l'environnement et prendre des mesures pour restreindre le plus possible ces atteintes éventuelles.

3.2 PHYSIQUE DES GLACES

Dans cette section, nous décrivons dans leurs grandes lignes les propriétés physiques des glaces. Il s'agit de livrer de l'information qui aidera le navigateur à interpréter les conditions glacielles et les cartes des glaces régionales et à mieux comprendre ce que nous dirons des pratiques de navigation dans les glaces.

3.2.1 Terminologie des glaces

La terminologie employée dans ce guide est celle dont se servent les navigateurs et les scientifiques qui, dans leur activité, ont régulièrement à s'occuper des glaces. Ils trouveront à l'annexe A une liste des termes usités dans ce domaine. Les définitions présentées ont été élaborées et approuvées par l'Organisation météorologique mondiale. Pour se renseigner plus à fond sur la terminologie des glaces, on peut consulter le Manuel des normes d'observation des glaces (MANICE), publication du Service canadien des glaces d'Environnement Canada. On s'en procurera un exemplaire en s'adressant aux services d'Environnement Canada à Ottawa.

3.2.2 Types de glaces

Banquise côtière Glace de mer qui se forme et reste fixe le long de la côte, où elle est attachée soit au rivage, soit à un mur de glace, soit à une falaise de glace, soit entre des hauts-fonds ou des icebergs échoués. Si elle s'élève à plus de 2 m au-dessus du niveau de la mer, on l'appelle un plateau de glace.

<i>Banquise (pack)</i>	Terme utilisé dans un sens très large et désignant toute étendue de glace de mer autre que la banquise côtière, quelle que soit sa forme ou la façon dont elle est disposée. Lorsque sa concentration est élevée, c'est-à-dire de 7/10 ou plus, le terme banquise peut être remplacé par pack.
<i>Floe</i>	Tout fragment de glace relativement plat ayant 20 m ou plus d'extension horizontale.
<i>Iceberg</i>	Importante masse détachée d'un glacier, de forme très variable, émergeant de plus de 5 m au-dessus du niveau de la mer, et qui peut être flottante ou échouée. Les icebergs peuvent être tabulaires, arrondis, pointus, biseautés, érodés ou en bloc. Ils sont petits, moyens, gros ou très gros.
<i>Île de glace</i>	Grand morceau de glace flottante qui émerge d'environ 5 m au-dessus du niveau de la mer et qui provient d'un plateau de glace arctique. L'épaisseur totale est de 30 à 50 m et la superficie, de quelques milliers de mètres carrés à plus de 500 km ² . La surface se caractérise ordinairement par une ondulation régulière qui lui donne, vue d'un avion, une apparence côtelée.
<i>Nilas</i>	Couche de glace mince et élastique, ondulant facilement sur les vagues et la houle ou sous la pression et formant sous cette même pression des avancées en forme de « doigts » entrecroisés. Cette couche a une surface mate et peut atteindre 10 cm d'épais. On distingue le nilas sombre et le nilas clair.
<i>Plateau de glace</i>	Glacier plat flottant, d'une épaisseur considérable, qui émerge de 2 à 50 m ou plus, et est fixé à la côte. Généralement très étendu, sa surface est plane ou légèrement ondulée. Il est alimenté par l'accumulation annuelle de neige et souvent aussi par l'avancée vers la mer des glaciers. Quelques parties peuvent être échouées. Le bord qui fait face à la mer est appelé falaise de glace.

On peut discerner les diverses formes de glaces d'après leur lieu d'origine et leur stade de formation. Voici les principaux genres de glace flottante :

- glace de lac et de rivière, issue de la congélation de l'eau douce;
- glace de mer, issue de la congélation de l'eau de mer; et
- glace de glacier, qui est issue, sur terre ou comme plateau de glace, de l'accumulation et de la recristallisation de la neige.

On caractérise la glace de lac en employant les termes **nouvelle**, **mince**, **moyenne**, **épaisse** ou **très épaisse** selon son stade de formation. La nouvelle glace de lac est de formation récente et son épaisseur est de moins de 5 cm. Pour être minces, moyennes ou épaisses, ces glaces doivent être respectivement épaisses de 5 à 15, de 15 à 30 et de 30 à 70 cm, alors que les glaces très épaisses dépasseront les 70 cm.

Les glaces de mer peuvent être nouvelles, jeunes, de première année ou vieilles. Dans chacune de ces catégories, il existe des termes pour désigner des types plus précis. On trouvera à l'annexe A des renseignements détaillés sur cette classification plus fine. La glace **nouvelle** est de formation récente et se compose de cristaux de glace encore faiblement soudés entre eux par le gel. Au gré de son évolution, elle devient une mince couche élastique à la surface de l'océan (**nilas**). La **jeune glace** fait la transition entre le nilas et la **glace de première année**. Son épaisseur est de 10 à 30 cm et à mesure qu'elle s'accroît, l'aspect de la jeune glace pâlit progressivement et passe du gris au blanchâtre. La glace de première année n'a connu qu'un seul hiver de croissance et varie en épaisseur de 30 cm à plus de 2 m. La **vieille glace** est de la glace de mer qui a survécu à au moins un été de fonte. Elle est plus épaisse et moins dense que la glace de première année et offre en surface un aspect plus lisse ou plus arrondi. Les glaces de cette catégorie peuvent se diviser en glaces **de deuxième année** et en glaces **de plusieurs années** si on en connaît l'histoire.

Disons enfin que les glaces de mer se distinguent par leur degré de mobilité. La banquise côtière est plus ou moins fixée au rivage. Elle peut bouger légèrement en réaction aux marées, mais ses translations restent de peu d'importance pendant l'hiver. En revanche, la banquise proprement dite, qui consiste en une masse de glaces représentant autant de floes, est mobile et dérive sous l'effet des vents et des courants. La dynamique de la banquise peut soumettre les glaces à des pressions, avec une déformation fréquente de la couverture de glace. Et cette pression et la déformation qu'elle détermine ont une influence sur la navigation.

Les glaces d'origine terrestre comprennent les icebergs et les îles de glace. On caractérise en outre les icebergs par leur taille et leur forme, les bourguignons (d'une longueur de moins de 5 m) et les fragments d'iceberg (d'une longueur de 5 à 15 m) constituant les spécimens les plus petits de glace de glacier. Les icebergs appartiennent à une catégorie supérieure de taille et varient de petits (formations émergeant de 5 à 15 m et longues de 15 à 60 m) à très gros (formations émergeant de plus de 75 m et mesurant plus de 200 m de long). Vus sous l'angle de leur forme, les icebergs sont tour à tour tabulaires, arrondis, pointus, biseautés, érodés ou en bloc.

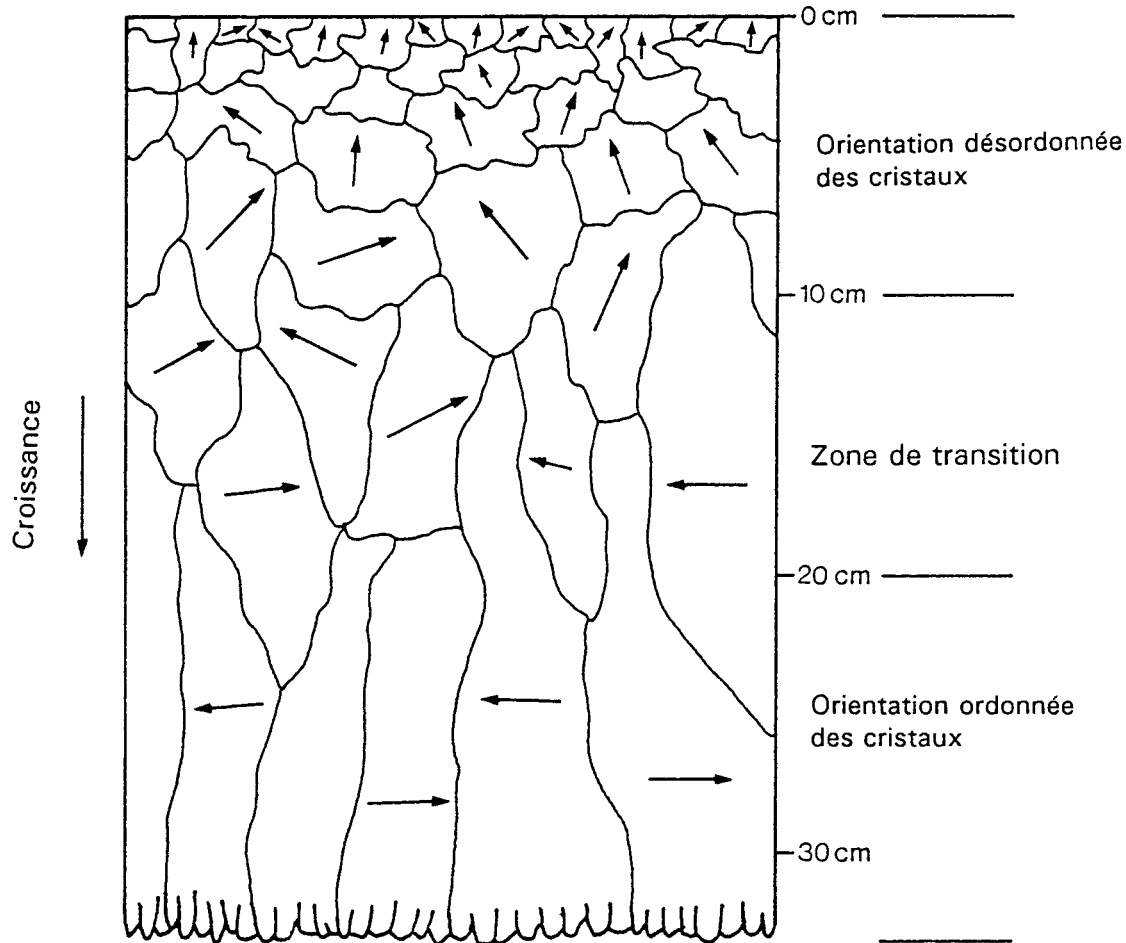
3.2.3 Propriétés des glaces

<i>Glace de première année</i>	Glace n'ayant qu'un seul hiver de croissance et d'une épaisseur de 30 cm à 2 m.
<i>Salinité</i>	Quantité de sel en solution dans l'eau, valeur habituellement exprimée en parties par millier (ppm).
<i>Saumure</i>	Eau contenant des sels.
<i>Vieille glace</i>	Glace de mer ayant survécu à au moins un été de fonte, qui est moins mince et moins dense que la glace de première année et présente généralement un profil topographique plus lisse ou plus rond.

La structure d'une couverture initiale de glace dépend du temps et de l'état de la mer au moment où la glace s'est formée. Par temps calme, de gros cristaux de glace naissent à la surface et s'imbriquent peu à peu. Cette couche peut être épaisse d'aussi peu que 1 à 2 cm. Par temps moins calme, les cristaux de la couche superficielle seront généralement plus petits et gagneront peut-être beaucoup en profondeur, atteignant, par exemple, une épaisseur de 3 m au large de l'Alaska.

Une fois qu'une première couche s'est formée en surface, la croissance se poursuit en profondeur. Sous une zone de transition, la glace se compose principalement de longs cristaux disposés en colonnes. La figure 17 présente la structure cristalline caractéristique de la jeune glace de mer.

Figure 12 Structure cristalline caractéristique de la jeune glace de mer



Avec la croissance de la glace en profondeur, la saumure se trouve retenue par le gel dans le réseau cristallin, mais pendant l'hiver, la solution salée descendra peu à peu, si bien que, pour un niveau donné de la glace, la salinité variera avec l'épaississement de la couverture de glace. L'été, l'eau superficielle de fonte s'écoule à travers la glace, contribuant à purger celle-ci d'une plus grande partie de sa saumure. La glace qui dure plusieurs années se divise en couches et cet échelonnement horizontal correspond au nombre d'années de croissance.

MISE EN GARDE : LA VIEILLE GLACE EST PLUS DURE, PLUS FORTE ET HABITUELLEMENT PLUS ÉPAISSE QUE LA GLACE DE PREMIÈRE ANNÉE. ON DEVRAIT ÉVITER LE PLUS POSSIBLE LES CONTACTS AVEC CETTE CATÉGORIE DE GLACES.

Non seulement la vieille glace est généralement plus épaisse que la glace de première année, mais sa moindre salinité est un important facteur pour la navigation dans les glaces, la puissance des glaces étant étroitement liée à la quantité de saumure. Comme elle est moins saline, la vieille glace a beaucoup plus de force que la glace de première année.

3.2.4 Formation et croissance des glaces

<i>Frasil</i>	Fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.
<i>Glace en crêpes</i>	Morceaux de glace de forme circulaire, ayant de 30 cm à 3 m de diamètre et jusqu'à 10 cm d'épaisseur, avec des bords relevés du fait du frottement des fragments les uns contre les autres. Ils se forment parfois en profondeur, à l'interface de deux masses d'eau ayant des caractéristiques physiques différentes, d'où ils remontent en surface. Ils peuvent rapidement couvrir de grandes étendues d'eau.
<i>Glace grise</i>	Jeune glace de 10 à 15 cm d'épais d'ordinaire; elle est moins élastique que le nilas, se brise sous l'effet de la houle et forme habituellement des chevauchements sous la pression.
<i>Sorbet</i>	Stade de la congélation postérieur à celui du frasil et où les cristaux commencent à s'agglutiner pour former en surface une couche épaisse comme de la soupe; à ce stade, la mer réfléchit peu la lumière et prend une apparence mate.

On peut observer plusieurs formes de glaces : glaces de mer, de lac ou de rivière, icebergs et îles de glace. L'eau douce et l'eau salée ne gèlent pas de la même façon et, dans les brèves explications qui suivent, nous nous bornerons à décrire la formation des glaces de mer à partir de l'eau salée.

Dans le processus de congélation, les sels dissous sont importants non seulement parce qu'ils abaissent la température de congélation de l'eau (qui est habituellement de $-1,8^{\circ}\text{C}$ environ pour l'eau de mer à teneur en sel de 35 parties par millier), mais aussi parce qu'ils influent sur la densité de l'eau. Une masse d'eau perd sa chaleur principalement de sa surface au profit de l'air ou de l'eau qui l'entoure. Quand les eaux de surface refroidissent, elles deviennent plus denses et s'enfoncent pour être remplacées par les eaux plus chaudes et moins denses des profondeurs. Le cycle se répète jusqu'à ce que la température de l'eau atteigne son point de congélation. Le processus s'allonge si la quantité de sel dans l'eau augmente et, dans ce cas, la formation de glace sera retardée.

Le premier indice visuel de cette formation est l'apparition de fines aiguilles ou plaquettes de glace dans les premiers centimètres de la couche de surface. On donne le nom de frasil à ces aiguilles, qui prêtent un aspect huileux à la surface de la mer. Avec le refroidissement, les cristaux se soudent pour former ce que l'on appelle un sorbet, qui confère à son tour une apparence mate ou terne à la surface des eaux. C'est ainsi que des couches de nilas ou de glace vitrée en viennent à se former selon le rythme du refroidissement et la salinité des eaux. Le vent et les vagues morcellent fréquemment la glace et les morceaux s'arrondissent bientôt à la faveur de leurs collisions. La glace en crêpes fait son apparition. Ces crêpes seront ensuite soudées par le gel, épaississant peu à peu par le dessous avec le refroidissement et la congélation en profondeur de l'eau de mer.

Le taux de congélation est réglé par l'âpreté et la durée des basses températures de l'air. À -30°C ou -40°C , on peut passer de l'eau libre à de la glace grise en 24 heures, mais la glace qui épaissit isole contre l'air froid et le taux de croissance diminue peu à peu. Même à ces basses températures, il faudrait compter un mois pour que la glace atteigne le stade de la glace mince de première année. La couverture de neige, dont la valeur isolante est environ décuple de celle de la glace de mer, concourt également à abaisser le rythme de croissance.

Quelquefois, la couverture de neige peut être si lourde qu'elle enfonce la glace sous-jacente sous le niveau de la mer. Les couches inférieures de la couverture peuvent alors se saturer d'eau et geler, ajoutant ainsi à l'épaisseur de la glace, phénomène fréquent dans les Grands Lacs et dans le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent.

Au stade initial de la formation des glaces, avec l'apparition de nouveaux cristaux et la croissance de ceux qui existent déjà, la saumure devient prisonnière de petites cellules dans le réseau cristallin de la glace. La quantité ainsi retenue dépend du rythme de formation de la glace, la saumure étant plus abondante si la glace se forme plus rapidement. À croissance lente permet l'écoulement d'une grande partie de la solution salée. La quantité prisonnière joue beaucoup dans la puissance des glaces : plus la teneur en saumure est grande, plus les glaces sont faibles.

Un autre facteur qui influe sur la puissance des glaces est l'âge. Avec l'élévation des températures de l'air et l'approche du point de fusion, la saumure retenue commence à s'écouler et la salinité générale de la couche de glace diminue. Quand les températures retombent au-dessous du point de congélation avant que la glace n'ait entièrement fondu, l'englacement reprendra en faisant naître une glace plus pure et plus forte. C'est pourquoi la glace de plusieurs années sera plus forte que la glace de première année pour une même épaisseur et une même température, important facteur à prendre en considération quand on navigue dans des régions où on peut rencontrer de vieilles glaces.

3.2.5 Mouvement, pression et déformation des glaces

Chenal	Toute fracture ou passage à travers la glace accessible à un navire de surface.
Déformation	Changement de forme qui, dans le cas de la glace, se manifeste habituellement par l'apparition de glace tourmentée ou entassée (en chevauchement).
Floe	Tout fragment de glace relativement plat ayant 20 m ou plus d'extension horizontale.
Glace entassée ou empilée (en chevauchement)	Type de déformation dans lequel les plaques de glace se chevauchent.
Glace hummockée	Glace empilée au hasard, un fragment sur un autre, et formant une surface irrégulière. Quand elle est érodée, cette glace semble faite de monticules arrondis.

<i>Glace tourmentée</i>	Glace empilée au hasard, un fragment sur un autre, et formant des crêtes ou des murs; elle se trouve habituellement dans la glace de première année.
<i>Lisière des glaces</i>	Démarcation, à un moment quelconque, entre l'eau libre et n'importe quelle espèce de glace de mer, de lac ou de rivière, qu'elle soit fixe ou dérivante. Cette lisière peut être serrée ou lâche.
<i>Polynie</i>	Toute ouverture de forme non linéaire dans la glace et qui peut contenir du brash (sarrasins) ou être couverte de nouvelle glace, de nilas ou de jeune glace; les sous-marinières les appellent des claires-voies.

La glace se forme normalement près des côtes d'abord et se développe ensuite vers le large. Une bande de glace plutôt plane s'attache au littoral et s'y immobilise. La progression en mer de la banquise côtière sera limitée par des facteurs susceptibles de fournir des points stables d'ancrage aux glaces. Ainsi, les banquises côtières seront plus fréquentes dans les régions littorales de faible bathymétrie ou semées de nombreuses îles que dans les zones de clivage bathymétrique par rapport à un littoral peu profond. Au-delà de la banquise côtière s'étend la banquise proprement dite, qui se meut librement sous l'effet des vents et des courants.

Une zone de glace nouvellement formée reste rarement inchangée pendant longtemps. Les vents, les courants, les marées et les forces thermiques soumettent les glaces à divers types de déformation. Le vent entraîne généralement les floes sous sa poussée à un rythme qui varie selon sa vitesse, la concentration de la banquise et l'ampleur du phénomène des crêtes ou des autres accidents topographiques. Une règle empirique dont on se sert souvent pour évaluer le mouvement de la banquise dit que les glaces se déplaceront 30° à droite de l'axe du mouvement éolien et à environ 2 % de la vitesse éolienne.

Quand il souffle depuis la haute mer sur des glaces flottantes, le vent a notamment pour effet de tasser les floes et d'ainsi les concentrer davantage le long de la lisière des glaces, accentuant de la sorte la ligne de démarcation entre banquise et eau libre. Quand il souffle des glaces vers la mer, il y aura dispersion des floes à proximité de la lisière, diminution des concentrations et atténuation de la ligne de démarcation banquise-eau. Les glaces de mer étant partiellement submergées, elles bougeront également sous l'effet des marées et des courants superficiels de la mer. Le mouvement net des glaces est donc le produit complexe des forces éoliennes et aquatiques et se prête difficilement, par conséquent, à une prévision.

Les forces thermiques déforment les glaces : quand les températures s'abaissent, la glace prend de l'expansion. Si la température de la glace fléchit de -2°C à -3°C , les glaces d'une salinité de 10 parties par millier prendront 0,3 m pour 120 m de diamètre de floe. À la même température, le taux d'expansion est environ du tiers de cette valeur pour des glaces d'une salinité de 4 parties par millier. À des températures inférieures à -18°C et à -10°C respectivement, des glaces à teneur saline de 10 et de 4 parties par millier cessent de s'étendre et, si les températures tombent encore plus bas, une contraction s'opère. Les valeurs d'expansion et de contraction thermiques peuvent paraître petites, mais elles peuvent déterminer la formation de crêtes de pression dans certaines circonstances.

Les forces atmosphériques et océaniques fournissent plus d'énergie pour la déformation de la banquise. Une glace soumise à la pression des vents ou des courants peut subir des fractures et des ondulations qui en accidenteront la surface. Dans la glace nouvelle ou jeune, un chevauchement des glaces s'ensuit, des couches ayant tendance à se superposer. Dans la glace plus épaisse, la pression fait naître des crêtes et des hummocks. De gros morceaux de glace s'empilent au-dessus de la surface générale de la glace et de grandes quantités de glace s'étagent en profondeur pour que la formation glacée puisse supporter ce surcroît de poids. Règle générale, la profondeur de la partie immergée dépasse trois ou quatre fois la hauteur de la partie émergée.

NOTA : *La profondeur totale de la glace immergée dépasse trois ou quatre fois la hauteur de la glace émergée.*

La pression créée par de forts vents peut être importante et persiste d'ordinaire jusqu'à ce que ces vents s'apaisent ou changent de direction. L'ampleur de la formation de crêtes sous la pression dépend de ce que la limite sous le vent du champ de glaces se trouvait contre la masse terrestre ou une banquise très serrée quand des vents du large se sont levés. Dans un tel cas, les floes d'un champ peuvent se tasser, la concentration peut même atteindre les 10/10 et la pression s'exerce partout.

Les marées peuvent aussi créer de la pression dans un champ de glaces. La pression de marée est d'ordinaire de courte durée, d'une à trois heures, et peut quelquefois, bien qu'elle soit moins forte que la pression éolienne plus longue, mettre un terme à toute navigation. Elle peut être particulièrement importante dans des chenaux resserrés où l'effet de marée s'amplifie et où le mouvement des glaces est restreint.

NOTA : *Les vents du large et les courants de marée peuvent créer de la pression dans des champs de glaces. La pression peut être telle qu'un navire s'en trouve immobilisé.*

Des fissures, des chenaux et des polynies peuvent apparaître avec l'atténuation de la pression glacielle ou un mouvement de traction. Les vents de terre peuvent chasser les glaces de la côte, ouvrir un chenal côtier ou éloigner la banquise de la banquise côtière. Dans certaines régions où les vents de terre dominent en saison glacielle, la navigation locale sera peut-être possible pendant le plus clair de la saison hivernale, mais de brefs épisodes de vent du large peuvent boucher les chenaux et emprisonner les navires.

MISE EN GARDE : **LES NAVIGATEURS QUI EMPRUNTENT DES CHENAUX D'EAU LIBRE SONT PRIÉS D'AGIR AVEC UNE EXTRÊME PRUDENCE. ILS DEVRAIENT ESSAYER DE PRÉVOIR L'EFFET DES VENTS ET DES COURANTS SUR L'ÉVOLUTION POSSIBLE DES CONDITIONS DANS CES PASSAGES RESSERRÉS.**

3.2.6 Ablation des glaces

<i>Ablation</i>	Déperdition ou érosion des glaces flottantes ou des icebergs par la fonte, l'action de l'eau ou l'évaporation.
<i>Banquise lâche</i>	Banquise dont la concentration est de 4/10 à 6/10 et qui abonde en chenaux et en polynies; les floes ne sont généralement pas en contact les uns avec les autres.
<i>Banquise serrée</i>	Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui se compose de floes dont la plupart sont en contact.
<i>Banquise très lâche</i>	Banquise dont la concentration est de 1/10 à 3/10 et où l'eau prédomine sur la glace.
<i>Banquise très serrée</i>	Banquise dont la concentration est de 9/10 à moins de 10/10.
<i>Eau libre</i>	Grande étendue d'eau librement navigable dans laquelle la glace de mer présente des concentrations inférieures à 1/10; aucune glace d'origine terrestre n'est présente.

Une zone peut être dégagée de toute glace par les vents et (ou) les courants ou les glaces peuvent fondre sur place. Quand un champ de glaces est très morcelé (banquise lâche ou concentrations moindres), le vent joue un grand rôle et l'action des vagues qui s'ensuit causera une fonte considérable. S'il s'agit d'une banquise côtière ou que le champ de glaces se compose de très gros floes, la fonte est principalement tributaire du rayonnement incident. Les températures de l'air et de l'eau et certains types de précipitations exercent également une grande influence sur cette fonte.

La couverture nivale des glaces a d'abord pour effet de ralentir l'ablation, car elle réfléchit presque 90 % du rayonnement incident. Toutefois, avec l'élévation des températures au-dessus du point de congélation et le début de la fonte, des mares apparaissent à la surface de la glace qui absorberont près de 60 % du rayonnement, causant un réchauffement de l'eau et hâtant de ce fait leur expansion. La chaleur de l'eau de fonte se transmet à la glace sous-jacente et l'affaiblit. Dans cet état, celle-ci offre peu de résistance à l'action désintégratrice du vent et des vagues. L'apparition de mares d'eau de fonte sur la glace, phénomène habituellement répandu dans l'Arctique canadien, vient accélérer la désintégration et le déglacement.

3.3 ICEBERGS, FRAGMENTS D'ICEBERG ET BOURGUIGNONS

<i>Bourguignon</i>	Bloc de glace plus petit qu'un fragment d'iceberg, souvent transparent, mais paraissant vert ou presque noir; il émerge de moins de 1 m, mesure moins de 5 m de long et normalement environ 20 m ² de superficie.
<i>Fragment d'iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge généralement de 1 à moins de 5 m, qui mesure 5 à moins de 15 m de long et normalement de 100 à 300 m ² de superficie.

- Iceberg*** Importante masse détachée d'un glacier, de forme très variable, émergeant de plus de 5 m et qui peut être flottante ou échouée. Les icebergs peuvent être tabulaires, arrondis, pointus, biseautés, érodés ou en bloc, comme ils peuvent être petits, moyens, gros ou très gros.
- Île de glace*** Grand morceau de glace flottante détaché d'un plateau de glace, qui mesure souvent 40 à 50 m d'épais, se démarque plus en hauteur que les glaces d'eau de mer et présente une ondulation régulière.
- Vêlage*** Séparation par fracture d'une masse de glace qui se détache ainsi d'un mur ou d'une falaise de glace ou encore d'un iceberg.

Les icebergs et les îles de glace se distinguent des glaces de mer en ce qu'ils représentent un extrême danger à l'échelle locale pour le navigateur, plutôt que de poser les problèmes restreints mais répandus qui sont propres aux glaces de mer. Une collision avec de la glace de glacier peut causer de graves avaries.

MISE EN GARDE : LA GLACE DE GLACIER, DES ICEBERGS ET DES ÎLES DE GLACE EST TRÈS DURE. IL FAUT S'EN TENIR LOIN.

3.3.1 Origine et nature

Les icebergs font partie du panorama maritime dans les eaux arctiques, le long de la côte du Labrador et sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. Ils diffèrent des glaces de mer (figure 18), puisqu'ils sont faits de glace d'eau douce d'origine terrestre. Ils se forment quand des fragments de glace de glacier se détachent ou vèlent dans la mer. Un autre type de glace flottante de glacier est issu du vêlage de fragments qui se détachent de plateaux de glace le long du littoral septentrional du Groenland et de l'archipel arctique, et plus particulièrement de l'île Ellesmere. Ces fragments flottants sont ce que l'on appelle des îles de glace. On les trouve habituellement dans l'océan Arctique, la mer de Beaufort et les détroits de l'archipel arctique. Ces îles ont pu occasionnellement gagner l'Est de l'Arctique.

Presque tous les icebergs du littoral est du Canada viennent des glaciers de l'Ouest du Groenland (figure 19). La plupart des glaciers actifs du littoral occidental du Groenland se situent entre le détroit de Smith et la baie de Disko. La baie de Melville, du cap York à Upernavik, est une importante pépinière d'icebergs. On estime en effet que 19 glaciers en activité y produisent tous les ans 10 000 icebergs. Un autre foyer d'importance est la baie du Nord-Est avec les fjords Karrats et Umanak, où 5 000 à 8 000 icebergs se détachent chaque année de 10 grands glaciers. La baie de Disko est également la source d'un petit nombre d'icebergs avec ses deux glaciers.

Il y a vêlage d'icebergs, mais seulement en quantité restreinte, dans quelques glaciers canadiens des îles Baffin, Bylot, Devon, Coburg et Ellesmere (partie méridionale). On estime à environ 150 les icebergs qui essaient tous les ans des glaciers canadiens.

Dans la baie de Baffin, la production annuelle totale est de 25 000 à 30 000 icebergs selon des estimations, et va jusqu'à 40 000 selon d'autres estimations. Plus de 90 % des icebergs viennent des glaciers de l'Ouest du Groenland.

La taille des icebergs en vêlage va des dimensions du bourguignon (près de 20 m² avec élévation de 1 m au-dessus de l'eau) aux masses de 1 km de long et de plus de 200 m de haut. Le rapport partie émergée-partie immergée d'un iceberg est de 1:1 à 1:3 pour les icebergs pointus et de 1:1 à 1:5 pour les icebergs en bloc ou tabulaires aux flancs abrupts. Une étude des icebergs du détroit de Davis nous porte à croire qu'un rapport de 1:4 serait une bonne approximation de la taille des formations glacées qu'on y observe. Si la hauteur d'un iceberg est de 100 m, il serait raisonnable de prévoir un tirant d'eau de 300 à 500 m. À cause de cet important déplacement, même les icebergs plus petits s'échouent fréquemment dans les eaux littorales et dans les hauts-fonds.

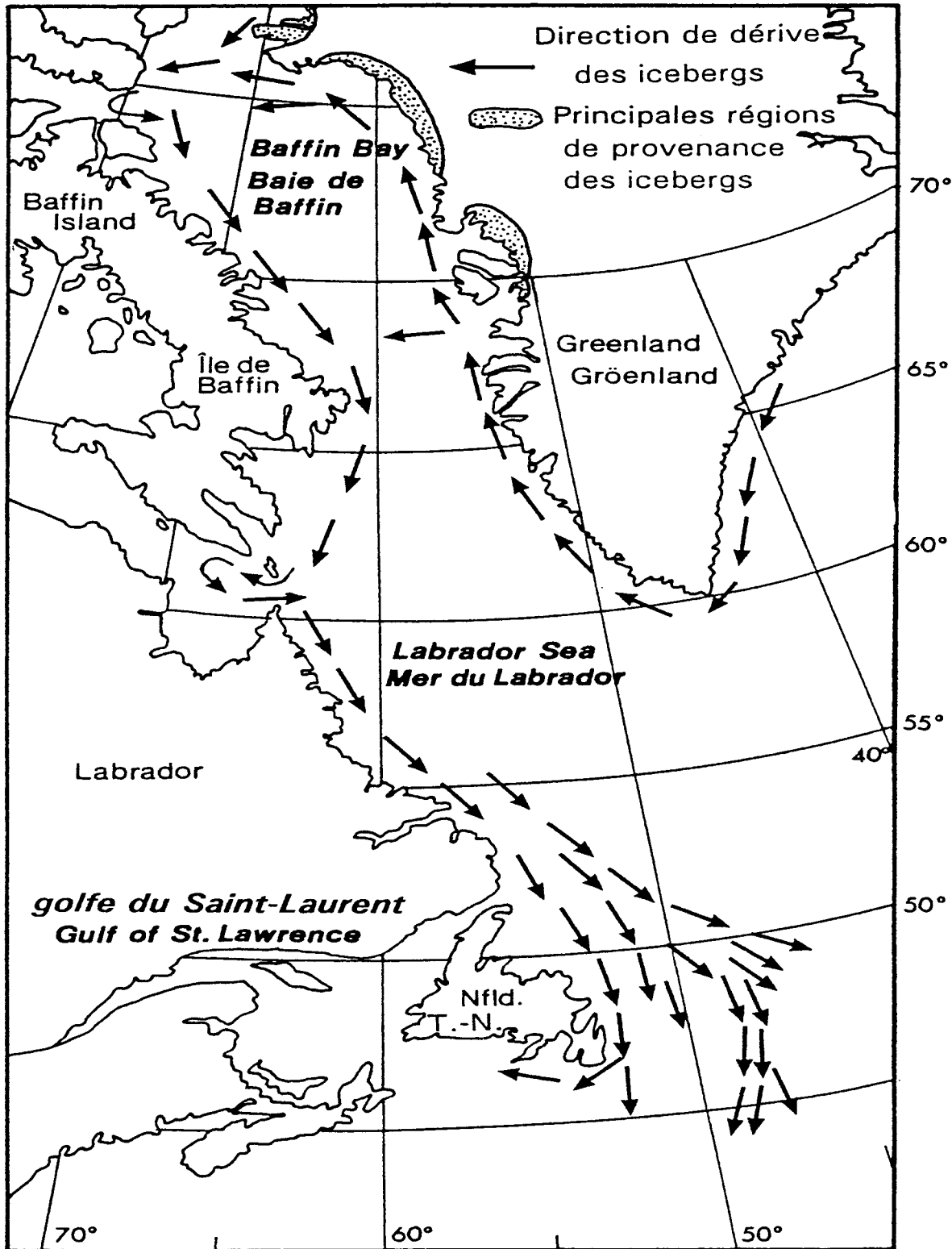
Figure 13 Photo d'un iceberg type



3.3.2 Situation et concentration géographiques

Le tirant d'eau appréciable des icebergs a pour importante conséquence d'assujettir fortement leur dérive à l'influence des courants océaniques et des vents. L'importance relative des vents et des courants dans la dérive des icebergs dépend des superficies et des masses exposées à l'action marine et éolienne et à la puissance relative de ces deux actions. Les icebergs en vêlage de glaciers de l'Ouest du Groenland dérivent habituellement au nord (voir la figure 14) à une vitesse de 3 à 5 milles marins par jour avant d'être portés à l'ouest à travers la partie septentrionale de la baie de Baffin. De là, les courants qui longent le littoral est de l'île Baffin charrient les icebergs au sud vers la mer du Labrador et les Grands Bancs de Terre-Neuve. Le long du Labrador, des vitesses de dérive de 10 milles marins par jour n'ont rien d'inhabituel.

Figure 14 Sources et principales trajectoires des icebergs dans les eaux canadiennes



Si la principale trajectoire de dérive est contraire au mouvement des aiguilles d'une montre dans la baie de Baffin, il n'est pas rare que des icebergs soient déportés à l'ouest à travers la baie de Baffin par des courants plus petits qui irradient du courant de l'Ouest du Groenland. La dérive est rarement directe et les icebergs sont fréquemment emportés par des courants moins puissants vers des baies et des anses. En particulier, beaucoup d'icebergs se retrouvent dans le détroit de Lancaster, se déplaçant vers l'ouest jusqu'au 85° de longitude Ouest. Les icebergs dérivent également au sud vers l'inlet Navy Board et à l'est vers l'inlet Pond. De même, ils vont parfois vers le détroit d'Hudson au sud de l'île Baffin. On a observé des icebergs qui avaient été déportés à l'ouest aussi loin qu'à la hauteur de l'île Big, probablement sous l'effet de puissants courants de marée.

À l'occasion, les icebergs pénètrent dans le golfe du Saint-Laurent et empruntent le détroit de Belle-Isle. Ils sont généralement petits, la bathymétrie du détroit (55 m) venant limiter le tirant d'eau des icebergs qui peuvent gagner ces eaux. La plupart des icebergs qui entrent dans le golfe ont tendance à s'échouer le long de la côte du Québec, à l'est de Harrington Harbour, bien qu'on en ait observé beaucoup plus loin à l'ouest à la hauteur de l'île d'Anticosti et de la baie des Îles le long du littoral occidental de Terre-Neuve. Un nombre considérable d'icebergs peuvent rester échoués dans le détroit de Belle-Isle.

On estime à 2 700 à 3 700 km l'exode d'un iceberg de son lieu de vèlage aux Grands Bancs de Terre-Neuve. Selon les estimations de la vitesse des courants, un iceberg qui a vèlé dans la baie de Melville pourrait effectuer ce parcours en un an, mais comme il est plus probable que notre voyageur ne resterait pas dans le courant principal, nous sommes portés à croire qu'une durée de dérive de deux ou trois ans serait beaucoup plus proche de la réalité.

Les icebergs dérivants s'amenuisent par la fonte et le vèlage de fragments. Ce dernier phénomène est fréquent et, comme une plus grande surface de glace reste exposée à l'eau, la fonte s'en trouve accélérée. La glace fond au-dessus et au-dessous de l'eau. Comme la température de l'eau varie selon la profondeur, il est possible qu'un iceberg fonde près de la surface, mais non pas en profondeur où la température peut être inférieure au seuil (0°C) de fonte de la glace d'eau douce. Avec la fonte superficielle, le centre de carène de l'iceberg peut changer, déstabilisant celui-ci et le faisant rouler. Les icebergs observés au large de Terre-Neuve sont généralement plus dégradés et instables que les icebergs qui se trouvent plus au nord. Il n'est pas rare qu'un iceberg roule même plusieurs fois par jour. Il est donc très important que les navires se tiennent loin des icebergs susceptibles de basculer.

Se fondant sur des études des icebergs en désintégration, le Service international de recherche des glaces (Garde côtière des États-Unis) a établi des approximations simples des temps de détérioration d'icebergs de différentes catégories de taille à différentes températures de l'eau. Le Tableau 7 présente ces valeurs.

Tableau 7 Durée de la dégradation des icebergs de diverses catégories de taille

Température de l'eau de mer en surface (°C)	Durée de la dégradation (jours)		
	Petit iceberg ^a	Iceberg moyen ^b	Gros iceberg ^c
0	15	40	90
2.2	8	16	24
4.4	5	10	15

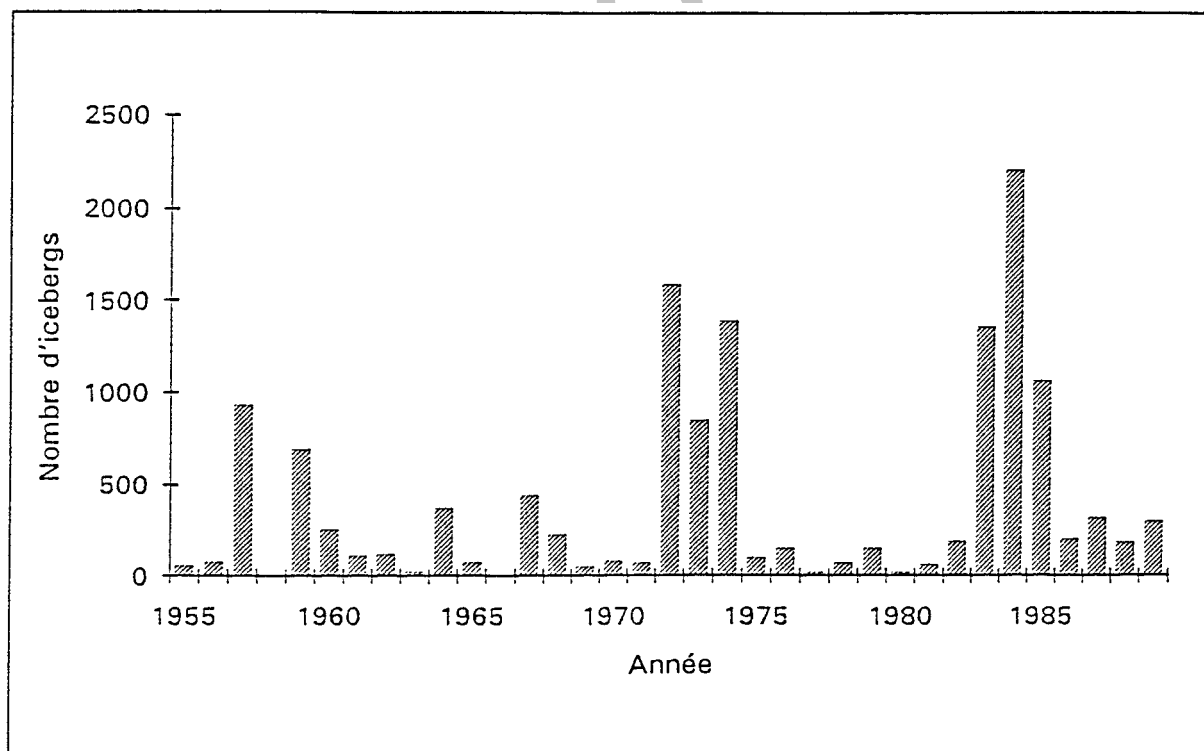
^a **Petit iceberg** : moins de 15 m de haut et de 45 m de long.

^b **Iceberg moyen** : 15 à 30 m de haut et 45 à 90 m long.

^c **Gros iceberg** : plus de 30 m de haut et se 90 m de long.

^d **Dans le cas des icebergs tabulaires**, la hauteur limite présente les variations suivantes : moins de 6 m pour les petites icebergs, de 6 à 15 m pour les moyens et plus de 15 m pour les gros.

Figure 15 Dénombrement annuel des icebergs franchissant le 48° de latitude N



Le rythme de fonte des icebergs est lent dans les eaux arctiques, mais même là il est peu probable que plus de 20 % à 25 % des icebergs détachés des glaciers du Groenland atteignent l'ouest de la baie de Baffin. On estime que la moitié fondent avant de pénétrer dans le détroit de Davis et que 20 % seulement du reste accomplissent toute leur dérive vers les Grands Bancs.

Dans une année moyenne, environ 300 icebergs dérivent au sud du 48° de latitude Nord, mais ce nombre varie considérablement d'année en année. D'après les observations du Service international de recherche des glaces, le nombre total d'icebergs franchissant le 48 °N a oscillé entre 1 587 en 1984 et zéro en 1966. La figure 20 indique la variabilité annuelle de 1955 à 1984.

Les icebergs dérivent toute l'année, mais en hiver lorsqu'ils sont en banquise leur dérive est plus lente. Avec la détérioration de la couverture de glace de mer le long du littoral du Labrador et de l'île Baffin, ils se déplacent plus librement. Une année quelconque, la plupart franchissent le 48° de latitude Nord entre mars et juin. En moyenne, presque les deux tiers ont été observés en avril par le passé.

3.4 CLIMATOLOGIE DES GLACES

<i>Banquise compacte</i>	Banquise dont la concentration est de 10/10 et où on ne peut voir d'eau.
<i>Banquise consolidée</i>	Banquise dont la concentration est de 10/10 et où les floes ont été soudés par le gel.
<i>Floes de batture</i>	Grands floes épais, inégaux et décolorés, mesurant souvent plus de 8 km de longueur, qui se forment en amont des hauts-fonds et des petites îles du fleuve Saint-Laurent lorsque du temps froid précède ou accompagne les marées de mortes eaux.
<i>Fracture</i>	Toute cassure ou rupture dans une banquise très serrée, compacte, consolidée ou côtière ou un simple floe par suite de phénomènes de déformation. Les fractures peuvent contenir du « brash » (sarrasins) ou être recouvertes de nilas ou de jeune glace. Leur longueur va de quelques mètres à un grand nombre de kilomètres.
<i>Quille de glace</i>	Quantité submergée de glace fragmentée sous une crête et qui a été enfoncée par la pression.

Nous décrivons les conditions glacielles régionales dans les pages qui suivent. Nous insistons sur le caractère très général de cette information, le propos de ce manuel n'étant pas d'examiner par le menu l'éventail des conditions possibles.

Le Service canadien des glaces d'Environnement Canada fait paraître tous les ans un Aperçu saisonnier des glaces dans les eaux nordiques canadiennes, publication où on trouve des données d'observation, d'analyse et de prévision des glaces. Le document paraît au début de juin et permet de planifier les déplacements vers l'ensemble des eaux au nord du Labrador.

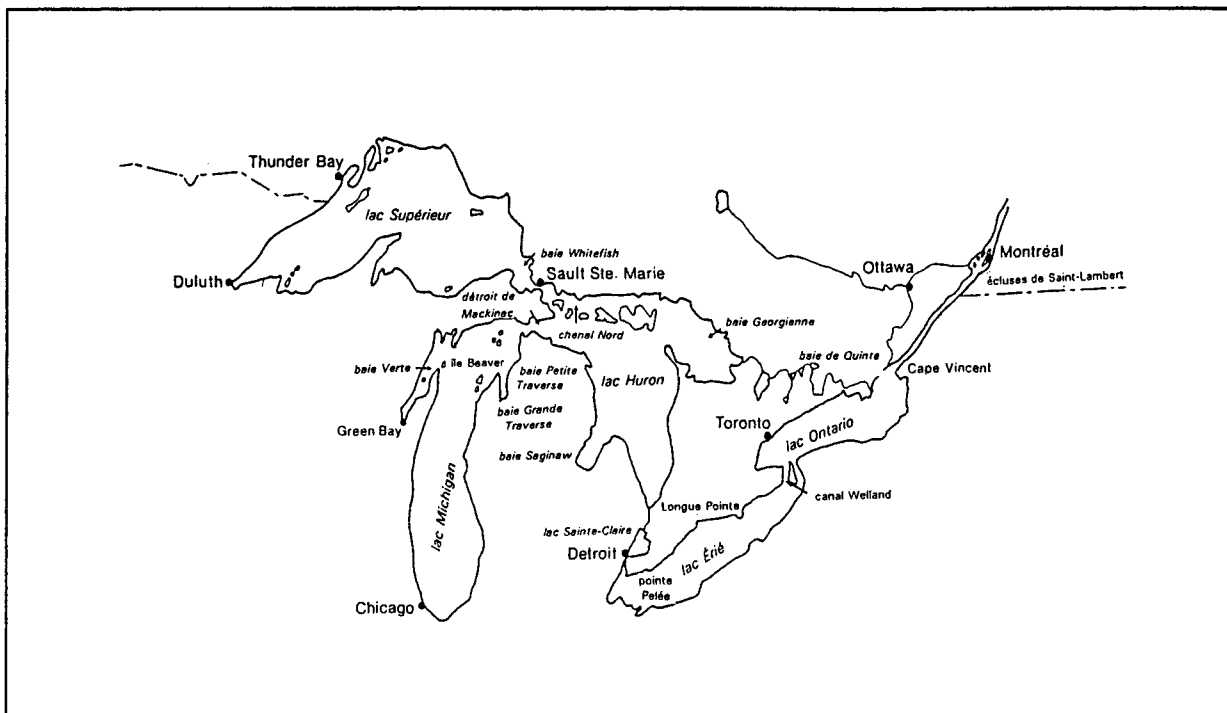
Un même aperçu pour le golfe du Saint-Laurent et les eaux de Terre-Neuve est diffusé au début de décembre. On peut s'y renseigner sur les conditions glacielles hivernales à prévoir en région méridionale.

On met ces deux aperçus à jour deux fois par mois en saison de navigation dans les glaces. Ils renferment des prévisions de l'état des glaces sur trente jours.

3.4.1 Grands Lacs et fleuve Saint-Laurent

Les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent sont une importante région de commerce pour le Canada et les États-Unis et la présence saisonnière d'une couverture de glace dans ces eaux a une incidence marquée sur la navigation commerciale. La Figure 21 présente les repères toponymiques des cinq Grands Lacs. Les figures 3a et 3b font de même pour le fleuve Saint-Laurent.

Figure 16 Grands Lacs



La glace commence à se former à des dates variables dans la région. D'autres caractéristiques de la couverture de glace accusent une même variabilité. Le Tableau 8 compare les valeurs de variation de la couverture dans chacun des Grands Lacs et au lac Sainte-Claire par quinzaine pendant toute la saison glacielle. En plus de dégager les différences entre les lacs, les données sur les valeurs normales, minimales et maximales nous font voir la variabilité d'année en année. Pour plus de clarté, nous traitons séparément des conditions glacielles propres à chacun des lacs et au fleuve Saint-Laurent.

Lac Supérieur

Au lac Supérieur, la glace commence habituellement à se former vers la fin de novembre ou au début de décembre. Elle apparaît d'abord dans les baies et les ports le long du littoral septentrional, dans la région occidentale et dans les eaux peu profondes de la baie Whitefish. Pendant tout janvier, l'englacement se poursuit et la glace épaisit dans les enfoncements du pourtour du lac, mais la couverture progresse peu avant les premiers jours de février vers le centre du plan d'eau. Pendant la première quinzaine de février, la glace apparaît dans le bassin occidental du lac et normalement la partie médiane du bassin oriental offre les premiers signes d'une couverture étendue pendant les deux dernières semaines de ce mois. La couverture atteint un maximum au début de mars, époque où la banquise côtière plane mesure de 45 à 85 cm d'épais.

La fonte débute d'ordinaire à la mi-mars et, au milieu du mois suivant, seul un dixième de la superficie du plan d'eau reste couvert de glace. La partie orientale demeure généralement dégagée tout au long de la saison hivernale.

L'hiver mais surtout vers la fin de mars et au début d'avril, l'action du vent joue un grand rôle dans le rétrécissement de la couverture. L'action éolienne est double. Elle tasse les glaces le long des rivages exposés au vent et mêle les eaux verticalement, ce qui amène de l'eau plus chaude à la surface, d'où une fonte de la glace. Ces effets conjugués déterminent l'apparition de chenaux d'eau libre le long des parties du lac sous le vent et, en même temps, le chevauchement de glaces le long des parties au vent. Les zones soumises à l'action éolienne peuvent être considérablement déformées. On peut observer des zones de glaces tourmentées, entassées (en chevauchement) ou hummockées dont l'épaisseur peut atteindre 8°m.

MISE EN GARDE : LES GLACES DÉRIVANT SOUS L'EFFET DE VENTS PUISSANTS DÉRÈGENT VRAIMENT LE TRAFIC SUR LES ROUTES DE NAVIGATION DE LA BAIE WHITEFISH ET À L'ENTRÉE DES PORTS DU LAC SUPÉRIEUR.

Lac Michigan

Au lac Michigan, les premières zones de formation de glace sont les échancrures septentrionales de la baie Verte, où le phénomène s'observe normalement pendant la dernière quinzaine de décembre. La glace apparaît ensuite dans le détroit de Mackinac et les eaux peu profondes qui séparent ces eaux de l'île Beaver. Pendant tout janvier et au début de février, une couverture commence à s'établir en eau peu profonde sur le pourtour du lac. Elle voit d'abord le jour dans la région septentrionale pour ensuite gagner progressivement le sud. Elle prend d'ordinaire ses proportions maximales au début de mars. Le Tableau 8 indique que le lac Michigan porte normalement une couverture de 5/10 pendant la dernière quinzaine de février. Comme des températures supérieures au point de congélation envahissent peu à peu le nord en mars, la glace cesse de se former. C'est ce qu'on constate d'abord dans les deux tiers méridionaux de la superficie lacustre au milieu du mois et dans le tiers septentrional à la fin de mars. Les glaces subsistent le plus longtemps (jusqu'à la mi-avril) dans la baie Verte, ainsi que dans la partie nord-est du plan d'eau entre le détroit de Mackinac et l'île Beaver.

Tableau 8 Concentration des glaces par quinzaine dans les Grands Lacs et au lac Sainte-Claire

Période	Concentration des glaces (dixièmes)					
	Supérieur	Michigan	Huron	Sainte-Claire	Érié	Ontario
16-31 déc.						
Maximum	2	ND ^a	5	9+	6	2
Minimum	0	ND	TR ^b	TR	0	0
Normale	TR	ND	TR	6	TR	TR
1 ^{er} -15 janv.						
Maximum	6	4	8	9+	10	3
Minimum	TR	TR	TR	TR	0	1
Normale	TR	2	3	9	4	TR
16-31 janv.						
Maximum	9	7	9+	10	10	5
Minimum	TR	TR	TR	TR	0	0
Normale	1	2	3	9	7	TR
1 ^{er} -14 févr.						
Maximum	9+	8	9+	10	10	8
Minimum	TR	TR	1	TR	TR	TR
Normale	4	2	6	9	9	2
15-28 févr.						
Maximum	10	9	9+	10	10	9
Minimum	TR	1	1	TR	TR	TR
Normale	8	5	7	9	9	2
1 ^{er} -15 mars						
Maximum	10	8	9+	10	9+	5
Minimum	TR	TR	TR	0	0	TR
Normale	7	3	5	7	6	1
16-31 mars						
Maximum	9+	6	9+	9+	9+	3
Minimum	TR	0	TR	0	0	0
Normale	5	2	4	1	3	TR
1 ^{er} -15 avril						
Maximum	9+	3	9	8	8	2
Minimum	TR	0	TR	0	0	0
Normale	1	TR	2	0	1	TR
16-30 avril						
Maximum	8	ND	4	2	2	0
Minimum	TR	ND	TR	0	0	0
Normale	TR	ND	TR	0	TR	0

a ND : données insuffisantes pour le calcul du pourcentage d'englacement de la superficie du lac.

b TR : trace ou quantité infime de glace, soit moins de 1/10.

Lac Huron et baie Georgienne

Le lac Huron a une même orientation nord-sud que le lac Michigan et la couverture de glace s'y développe de la même manière, bien que des différences moins marquées de température entre nord et sud modèrent quelque peu ce mouvement.

La glace commence à se former dans le chenal Nord et le long du littoral est de la baie Georgienne pendant la deuxième semaine de décembre. Un peu de glace apparaît aussi à ce moment-là dans la baie Saginaw. Pendant tout janvier, la couverture s'avance au large et, au début de février, seule la partie centrale du lac Huron reste dégagée. La couverture prend ses proportions maximales pendant la dernière quinzaine de février, époque où le chenal Nord et la baie Saginaw portent une couverture consolidée et où la baie Georgienne est entièrement recouverte de glace. Pendant une année normale, le lac Huron est englacé aux six dixièmes environ, mais par un hiver froid, l'englacement peut atteindre les 9+/10 et même devenir complet. Les vents dominants déforment considérablement les glaces, qui deviennent tourmentées, entassées (en chevauchement) ou hummockées, notamment dans la partie sud-est du lac.

En mars, la couverture commence à se désintégrer et à rétrécir. Les glaces persistent dans la partie septentrionale du lac et dans la baie Georgienne, mais à la fin d'avril, les deux plans d'eau conservent un englacement de moins de 1/10. La baie Georgienne se dégage au début de mai.

Lac Érié et lac Sainte-Claire

Les eaux du lac Érié sont relativement peu profondes et les températures de l'eau y réagissent assez rapidement à l'évolution des conditions atmosphériques. On peut voir au Tableau 8 que de tous les Grands Lacs, c'est le lac Érié avec le lac Sainte-Claire qui a la plus grande couverture de glace en décembre. On constate également que cette couverture prend ses dimensions maximales plus tôt en saison hivernale et qu'un déglacement complet s'opère quelque peu plus tôt au printemps que dans les autres lacs.

La glace commence normalement à se former pendant la troisième semaine de décembre à l'extrémité occidentale du lac Érié, dans la baie de Longue Pointe et le long de la rive occidentale du lac Sainte-Claire. On observe habituellement une banquise consolidée dans ce dernier lac depuis la mi-février jusqu'en mars, et l'épaisseur des glaces y varie l'hiver entre 15 et 70 cm.

Vers la fin de décembre et au début de janvier, la glace est en croissance rapide ailleurs. Pendant la première quinzaine de janvier, la partie ouest du lac Érié est normalement englacée sur les 9/10 de sa superficie. C'est l'époque où la glace s'étend largement sur le bassin central entre la pointe Pelée et Longue Pointe, alors que le bassin oriental reste en grande partie dégagé. À la fin de février, une couverture s'y est établie là aussi. Elle prend ses proportions maximales au début de février. On peut constater une variabilité considérable de la couverture maximum d'une année à l'autre. La couverture maximum normale est d'environ 9/10, mais dans un hiver clément, elle peut n'être que de 3/10.

En temps normal, la débâcle débute les premiers jours de mars. Les vents d'ouest dominants dégagent la rive ouest et nord d'abord et l'eau libre gagne progressivement l'est et le sud. À la fin de mars, le lac Érié et le lac Sainte-Claire sont en majeure partie dégagés, bien que de la glace puisse persister jusqu'en avril à l'extrémité orientale du lac Érié. Ces vestiges sont souvent le

produit d'une action éolienne considérable, qui fait naître des conditions de chevauchement glaciaire fort préjudiciables à la navigation au printemps et qui perdurent parfois jusqu'au début de mai.

Lac Ontario

Le lac Ontario est le deuxième en importance des cinq Grands Lacs pour la profondeur de ses eaux et le dernier pour la superficie. L'important rapport entre volume et surface fait de ce lac un vaste réservoir thermique, et c'est pourquoi celui-ci le cède aux autres Grands Lacs pour la superficie d'englacement.

La glace commence normalement à se former dans la baie de Quinte pendant la première semaine de décembre et dans les baies et les ports de l'extrémité occidentale du plan d'eau pendant la dernière quinzaine de ce mois. La glace n'apparaît habituellement pas à l'extrémité orientale et au débouché du fleuve Saint-Laurent avant la première quinzaine de janvier. La couverture prend d'ordinaire ses proportions maximales au début de mars, époque où les glaces se situent en majeure partie dans la partie est du plan d'eau. La couverture maximum normale est d'environ 3/10, mais quand les conditions hivernales sont rudes, elle peut approcher des 9+/10, phénomène rare que l'on a observé trois fois seulement depuis 100 ans.

Le déglacement est rapide et, à la fin de mars, on ne voit plus de glace qu'à l'extrémité orientale du lac, qui en général se dégage entièrement au début d'avril.

Fleuve Saint-Laurent

Le fleuve Saint-Laurent roule ses eaux de l'extrémité est du lac Ontario à la rivière Saguenay où il devient le golfe du même nom (figures 1 et 2). La glace commence à se former pendant la première quinzaine de décembre entre Montréal et Québec. Les vents et les courants fluviaux causent ensemble l'extension de la nouvelle glace le long de la rive sud du cours d'eau. À la fin de décembre, la moitié sud de l'estuaire, à l'ouest d'une ligne joignant Pointe-des-Monts à Marsoui, est englacée. En temps normal, la glace apparaît sur le reste du fleuve au début de janvier. On trouve des zones particulièrement étendues de banquise côtière dans le lac Saint-Pierre, dans les eaux entre ce lac et Montréal où les îles ancrent la couverture, et dans les chenaux non navigables entre Montréal et Sorel.

L'hiver durant, la dérive des glaces se poursuit en amont de Québec. L'intervention de brise-glace la soutient. En raison de ce constant mouvement, il y a rarement formation de floes de grande taille, et on peut naviguer à l'année entre Québec et Montréal. Les vents dominants du nord-ouest ont tendance à rabattre les glaces dérivantes sur la rive sud, allégeant les concentrations le long de la rive nord ou dégageant tout à fait ces eaux littorales.

Les courants de marée peuvent modifier le tableau et le flux crée des bouchons de glace dans les zones étroites du chenal de navigation. Le reflux peut engorger le port de Québec entre Lauzon et l'extrémité ouest de l'île d'Orléans quand des floes détachés de la banquise côtière font obstacle à la dérive normale des glaces à proximité du port.

Les floes de batture sont de gros floes épais, inégaux et décolorés pouvant atteindre en étendue 8 km et plus. Ils se forment dans les eaux peu profondes tout au long du fleuve. Ils se composent de glaces de diverses épaisseurs agglomérées par la pression pendant le reflux, la masse ainsi formée

se soudant par le gel et gagnant progressivement en taille avec la succession des marées. Lorsque l'amplitude augmente entre mortes eaux et vives eaux, de grands pans des glaces échouées se détachent et dérivent en aval. Ils constituent un formidable danger pour la navigation et les capitaines sont priés de s'en tenir loin s'ils le peuvent. Les floes de batture sont faciles à reconnaître, puisque la glace est décolorée et qu'elle porte beaucoup plus haut au-dessus de l'eau que la glace environnante.

MISE EN GARDE : LES FLOES DE BATTURE CONSTITUENT UN GRAND DANGER POUR LA NAVIGATION SUR TOUT LE COURS DU FLEUVE SAINT-LAURENT. LES NAVIRES DEVRAIENT ÉVITER DE S'Y FROTTER S'ILS LE PEUVENT.

Dans le port de Montréal, les aménagements de contrôle des glaces et les rapides de Lachine ont pour effets conjugués de maintenir la dispersion des glaces l'hiver durant. En amont de Montréal jusqu'au lac Ontario, la saison de navigation est réglementée et contrôlée par l'Administration de la voie maritime du Saint-Laurent.

Le déglacement commence d'ordinaire sur le fleuve vers la mi-mars dans les zones sous le vent et les régions où la glace est plus mince. Le fleuve est normalement libre de toute glace à la première semaine d'avril.

3.4.2 Golfe du Saint-Laurent

Une vallée sous-marine connue sous le nom de chenal laurentien s'étend en direction nord-ouest depuis le détroit de Cabot vers le centre du golfe du Saint-Laurent et le détroit de Gaspé et en direction ouest vers la rivière Saguenay. Les courbes bathymétriques aux 200 m de la figure 14 font voir l'orientation du chenal, dont les fonds varient entre 275 et 450 m. Ce chenal profond se prolonge dans la partie nord-est du golfe et gagne le détroit de Jacques-Cartier entre la côte québécoise et l'île d'Anticosti où les sondages sont de 175 à 275 m. Dans la partie sud-ouest du golfe, l'eau est beaucoup moins profonde avec des valeurs de 50 à 75 m. Dans le détroit de Belle-Isle, les fonds sont à une cinquantaine de mètres.

Régimes et périodes d'englacement

Le Tableau 9 résume les dates médianes de formation des glaces dans certaines stations du golfe du Saint-Laurent.

Tableau 9 Dates médianes de formation et de dégageement des glaces dans des stations du golfe du Saint-Laurent

Station	Lieu	Semaine moyenne de formation	Semaine moyenne de dégageement
Cornerbrook	Terre-Neuve	26 nov. - 2 déc.	9 avril - 15 avril
Summerside	Île-du-Prince-Édouard	19 nov. - 25 nov.	23 avril - 29 avril
Caraquet	Nouveau-Brunswick	3 déc. - 9 déc.	30 avril - 6 mai
Harrington Harbour	Québec	17 déc. - 23 déc.	23 avril - 29 avril

La glace commence généralement à se former au début de décembre sur le cours inférieur du Saint-Laurent et dans les eaux peu profondes où baigne le littoral du Nouveau-Brunswick, mais les conditions glacielles représentent rarement un danger persistant pour la navigation dans le golfe avant le début de janvier. À la mi-décembre, la glace apparaît dans le détroit de Northumberland, qui est entièrement englacé à la fin du mois. Dans le détroit de Belle-Isle, les glaces voient le jour vers la fin de décembre ou au début de janvier.

La glace qui se forme tôt sur le fleuve est emportée au large et, à la fin de décembre, la moitié sud de l'estuaire, de Pointe-des-Monts vers l'est, porte une couverture de glace. Au le début de janvier, on peut observer de la nouvelle glace le long de la rive nord du golfe. Cette glace continue à progresser vers le sud et l'est pendant que la glace apparue dans l'estuaire dérive à l'est par le détroit de Gaspé. Règle générale, la région occidentale du golfe, du cap Nord dans l'île du Cap-Breton à l'extrémité méridionale de l'île d'Anticosti, est recouverte de glace à la fin de janvier, époque où la partie septentrionale est aussi en majeure partie englacée, tout comme les eaux au large du littoral nord-ouest de Terre-Neuve du détroit de Belle-Isle à Daniels Harbour.

La couverture continue à croître pendant tout février, la majeure partie du golfe se trouvant englacée à la fin du mois. Elle épaissit pendant ce temps, atteignant son épaisseur maximum à la mi-mars. Dans les ports et les baies abrités, la glace plane devient épaisse de 45 à 85 cm pendant un hiver normal. En comparaison, la banquise plane au large est quelque peu plus mince, prenant une épaisseur de 40 à 60 cm.

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

Dans le golfe, la banquise côtière ne s'éloigne pas beaucoup de la côte la plupart du temps à cause des grandes profondeurs du chenal, mais elle occupe un vaste territoire dans la partie méridionale de la baie des Chaleurs, dans la région de Sept-Îles, le long des îles de la rive nord à proximité de Mingan, du cap Whittle à Blanc-Sablon, ainsi que dans la baie des Îles, le long du littoral ouest de Terre-Neuve.

Ailleurs dans le golfe, les glaces restent mobiles pendant toute la saison hivernale.

Zones de pression et de déformation des glaces

La mobilité des glaces dans une grande partie du golfe leur permet de réagir aux vents et aux courants et des zones de pression glacielle peuvent apparaître tout comme des chenaux d'eau libre. À son tour, la pression peut venir déformer les glaces et créer des zones de glace entassée (en chevauchement ou tourmentée). Dans le golfe, la hauteur des crêtes dépasse rarement 2 m et demeure le plus souvent inférieure à 1 m.

Fréquemment, un chenal d'eau libre persistera le long du littoral sud-ouest de Terre-Neuve, du cap Ray au cap Saint-Georges et à la baie des Îles. Toutefois, dans des conditions extrêmes de pression glacielle, cette zone et d'autres rivages au vent s'exposent à une déformation considérable des glaces avec un empilement des floes atteignant des hauteurs de 10 à 13 m. Des empilements semblables peuvent se produire le long de la côte est de l'île du Cap-Breton quand des coups de vent du nord-est poussent les glaces du détroit de Cabot vers Sydney.

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

Quand les températures de l'air s'élèvent, le déglacement commence habituellement vers la mi-mars dans les zones sous le vent et les régions où la glace est plus mince. La principale route de navigation à travers les eaux profondes du golfe se dégage normalement la première, d'ordinaire au début d'avril. Les glaces des eaux moins profondes entre le Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard et l'île du Cap-Breton se désintègrent plus lentement et le déglacement n'est pas complet avant la troisième semaine de mai. De même, le déglacement est retardé dans le bras nord-est du golfe, progressant du centre du plan d'eau vers le détroit de Belle-Isle à la fin de mai. Les glaces de mer disparaissent au printemps, mais les icebergs en dérive méridionale par le détroit de Belle-Isle peuvent perdurer assez loin en saison estivale dans les régions les plus septentrionales du golfe.

Conditions glacielles normales et extrêmes

L'étendue de la couverture de glace peut varier considérablement d'année en année dans le golfe. Quand l'hiver est doux, très peu de glace apparaît dans la région. Ainsi, pendant l'hiver 1957-1958, les seules glaces qui se soient formées se trouvaient à proximité de l'Île-du-Prince-Édouard, le long du littoral du Nouveau-Brunswick et dans le fleuve Saint-Laurent. De même, en 1968-1969, un chenal d'eau libre s'est maintenu pendant toute la saison hivernale. En revanche, par un hiver particulièrement froid, la glace peut commencer à se former dès la mi-novembre, et un englacement complet du golfe peut être constaté dès la fin de janvier. Les glaces s'attardent bien après le début de l'été. Le phénomène s'est produit en 1974, année où on pouvait encore observer à la mi-juillet des glaces de mer dans le bras nord-est entre le Québec et Terre-Neuve.

Toute la glace qui se forme dans le golfe du Saint-Laurent fond pendant l'été, et on peut donc parler dans ce cas de glace de première année ou de glace plus jeune. À de rares occasions, de vieux floes peuvent toutefois pénétrer dans le détroit de Belle-Isle et se retrouvent même très loin à l'ouest à la hauteur du cap Whittle en avril et en mai.

3.4.3 Eaux de l'est de Terre-Neuve et de la mer du Labrador

Comme on peut le voir à la figure 11, les eaux de l'est de Terre-Neuve et de la mer du Labrador s'étendent en mer jusqu'à l'extrémité orientale du plateau continental et consistent en une série de bancs que séparent des dépressions relativement profondes. Dans les Grands Bancs au large de Terre-Neuve, les valeurs bathymétriques varient entre 50 et 90 m. La profondeur des eaux des sept bancs échelonnés le long de la côte du Labrador est quelque peu plus grande, oscillant entre 60 et 190 m. Dans les dépressions et au large du littoral nord-est de Terre-Neuve, les eaux sont beaucoup plus profondes et atteignent les 350 m.

Régimes et périodes d'englacement

La présence de glaces au large de Terre-Neuve et du Labrador est saisonnière, la durée de la saison glacielle variant selon la latitude. Le Tableau 10 indique la fourchette des dates moyennes de formation et de dégageement des glaces dans certaines stations de la côte est de Terre-Neuve.

Tableau 10 Dates de formation et de dégageement des glaces au Labrador et à Terre-Neuve

Station	Lieu	Semaine moyenne de formation	Semaine moyenne de dégageement
Hopedale	Labrador	26 nov. - 2 déc.	18 juin - 24 juin
Cartwright	Labrador	26 nov. - 2 déc.	11 juin - 17 juin
Botwood	Terre-Neuve	10 déc. - 16 déc.	23 avril - 29 avril

La glace commence à se former dans les baies et les anses du littoral septentrional du Labrador dans les deux dernières semaines de novembre. Avec la chute des températures de l'air, la nouvelle glace s'étend rapidement au sud et on relève des indices d'apparition de glace dans le détroit de Belle-Isle à la fin de décembre. En même temps que se forme la glace en zone littorale, l'englacement gagne la mer. La glace nouvellement formée dérive au sud, largement sous l'effet des vents et du courant du Labrador. À la fin de décembre, la lisière méridionale des glaces s'étend normalement du détroit de Belle-Isle au large à environ 50 km du 55° de latitude Nord. Plus au nord, la banquise s'élargit à près de 140 km et la lisière orientale court parallèlement à la côte du Labrador jusqu'au cap Chidley.

Pendant tout janvier, la glace continue à croître dans le sud du Labrador et à dériver au sud vers Terre-Neuve. À la fin du mois, elle a habituellement progressé en direction sud jusqu'à la région septentrionale de la baie Notre-Dame. La plupart des années, cette extension se poursuit en février et les glaces dépassent le cap Fréhel et souvent le cap Bonavista. Les glaces gagnent même au sud le point 48°N, 50°O à la fin de mars, mais le phénomène peut accuser des variations considérables selon la rudesse de l'hiver et les vents dominants. Les vents du sud et du sud-est font naître des chenaux côtiers et une banquise lâche, tandis que les vents du nord et du nord-est ont tendance à tasser les glaces le long du littoral de Terre-Neuve.

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

Une banquise côtière se forme dans les nombreuses baies et anses qui dentellent la côte du Labrador et s'étend en mer à mesure que progresse la saison hivernale. On peut observer de vastes étendues de banquise côtière entre le 55° et le 58° de latitude Nord. Les eaux plus profondes au large des côtes empêchent tout ancrage des glaces, créant une zone de cisaillement grossièrement parallèle au rivage et qui détermine l'interaction de la banquise côtière et des glaces mobiles.

Le long du littoral de Terre-Neuve, la banquise côtière est principalement confinée à la partie méridionale de la baie Notre-Dame et aux eaux qui séparent l'île Fogo de la baie Verte. On peut aussi l'observer à l'extrémité sud de la baie Blanche et dans les baies et les havres qui échancrent la péninsule septentrionale.

En général, la dérive des glaces le long de la côte du Labrador est en direction sud parallèlement au littoral et s'établit en moyenne à 10 à 15 km par jour. Les variations de vitesse et de direction des vents peuvent changer la vitesse de dérive et l'interrompre entièrement à l'occasion pour de courtes périodes. Dans la banquise (glaces mobiles), la composition varie en épaisseur et en taille de floes.

Les glaces de mer qui longent la côte du Labrador sont des glaces de première année ou plus jeunes, et on signale occasionnellement de petites concentrations de vieille glace, ainsi que des icebergs dans toutes les saisons.

La banquise côtière croît dans les ports et les baies abrités pour atteindre de 80 à 120 cm dans un hiver normal. Au large, la banquise plane peut mesurer jusqu'à 150 cm d'épais. On a relevé des épaisseurs de jusqu'à 210 cm pour les vieilles glaces que l'on a parfois eu l'occasion d'observer. Plus au sud de Terre-Neuve, les épaisseurs ont tendance à diminuer. La banquise côtière prend généralement une épaisseur de 60 à 90 cm, contre des valeurs de 90 à 120 cm pour la banquise plane. Le chevauchement et la formation de crêtes ont une influence considérable sur l'épaisseur de la banquise. On a occasionnellement découvert des crêtes de plus de 2 m, surtout près de la lisière des glaces où l'interaction des floes est marquée.

Le long de la côte du Labrador, les variations de taille des floes ont à voir avec la distance qui les sépare de la lisière. Près de cette dernière, les vagues et la houle de la haute mer créent une interaction considérable des floes. Les collisions fréquentes sont une source d'abrasion et de morcellement des floes. L'énergie des vagues et de la houle diminue avec l'éloignement dans la banquise, d'où une interaction moins dynamique et un maintien de la taille des floes.

NOTA : *On peut aussi trouver des icebergs dans la banquise, ce qui représente un formidable danger pour la navigation le long de la côte du Labrador. Les icebergs sont peut-être plus fréquents au printemps et à l'été, mais il importe de les surveiller en tout temps.*

Zones de pression et de déformation des glaces

La banquise côtière reste relativement stable pendant la saison hivernale, mais la banquise (glaces mobiles) se déplace sous l'effet des vents et des courants océaniques. Dans la mer du Labrador, on trouve souvent un chenal entre la banquise côtière et la banquise au large quand les vents d'ouest

dominant. Au même moment, la lisière extérieure de la banquise sera généralement lâche avec une abondance de cordons, de ceintures et de bancs de glace. En revanche, les vents d'est ou de nord-est auront tendance à tasser les glaces, créant une lisière extérieure bien définie, refermant les chenaux entre la banquise côtière et les glaces mobiles et élevant les concentrations de glace. Dans ces conditions, la déformation peut être marquée et des zones de glace entassée (en chevauchement) ou tourmentée peuvent apparaître. Il est fréquent que l'empilement des floes accroisse les épaisseurs. Des crêtes de 3 à 5 m n'ont rien de vraiment inhabituel en pareil cas, bien qu'on relève plus souvent des valeurs de 1 à 2 m. Comme règle empirique, disons que la profondeur des quilles de glace dépasse trois fois la hauteur des crêtes correspondantes.

NOTA : *Une crête d'une hauteur de 2 m s'accompagnera normalement d'une quille d'environ 6 m.*

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

Au large du Labrador, la banquise continue à gagner en profondeur et en superficie, atteignant sa limite maximum normale en avril. Toutefois, dès les derniers jours de mars, les glaces au large de Terre-Neuve commencent à se dégrader et la lisière à reculer lentement vers le nord. La figure 17 indique les positions moyennes de la lisière des glaces le long du littoral du Labrador et de Terre-Neuve pour les mois de janvier, avril et juillet. On peut y voir la progression et la régression saisonnières de la couverture de glace, tout comme la superficie générale de cette couverture.

À la fin de mars, la banquise a habituellement reculé jusqu'au 49° de latitude Nord, s'étendant vers le large depuis le cap Fréhel. Avec l'élévation printanière des températures, la glace commence à fondre et le rythme de régression de la banquise s'accroît. Vers la fin de mai, les glaces au large du centre du Labrador se mettent à se désintégrer et, à la mi-juin, celles de l'extrémité septentrionale sont aussi en désintégration. Le long du littoral labradorien, la disparition de la banquise est progressive, la lisière méridionale régressant au nord et, au même moment, la lisière orientale se rétractant vers la côte. Au début de juin, la lisière sud quitte le détroit de Belle-Isle et, à la fin du mois, elle est au nord des abords de la baie Hamilton. Avec la dégradation de la couverture, sa composition change, passant d'un état relativement compact à une multiplication des cordons et des bancs de glace, notamment près de la lisière. Dans ces cordons et bancs, les concentrations peuvent varier entre 4/10 et 6/10. À la mi-juillet, la lisière approche de Nain et, à la fin du mois, du cap Chidley, où cordons et bancs survivront jusqu'à la première semaine d'août.

Conditions glacielles normales et extrêmes

Le long du littoral du Labrador et de Terre-Neuve, les glaces sont surtout de première année ou plus jeunes, puisqu'elles apparaissent et disparaissent la même année. Des fragments de vieille glace peuvent y dériver à l'occasion depuis les détroits d'Hudson et de Davis et la baie de Baffin. Les quantités observées seront petites, mais même une rare formation de vieille glace peut représenter une sérieuse menace pour la navigation, d'où la nécessité de rester vigilant pour les éviter.

Figure 17 Position de la lisière des glaces au large du littoral est du Canada en janvier, avril et juillet

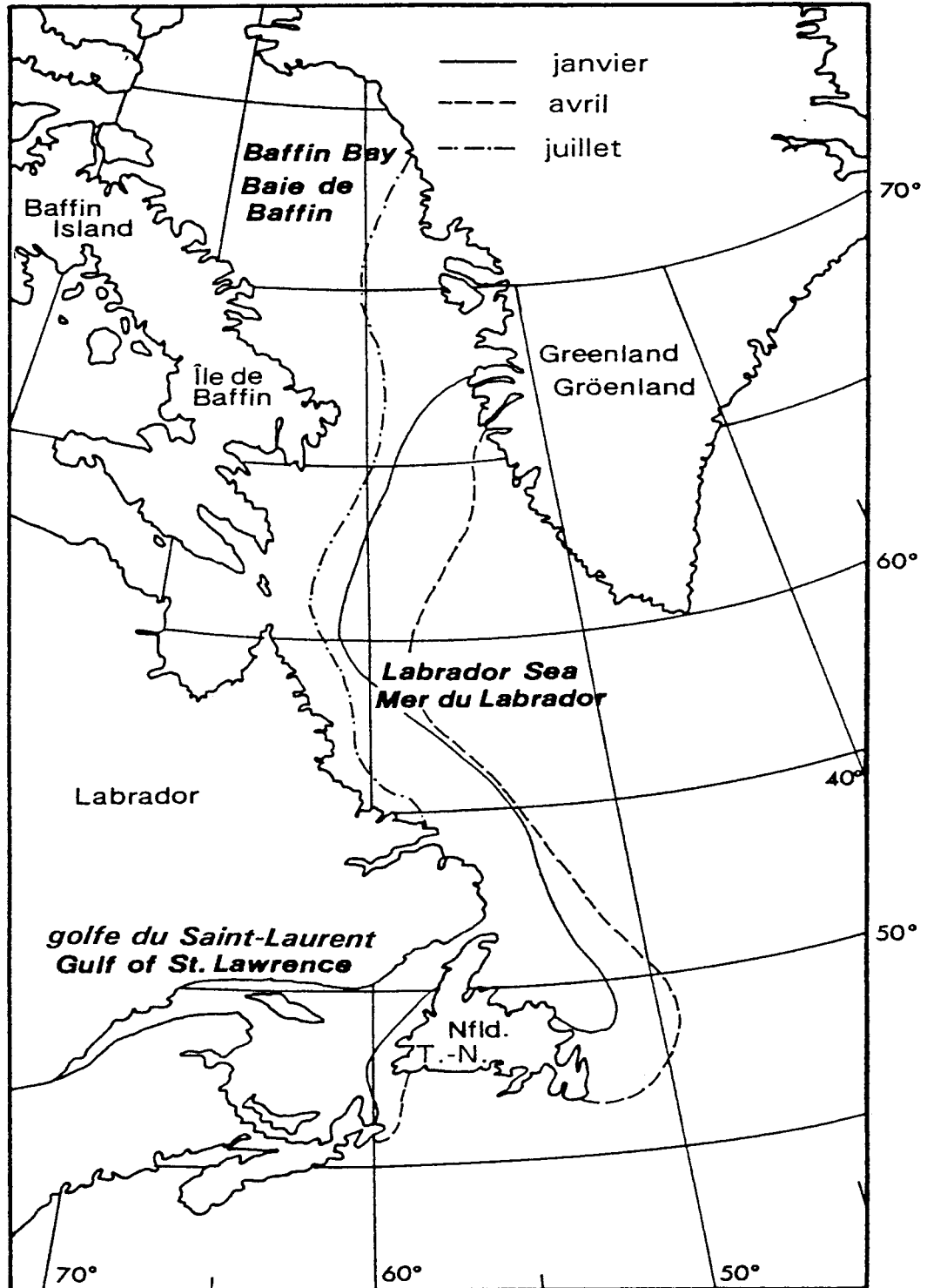
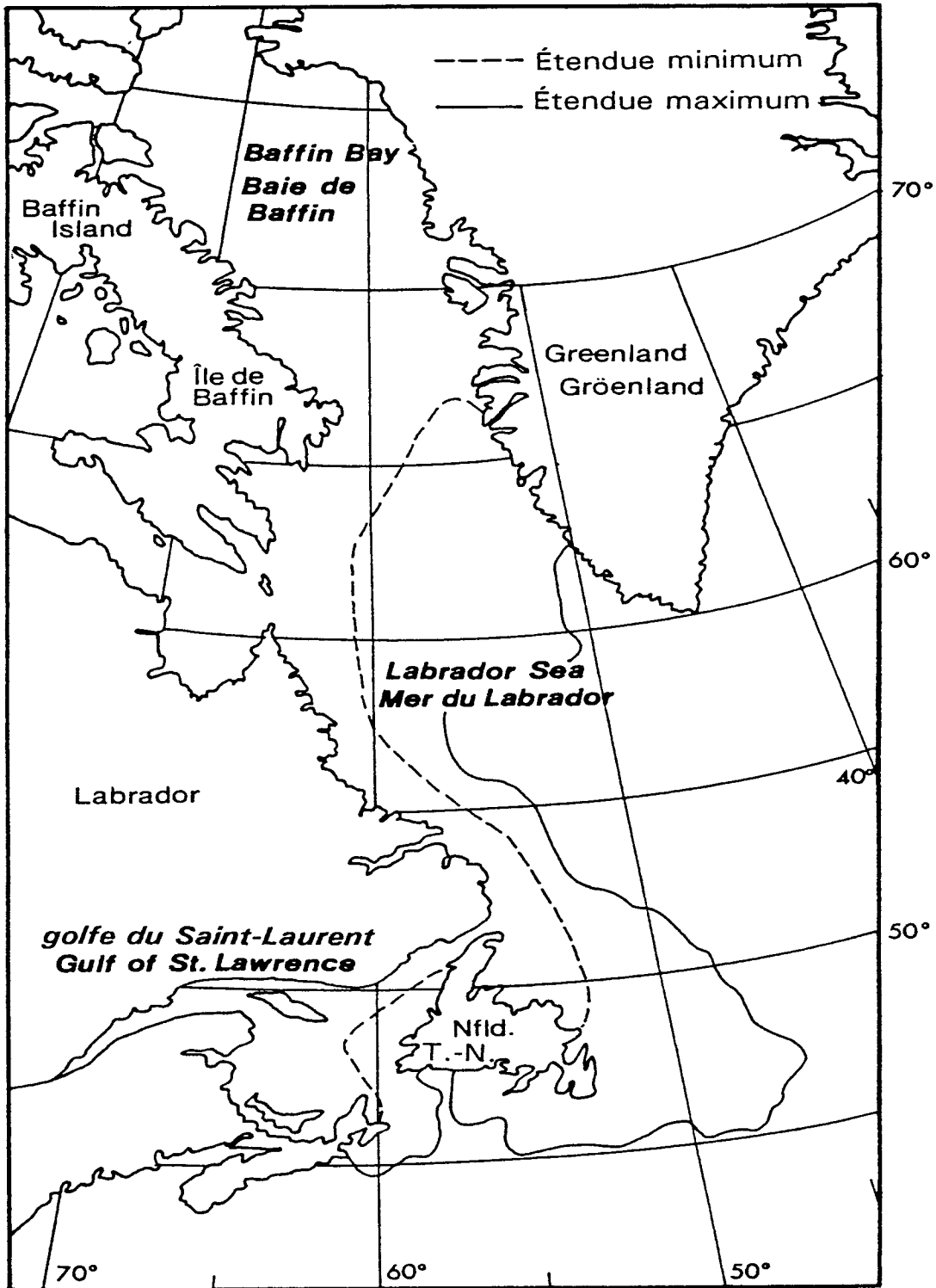


Figure 18 Variabilité de l'étendue minimum et maximum des glaces de mer au large du littoral est du Canada.



MISE EN GARDE : LES CONCENTRATIONS DE VIEILLE GLACE SONT FAIBLES LE LONG DE LA CÔTE DU LABRADOR, MAIS LE NAVIGATEUR DEVRAIT RESTER À L'AFFÛT DES FRAGMENTS DE VIEILLE GLACE ET S'EN TENIR LOIN.

Nous avons décrit plus haut le déroulement d'une saison type, mais les périodes et les valeurs de formation de la banquise peuvent accuser d'amples variations annuelles. La figure 18 indique la variabilité de la couverture avec les valeurs moyennes, minimales et maximales de l'étendue des glaces de mer de 1973 à 1985.

Il n'y a pas que la superficie globale des glaces, les dates d'englacement et de déglacement peuvent aussi varier considérablement d'année en année. Ainsi, dans le port de Botwood, à Terre-Neuve, la nouvelle glace peut apparaître dès la fin de novembre ou aussi tard qu'au début de janvier. Le long de la côte du Labrador, on sait que la glace a commencé à se former aussi tôt qu'à la seconde quinzaine d'octobre et aussi tard qu'à la deuxième semaine de décembre.

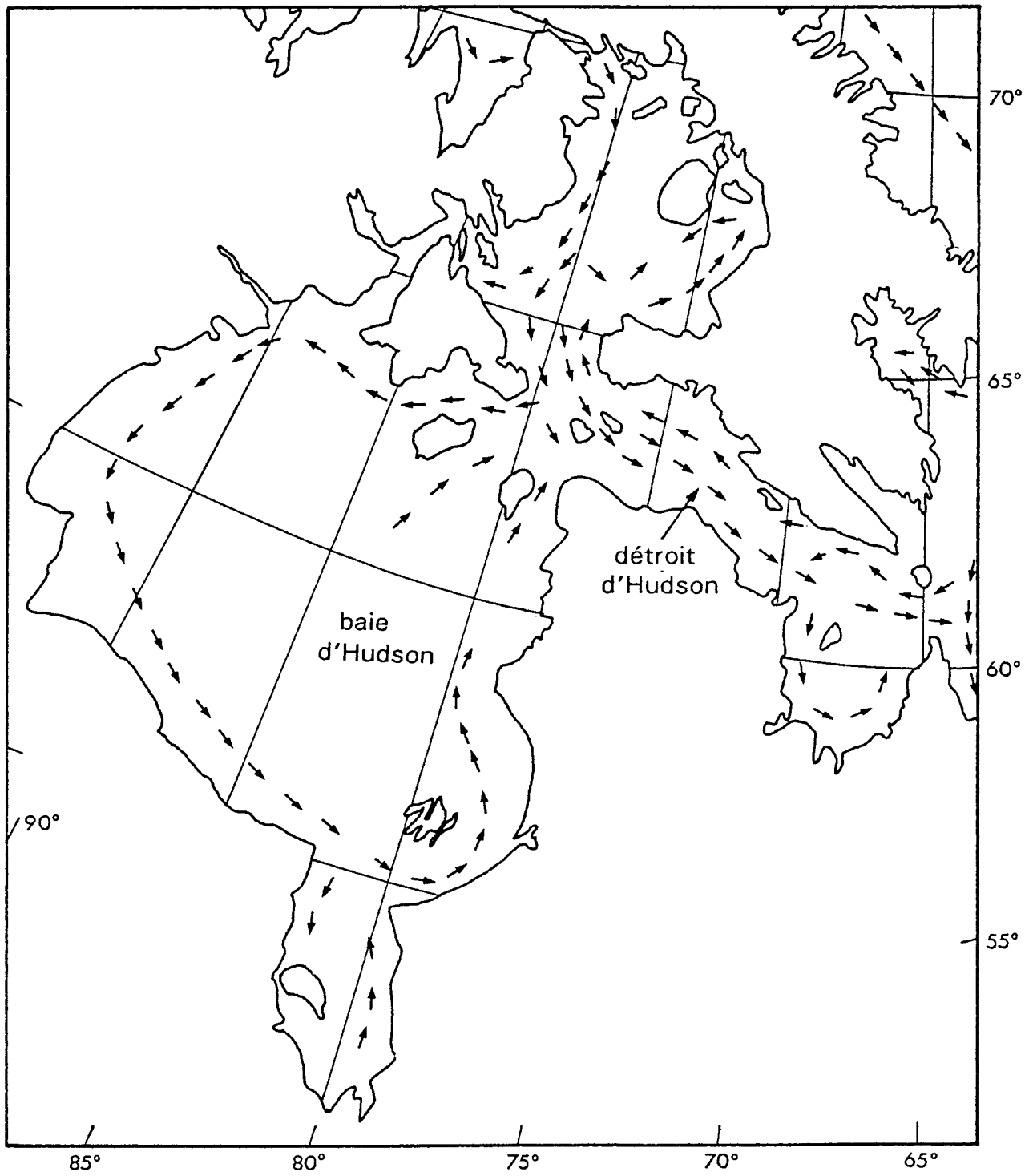
Le dégagement des glaces des eaux du Labrador et de l'est de Terre-Neuve est tout aussi variable. La lisière méridionale de la banquise peut se situer au nord du détroit de Belle-Isle à la dernière semaine d'avril si l'hiver a été clément, mais un aussi vaste dégagement pourrait ne pas s'opérer avant le milieu de juillet si l'hiver a été rude. Certaines années, le littoral du Labrador est libre de toute glace dès la fin de juin et, d'autres années, les glaces perdurent jusqu'à la dernière semaine d'août.

3.4.4 Baie et détroit d'Hudson, baie James et bassin Foxe

Cette région (figure 19) se caractérise par de faibles valeurs bathymétriques sauf pour le détroit d'Hudson. Le bassin Foxe a des profondeurs moyennes de 50 à 90 m au centre et de 15 à 45 m dans sa partie septentrionale. Les baies d'Hudson et d'Ungava sont plus profondes avec des valeurs moyennes de 135 à 175 m dans leur partie nord et de 45 à 135 m dans leur partie sud. À la baie James, la bathymétrie oscille entre 5 et 100 m. En revanche, le détroit d'Hudson est un chenal profond dont les fonds moyens atteignent les 275 m et qui permet, avec son orientation sud-est-nord-ouest, de concentrer l'effet des marées de l'océan Atlantique, ce qui donne les plus grandes amplitudes de marée du monde. La rive occidentale de la baie d'Ungava a une amplitude maximum de 9,3 m.

Les courants marins de surface, que présente la figure 19 pour la baie d'Ungava et le détroit d'Hudson, indiquent l'axe général de l'écoulement, mais les effets de marée peuvent inverser ces courants. Ces constantes inversions d'écoulement rendent la couverture de glace très accidentée et souvent en état de pression. Les marins qui ont récemment navigué dans ces eaux ont découvert de vastes étendues de fragments dans le détroit d'Hudson, et la pression engendrée par la marée peut faire se coincer les navires dans les glaces jusqu'à plusieurs heures.

Figure 19 Courants marins moyens de surface dans la région de la baie d'Hudson.



Régimes et périodes d'englacement

La grande superficie de ces eaux et l'ample variation des latitudes déterminent une variabilité considérable des périodes d'englacement. Voici la chronologie saisonnière de cet englacement :

- (deux premières semaines d'octobre) de la nouvelle glace commence à se former dans le nord du bassin Foxe et le fleuve Churchill;
- (deux dernières semaines d'octobre) de la nouvelle glace commence à se former dans l'ouest du détroit d'Hudson et dans le nord-ouest de la baie d'Hudson;
- (deux premières semaines de novembre) de la nouvelle glace commence à se former à la baie James;
- (deux premières semaines de novembre) le bassin et le détroit de Foxe sont complètement englacés;
- (deux dernières semaines de novembre) le détroit d'Hudson est complètement englacé;
- (deux premières semaines de décembre) la baie James est complètement englacée;
- (mi-décembre) la baie d'Hudson est complètement englacée.

La couverture de glace hivernale ainsi formée dans la région se compose de glaces d'épaisseur très variable et d'une grande dureté dans tous les cas. Le constant mouvement des glaces permet le chevauchement et la formation de crêtes et de hummocks l'hiver durant.

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

Deux parties de la région portent une banquise côtière étendue : il y a d'abord la baie d'Hudson à l'est des îles Belcher et ensuite les îles et le rivage dans les parties nord et est du bassin Foxe. On peut également observer une bande de banquise côtière qui entoure la majeure partie de la baie d'Hudson, longe les deux côtés de cette baie et de la baie d'Ungava et encercle les diverses îles du nord-est de la baie d'Hudson. Cette lisière, qui est très mince à certains endroits, peut atteindre 45 km à d'autres endroits. L'épaisseur de la banquise côtière varie selon la latitude. Les glaces côtières de la baie James sont profondes de 80 à 120 cm et celles du bassin Foxe peuvent prendre une épaisseur de jusqu'à 230 cm.

Sur les trois principaux plans d'eau, à savoir la baie et le détroit d'Hudson et le bassin Foxe, le gros de la glace demeure mobile l'hiver durant. Bien que ces régions soient entièrement recouvertes de glace tous les hivers, leur taille, les marées locales et l'exposition à de rudes tempêtes hivernales sont autant de facteurs qui entretiennent la mobilité des glaces et en rendent la surface grandement accidentée.

La figure 20 présente une carte des conditions glacielles caractéristiques de la fin de l'hiver et du début du printemps. La carte composite des glaces du 21 mai 1991, qui a été dressée par le Service canadien des glaces, indique l'étendue des zones de banquise côtière et de glaces mobiles.

Zones de pression et de déformation des glaces

La pression glacielle s'exerce sur de grands pans de ce territoire par suite de l'action éolienne. Le vent du nord-ouest dominant presse fortement les glaces contre la rive orientale de la baie

d'Hudson, du détroit d'Hudson à la baie James, et le long du littoral sud-est du bassin Foxe. On constate en outre une pression de marée dans ce bassin. Bien que le détroit d'Hudson subisse une certaine pression en région méridionale par vents de noroît, les marées sont la source prédominante de pressions glacielles dans ce secteur. Dans le détroit d'Hudson, la dérive des glaces se fait généralement d'ouest en est, et c'est pourquoi la couverture de glace de la partie est du détroit devient très compacte avec le flux de marée.

La déformation de la couverture est typiquement liée à la pression et à la mobilité des glaces. De grandes étendues de la région restent mobiles tous les ans, aussi observe-t-on un peu partout une déformation modérée de la surface. Les extrêmes se présentent dans le bassin Foxe où la partie sud-est offre par endroits des fréquences de 24 crêtes au kilomètre avec des hauteurs moyennes de 1,3 à 2 m et des hauteurs maximums de 5 m.

Sous les effets conjugués des vents, des marées et des courants de surface, la rive méridionale du détroit d'Hudson est une zone d'intensité modérée, mais avec une pression et une déformation constantes des glaces au milieu de l'hiver.

Existence de vieilles glaces et répartition

La région reçoit des vieilles glaces de trois sources, à savoir du détroit Fury et Hecla, de la région d'absence de fonte du bassin Foxe et de la région du détroit de Davis et de la baie de Baffin. Les courants de surface (figure 19) qui vont vers l'est par le détroit Fury et Hecla amènent de petites quantités de vieille glace de la baie du Comité dans la partie nord du bassin Foxe. Seuls de petits floes érodés atteignent ce bassin pendant l'été et ils fondent rapidement dans les eaux chaudes de sa partie septentrionale.

La région sud-centre du bassin Foxe est une zone d'absence de fonte des glaces de mer pendant l'été. Certaines années, un secteur le long du littoral nord et est de l'île Southampton présente des bancs de glace de deuxième année dans des concentrations de jusqu'à 9+/10, qui se ressoudent à l'automne à la nouvelle couverture de glace. Ces glaces dérivent ensuite lentement à l'est pendant l'hiver, se dispersant généralement et se mêlant aux formations accidentées du détroit d'Hudson. Au printemps suivant, les concentrations de glace de deuxième année que l'on observe dépassent rarement l'état de trace (quantité infime).

Les vieilles glaces de l'océan Arctique dérivent au sud toute l'année le long du littoral est de l'île Baffin. Quand une forte concentration de vieux floes se trouve au large de l'extrémité est du détroit d'Hudson (au sud du détroit de Davis) et qu'un vent d'est se lève, la vieille glace peut être entraînée dans l'est du détroit d'Hudson, mais les glaces qui pénètrent ainsi dans ces eaux d'ordinaire ne vont pas plus loin que le 70° de longitude Ouest avant de dériver dans la partie sud du détroit et d'être emportées à l'est vers la mer du Labrador.

Polynies

Une polynie est une ouverture de forme irrégulière dans la couverture de glace. Elle diffère du chenal en ce qu'elle n'est pas rectiligne de forme. Il existe de nombreuses polynies arctiques qui réapparaissent au même endroit d'année en année. La figure 20 indique la répartition des polynies récurrentes de l'Arctique canadien.

On dénombre cinq polynies dans la région de la baie d'Hudson et du bassin Foxe. La polynie du sud-est du bassin peut disparaître par vent contraire, mais les autres subsistent tout l'hiver. À l'instar des polynies des autres régions, ces zones sont le foyer où s'amorce la fonte printanière.

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

La large fourchette des latitudes dans cette région détermine un processus de fonte et de désintégration qui dure tout l'été. Voici la chronologie régionale de la désintégration :

- début de la fonte dans la baie James au milieu ou à la fin d'avril;
- début de la fonte dans le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava au début de mai;
- début de la fonte dans la baie d'Hudson à la mi-mai;
- début de la fonte dans le bassin Foxe au début de juin;
- déglacement de la baie James en majeure partie vers la fin de juillet;
- déglacement du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava en majeure partie à la mi-août;
- déglacement de la baie d'Hudson en majeure partie vers la fin d'août;
- présence de quelques cordons de glace dans le bassin Foxe la plupart des années au début de septembre.

Les courants de surface servent à amener les glaces en désintégration aussi bien de la mer du Labrador dans le détroit d'Hudson que dans la partie nord de la baie d'Hudson par le bassin Foxe. En dehors de ces deux secteurs, la plupart des glaces de la région fondent sur place. La basse latitude et la tendance des vents à passer au sud l'été hâtent la fonte dans toute la région en juillet.

Conditions glacielles normales et extrêmes

Les conditions glacielles extrêmes qui règnent dans cette région sont dignes de mention. Les étés où les vents persistent au nord au lieu de passer au sud, le bassin Foxe aura d'importantes quantités de glace non fondue pendant toute la saison estivale, la baie d'Hudson commencera à geler dès la première semaine d'octobre et la baie James fera de même pendant la première semaine de novembre. Les années où les vents passent tôt au sud et y restent, la baie d'Hudson sera entièrement déglacée dès la première semaine d'août et le demeurera jusqu'à la première semaine de novembre, le détroit d'Hudson se dégagera dès la dernière semaine de juillet et restera dans cet état jusqu'à la dernière semaine de novembre et le bassin Foxe sera en déglacement entre une période aussi hâtive que la première semaine de septembre et la troisième semaine d'octobre.

Figure 20 Exemple de carte composite des glaces pour la baie et le détroit d'Hudson, 21 mai 1991

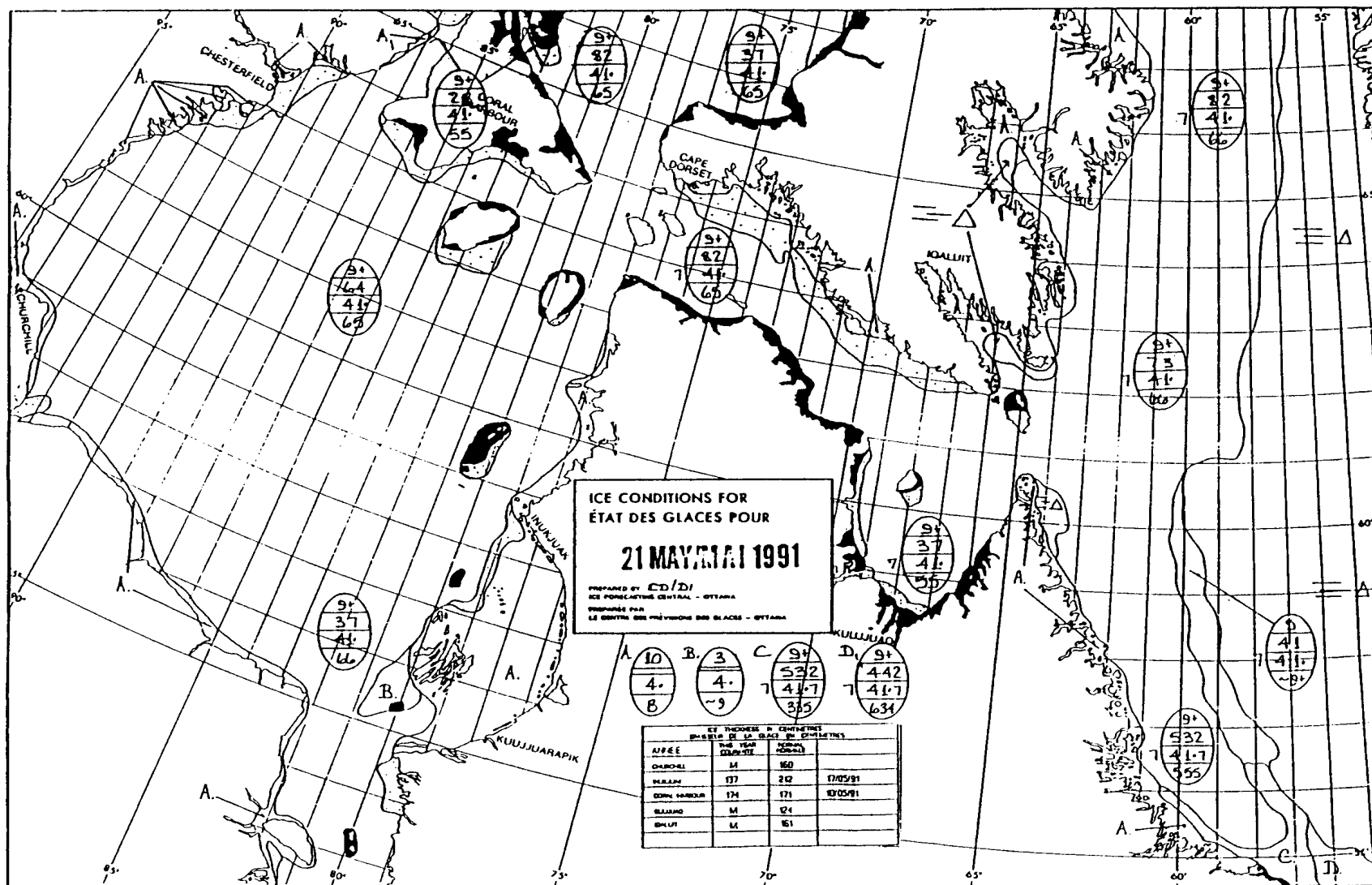
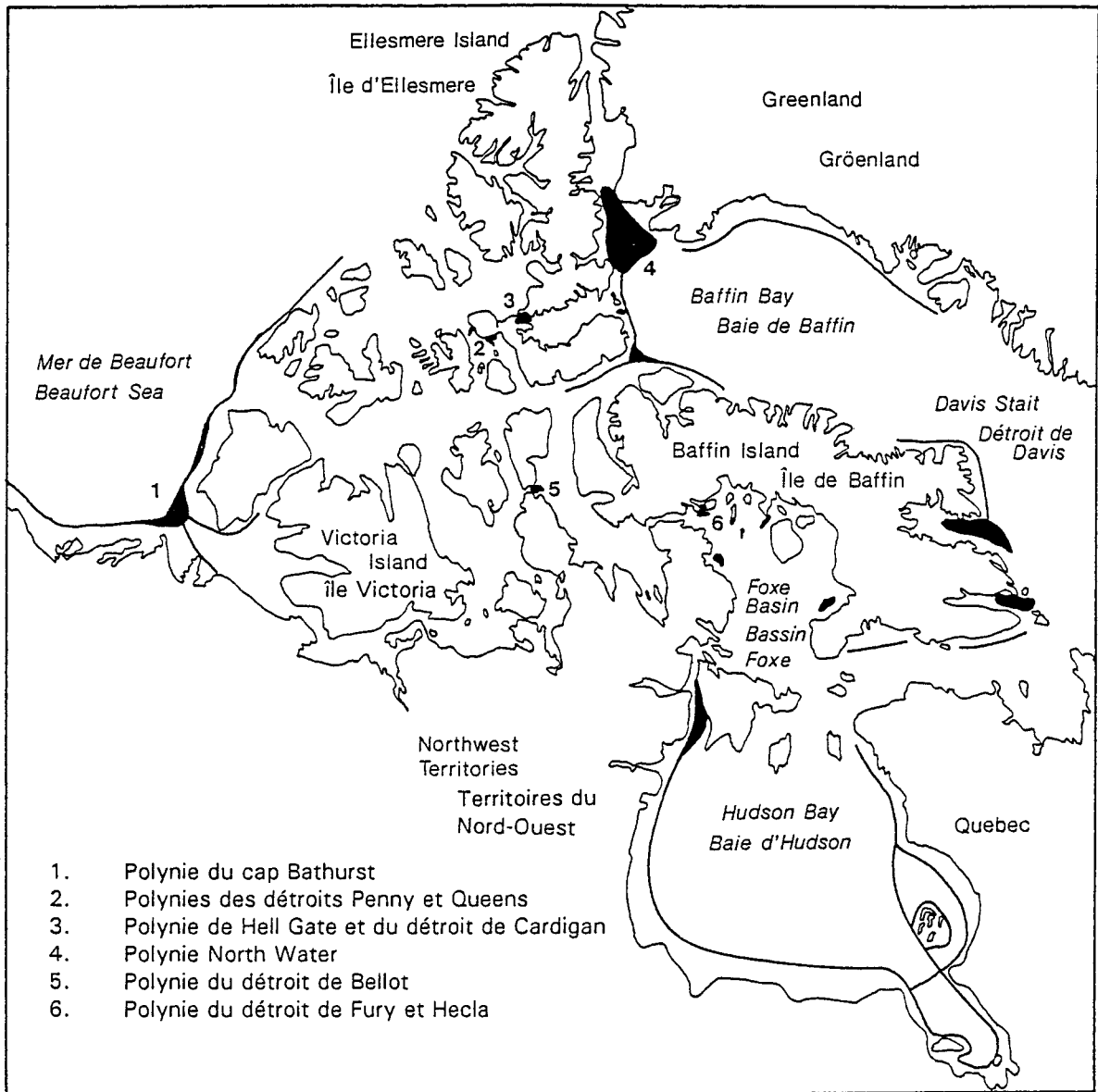


Figure 21 Disposition des polynies récurrentes de l'Arctique canadien



3.4.5 Baie de Baffin et détroit de Davis

Ensemble, la baie de Baffin et le détroit de Davis forment le chenal le plus considérable et le plus profond de l'Arctique canadien. Les profondeurs varient entre 3 658 m dans le sud du détroit de Davis et 2 396 m dans le sud-ouest de la baie de Baffin. C'est en partie à cause des eaux profondes que la région ne se retrouve jamais sous une couverture unie de glace, même par les mois d'hiver les plus froids. Les marées de l'océan Atlantique et le courant nord plus chaud qui longe le littoral ouest du Groenland conjuguent leurs effets pour garder la couverture en mouvement pendant toute l'année. Aux eaux relativement chaudes où baigne la côte ouest du Groenland s'oppose un courant froid en direction sud qui borde le littoral est de l'île Baffin. Ces deux courants exercent une grande influence sur la couverture de glace : la lisière se trouve habituellement loin au nord le long

de la côte du Groenland et loin au sud le long du littoral est de l'île Baffin, aussi la navigation peut-elle être beaucoup plus facile dans la moitié orientale de la baie de Baffin pendant le plus clair de l'année.

Vers la fin de septembre, la couverture de glace de l'île d'Ellesmere s'étend jusqu'à l'entrée du détroit de Jones. La glace progresse vers le sud le long de la côte de l'île de Baffin et à l'est pour recouvrir la baie de Melville vers la deuxième semaine d'octobre. L'ensemble de la baie de Baffin et la plus grande partie de la côte de l'île de Baffin sont recouverts de glace à la fin de novembre; toutefois, le courant nord plus chaud qui longe la côte ouest du Groenland empêche la formation de glace jusqu'à 66° N.

La présence de la polynie récurrente North Water, qui coiffe le détroit de Smith, a aussi une grande incidence sur le régime des glaces de la partie septentrionale de la baie de Baffin. Cette zone demeure libre de glaces ou ne porte que de la jeune glace tout l'hiver. C'est un foyer où s'amorce la fonte printanière, et elle modifie en plus le processus d'englacement.

Régimes et périodes d'englacement

Les dates d'englacement et de déglacement que présente le Tableau 11 pour la baie de Baffin et le détroit de Davis reposent sur les observations des 30 dernières années. Rarement ces événements s'écartent-ils de plus de quelques jours des fourchettes mentionnées. Les glaces commencent à se former dans le nord-ouest de la région, autour de l'île Ellesmere, pour ensuite s'étendre au sud où l'embouchure du détroit de Jones se trouve couverte à la dernière semaine de septembre. La glace progresse au sud-est le long du littoral de l'île Baffin et à l'est jusqu'à recouvrir la baie de Melville à la deuxième semaine d'octobre. Elle s'étend à la fin de novembre sur toute la baie de Baffin et la majeure partie de la côte de l'île Baffin, mais le long du littoral ouest du Groenland le courant nord plus chaud qui vient de l'océan Atlantique empêche toute formation de glace au sud du 66°N environ.

Tableau 11 Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans les régions de la baie de Baffin et du détroit de Davis

Région	Événement	Date moyenne de l'événement	Fourchette de dates de l'événement
baie de Baffin	Déglacement complet (eau libre)	10 sept.	20 août - néant
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	15 oct.	1er oct. - 15 nov.
détroit de Davis	Déglacement complet (eau libre)	1er sept.	15 août - 30 sept.
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10 dans la partie occidentale	15 nov.	1er nov. - 1er déc.

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

La baie de Baffin compte deux zones importantes de banquise côtière, à savoir le secteur nord-est de la baie de Melville et le littoral nord-est de l'île Baffin. L'étendue de la banquise côtière de la

baie de Melville est fort variable. Certaines années, elle n'est que de 32 km, mais d'autres années, elle atteint même 112 km. Cette banquise met fin au vèlage d'icebergs l'hiver, ce qui est avantageux pour la navigation. Toutefois, au printemps, les glaces côtières de la baie se sont révélées plus épaisses que la plupart des glaces de première année de la baie de Baffin, ce qui est très préjudiciable à la navigation une fois que la couverture se rompt et que les glaces dérivent dans la baie de Baffin.

La banquise côtière le long de la partie est de l'île Baffin n'est pas aussi étendue que celle de la baie de Melville, mais elle est souvent plus épaisse et plus accidentée. Le constant mouvement des glaces en direction sud sur le littoral de l'île Baffin cause un cisaillement le long de la lisière de la banquise côtière, faisant naître des crêtes abondantes et d'une hauteur appréciable. La banquise côtière près de Clyde River peut être large de 40 km et rétrécir au nord vers l'île Bylot et au sud vers le cap Dyer, point où elle disparaît presque.

Au-delà de la banquise côtière, la couverture de glace de la baie de Baffin et du détroit de Davis reste mobile tout l'hiver. La polynie North Water borne la zone de mobilité au nord, un pont de glace se formant habituellement à travers l'embouchure du détroit de Smith. Le détroit de Lancaster porte occasionnellement une couverture consolidée à l'est de son débouché dans la baie de Baffin (81 °O), mais les glaces y restent mobiles d'ordinaire aussi loin à l'ouest qu'à la hauteur de l'île du Prince-Léopold (90 °O).

Zones de pression et de déformation des glaces

La principale zone de pression glacielle de la baie de Baffin et du détroit de Davis longe le littoral oriental des îles Bylot et Baffin. Le courant sud est la force dominante qui presse les glaces contre la côte et les soumet au cisaillement dans leur mouvement au sud. Là où la pression est la plus fréquente dans la région, c'est le long de la partie nord-est de l'île Bylot où règne un courant sud et où la glace est déviée à l'est. De plus, les glaces qui vont à l'est depuis le détroit de Lancaster se pressent le long de la côte nord de l'île Bylot. Ensemble, ces forces créent des périodes prolongées de pression glacielle autour de cette île, notamment l'automne et l'hiver.

Existence de vieilles glaces et répartition

De vieilles glaces pénètrent dans la baie de Baffin par les détroits de Smith, de Jones et de Lancaster. Ces sources se trouvent toutes du côté nord-ouest de la baie. Joint à une circulation d'est en ouest le long de la moitié septentrionale de la baie et à un écoulement au sud dans la partie occidentale, ce facteur garde le gros des glaces à l'intérieur de la moitié occidentale de la baie de Baffin et du détroit de Davis.

La plupart des années, au milieu ou vers la fin de l'été, les détroits de Lancaster et de Jones ont rompu leur couverture et commencé à libérer de vieilles glaces qui dérivent dans la baie de Baffin, habituellement sous forme de cordons et de bancs. Très tard l'été ou à l'automne, le détroit de Nares devient une source de vieille glace (en provenance de l'océan Arctique par le bassin Kane) et, le plus souvent, sa production dépasse de loin à cet égard celle des détroits de Lancaster et de Jones. Il n'est pas rare que l'on signale en novembre des concentrations de vieille glace de 5/10 avec des bancs atteignant même les 9/10 dans une grande partie de la région nord-est de la baie de Baffin. Le déversement de vieilles glaces du détroit de Nares peut être hautement variable, se

caractérisant par des valeurs presque nulles pour quelques années et des valeurs importantes pour la plupart des années.

L'hiver, la vieille glace passe au sud le long du littoral de l'île Baffin dans une dispersion de plus en plus grande. Elle poursuit son mouvement au sud tout l'hiver. Les études récentes consacrées aux trajectoires de vieille glace indiquent qu'un vieux floe repéré dans la baie de Baffin au large de l'île Bylot au début de novembre pourrait se retrouver au large du détroit de Belle-Isle entre le Labrador et Terre-Neuve à la mi-avril.

La probabilité d'une observation de vieille glace dans la partie centrale de la baie de Baffin au printemps et à l'été est directement liée aux périodes de déversement de glace du détroit de Nares l'automne et l'hiver précédents. Les hivers où les glaces de ce détroit se consolident vers la fin de novembre ou en décembre, la vieille glace pourra quitter la baie de Baffin dès le printemps suivant. En revanche, les hivers où la consolidation s'opère dans ce bras de mer en mars ou en avril ou n'a pas du tout lieu, de vieilles glaces se trouveront dans la baie de Baffin tout le printemps et l'été qui suivent. On devrait s'attendre à rencontrer de la vieille glace dans cette baie certains étés. Les périodes de consolidation dans le détroit de Nares l'hiver précédent sont un indice de présence possible de telles glaces.

NOTA : Les périodes de consolidation des glaces dans le détroit de Nares peuvent être un indice de la présence possible de vieilles glaces dans la baie de Baffin l'été suivant.

Polynies

La région de la baie de Baffin et du détroit de Davis compte cinq polynies (figure 20) : une grande dans le détroit de Smith (polynie North Water), une petite dans le détroit Lady-Ann à l'embouchure du détroit de Jones, et trois autres à la lisière de la banquise côtière du détroit de Lancaster, à l'entrée du détroit de Cumberland et au débouché de la baie de Frobisher. À des degrés divers, ces polynies sont le produit des vents, des marées, des courants et des profils bathymétriques.

L'été, la polynie North Water exerce une grande influence sur la couverture de glace de la baie de Baffin. La constante production de nouvelle glace et de jeune glace dans cette polynie contribue largement à accidenter la surface glacée dans le nord de la baie de Baffin. La jeune glace qui y naît dérive au sud dans la couverture plus lourde du centre de la baie, où des conditions dynamiques viennent déformer la glace relativement mince.

Toutes les polynies interviennent dans la mise en route du processus de fracture et de fonte de la couverture de glace au printemps. L'eau libre des polynies absorbe la chaleur et accélère ainsi la désintégration des glaces environnantes. Cependant, le phénomène se conjugue avec la dérive naturelle au sud de la banquise de la baie de Baffin pour étendre rapidement la polynie North Water vers les détroits Lady-Ann et Lancaster, dégageant une vaste superficie d'eau libre.

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

La plupart des années, la baie de Baffin présente en mars une concentration de 9+/10 de glace de première année épaisse en majeure partie, avec des floes géants et de grands champs de glaces qui

s'enclavent dans la banquise. Parfois, les floes peuvent être d'un diamètre de 10 à 20 km. L'existence de chenaux à orientation sud-est-nord-ouest est un trait familier du panorama de la banquise à la mi-hiver dans la baie de Baffin. En avril et en mai, ces chenaux s'étendent et sont plus définis. Ils ont tendance à disparaître (habituellement à la mi-mai) avec la désintégration de la banquise de la baie en floes de taille diverse.

Pendant que la couverture de glace se fracture, les trois polynies septentrionales prennent de l'expansion jusqu'à former une seule grande nappe d'eau libre. La progression de cette importante polynie au sud-est s'allie au courant sud qui longe l'île Baffin pour dégager les glaces en direction sud le long du littoral de cette île, pendant que le courant nord plus chaud qui baigne la côte ouest du Groenland chasse les glaces au nord. Le déglacement de la baie de Baffin par le nord, l'est et l'ouest laisse les glaces sur un axe nord-sud au centre de la baie plus tard l'été. Cette zone de glace dérive au sud pour ensuite entièrement disparaître d'ordinaire le long du littoral de l'île Baffin au début de septembre.

Conditions glacielles normales et extrêmes

On constate une extrême variabilité de la quantité de glace encore non fondue à l'automne, de l'abondance de vieilles glaces entrant dans la région et des dates de prédominance de jeune glace dans la croissance de la couverture de la baie de Baffin. Certaines années, cette baie et le détroit de Davis sont libres de toute glace de mer dès la troisième semaine d'août et, d'autres années, une bonne ceinture de glace subsiste jusqu'en hiver au centre de la baie.

Les vieilles glaces que déverse le détroit de Nares dans la baie de Baffin se heurtent souvent à l'obstacle d'un pont de glace, qui s'établit à un point quelconque entre la mer de Lincoln au nord et le détroit de Smith au sud. Si un pont se forme tôt à l'automne, seules de petites quantités de vieille glace pénétreront dans la baie de Baffin. Ajoutons cependant que, certaines années, il n'y a pas de pont et que les vieilles glaces sont libres de passer au sud en abondance.

MISE EN GARDE : LA PRÉSENCE DE GRANDES QUANTITÉS DE VIEILLE GLACE DANS LE NORD DE LA BAIE DE BAFFIN CONSTITUE UNE SÉRIEUSE MENACE POUR LA NAVIGATION.

On peut constater la formation d'une couverture surtout constituée de jeune glace dans la baie de Baffin aussi tôt qu'au milieu de septembre et aussi tard qu'à la fin d'octobre.

3.4.6 Archipel arctique

Le mouvement des glaces par le grand nombre de chenaux et de petits plans d'eau de l'archipel arctique n'est souvent restreint que par la bathymétrie. On peut en relever des exemples dans les détroits de Victoria, de Belcher et d'Austin, dont les profondeurs sont de moins de 10 m par endroits dans la voie principale, entravant de la sorte aussi bien la dérive des glaces que la navigation. Précisons toutefois que la plupart des chenaux ont des fonds de 100 à 600 m.

NOTA : Les sondages sont souvent incomplets dans un certain nombre de chenaux septentrionaux.

Régimes et périodes d'englacement

Les dates de formation et de rupture des glaces que présente le Tableau 12 font nettement voir la brièveté de l'été dans la partie septentrionale de l'archipel arctique. Le processus d'englacement s'amorce généralement au nord et à l'ouest pour ensuite gagner le sud et l'est. La nouvelle glace et la jeune glace apparaissent habituellement dans les bras de mer des îles du Haut-Arctique, mais la glace croît rapidement dans toute la région pendant les courtes journées de l'automne.

Tableau 12 Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans des régions de l'archipel arctique

Région	Événement	Date moyenne de l'événement	Fourchette de dates de l'événement
détroit d'Eureka	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	15 sept.	7 sept. - 21 sept.
baie Norvégienne septentrionale	Rupture des glaces au printemps	15 août	1er août - néant
détroit de Melville	Rupture des glaces au printemps	31 juill.	20 juill. - 21 août
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10 dans la partie septentrionale	1er oct.	15 sept. - 7 oct.
détroit de Lancaster	Dégagement de la plupart des glaces	10 août	21 juill. - néant
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	7 oct.	1er oct. - 21 oct.
baie de l'Amirauté	Rupture des glaces au printemps	15 juill.	1er juill. - 30 juill.

La fonte de la couverture régionale est un phénomène hautement variable. Les années d'été frais, elle se fait lentement et les régions au nord du 76° ou du 78° de latitude Nord peuvent ne pas se déglacer du tout. La plupart des années cependant, on observe une constante progression de la fonte du sud-est au nord-ouest. D'ordinaire, les glaces des chenaux débouchant sur les détroits de Lancaster, de Barrow, de Melville et de M'Clure se fracturent chaque année et disparaissent à des degrés divers selon l'influence qu'exercent les vents et le temps.

NOTA : *Le navigateur devrait savoir que les dates de déglacement peuvent accuser d'amples variations d'année en année.*

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

Chaque hiver, l'archipel arctique porte une vaste couverture de glace consolidée et fixe. Il y a cependant des exceptions : les polynies (figure 20) de Boothia et, à l'occasion, le détroit de Lancaster. Certaines années, ce dernier détroit porte une couverture consolidée aussi loin à l'est

qu'à l'inlet Navy Board, mais la position médiane de la lisière des glaces va de l'île du Prince-Léopold à la côte de l'île Devon au nord. Le centre de l'inlet du Prince-Régent est un secteur où parfois les glaces n'atteignent pas le stade de la consolidation, quoique la plupart des hivers la banquise côtière y règne.

Zones de pression et de déformation des glaces

Le vent de noroît prédominant dans la région est en grande partie responsable de la pression glacielle récurrente qui s'y exerce. Parmi les zones de pression bien décrites, on compte le sud des détroits de Melville et de M'Clure, le littoral nord de l'île Bathurst et la limite entre l'océan et l'archipel arctiques. La partie sud du détroit de Lancaster est une zone de pression en période de grande concentration des glaces.

La déformation des glaces s'opère généralement sous la pression qu'engendrent les vents et (ou) les courants. Ainsi, dans le détroit de M'Clure, la pression s'exerçant contre la rive méridionale est à l'origine d'une formation massive de crêtes et de hummocks dans la couverture. Les glaces se consolident ensuite pour l'hiver, laissant une couverture hautement déformée. Dans d'autres secteurs, la déformation vient d'un constant mouvement des glaces, souvent tout au long des mois d'hiver. Il y a entre autres le golfe de Boothia et la baie du Comité où les forces de la marée déploient toute l'année leur action déformatrice. Règle générale, on devrait s'attendre à une pression des glaces quand les vents sont forts et les concentrations glacielles élevées. La pression est la plus intense toutes les fois que des glaces en mouvement rapide entrent en contact avec une couverture plus lente ou avec la côte. La partie est du détroit de Lancaster en est un bon exemple.

Existence de vieilles glaces et répartition

Les faibles courants de surface de la région, joints à des étés brefs et frais, laissent de la vieille glace dans la plupart des chenaux. Dans la région à l'ouest du 100° de longitude Ouest et au nord du 76° de latitude Nord, et aussi dans les détroits de M'Clure, de Melville et de M'Clintock, la vieille glace est le trait prédominant du panorama glacielle la plupart des années.

De vieilles glaces dérivent dans la baie Norvégienne en abondance, mais d'ordinaire elles fondent largement sur place, de sorte que seules de petites quantités dérivent dans le détroit de Jones. Malgré ce phénomène, les vieux floes constituent toujours un danger pour la navigation dans ce détroit, car ils sont souvent difficiles à repérer dans un milieu de glace de première année. Il en est fréquemment ainsi près de l'entrée est du détroit et dans le détroit Lady-Ann.

MISE EN GARDE : ON PEUT RENCONTRER DE FAIBLES CONCENTRATIONS DE VIEILLE GLACE DANS LES GLACES DE PREMIÈRE ANNÉE DU DÉTROIT DE JONES, PHÉNOMÈNE DANGEREUX POUR LA NAVIGATION.

Une grande partie des vieilles glaces qui dérivent au sud-est à travers l'archipel se déversent à l'est du détroit de Melville dans les détroits de Barrow et de Lancaster. D'autres sources de déversement sont les détroits de Penny, de Wellington et de McDougall, et la dérive s'opère au sud-est dans la partie est du détroit de Barrow et dans le détroit de Lancaster. En général, la dérive à l'est de vieilles glaces longe la rive méridionale des détroits de Barrow et de Lancaster, mais les vents du sud de l'été poussent souvent les glaces du côté nord des chenaux, empêchant la navigation vers Resolute Bay et l'île Little Cornwallis. Bien que la concentration de vieilles glaces soit faible d'habitude, on peut observer des bancs de forte concentration. Ajoutons que ce tableau accuse une grande variabilité annuelle.

Dans la partie sud-centre de l'archipel, de la vieille glace dérive au sud du détroit de Melville dans le détroit de M'Clintock et ensuite dans le détroit de Larsen avant de fondre sur place dans le détroit de Victoria. La présence annuelle de vieilles glaces dans cette région est hautement variable, mais d'ordinaire les concentrations sont suffisantes pour que s'en trouve sérieusement gênée la navigation sur ce tronçon du passage du Nord-Ouest.

Plus tard à l'automne, le pont de glace du détroit de Nares se rompt et la vieille glace entreprend sa dérive au sud. Les courants du nord-ouest de la baie de Baffin sont tels que, au début de l'automne, la plupart des vieilles glaces dérivent au sud et quelque peu à l'ouest pour pénétrer dans le détroit de Lancaster du côté nord. Elles parcourent une petite distance vers l'ouest dans ce détroit, dérivent ensuite vers la rive méridionale et sont emportées vers la baie de Baffin. Plus tard à l'automne, ce déversement disparaît et la dérive de vieilles glaces dans le détroit de Lancaster est réduite.

Polynies

La région de l'archipel arctique compte trois polynies récurrentes (figure 20), celles de Hell Gate et du détroit de Cardigan, de l'île Dundas et du détroit de Bellot. Ce sont des foyers où s'amorce la fonte printanière. Avec l'allongement du jour au printemps, les nappes d'eau libre de ces polynies prennent rapidement de l'expansion. Celles-ci représentent d'importantes zones écologiques, puisque leurs eaux libres sont fréquentées par des bandes de mammifères marins. Ne serait-ce que pour cette raison, les navigateurs devraient faire preuve de prudence quand ils traversent des polynies.

NOTA : Les mammifères marins se rassemblent souvent dans les polynies ou aux environs.

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

La fracture de la couverture de glace se fait du sud-est au nord-ouest dans l'archipel. La lisière de la banquise côtière du détroit de Lancaster recule au sud dans l'inlet de l'Amirauté, puis à l'ouest dans le détroit de Barrow et au nord dans les chenaux adjacents. Avec la rupture de la couverture, des glaces commencent à dériver en suivant les courants de surface (voir la figure 20). Les courants et la dérive dans l'archipel ont principalement un axe sud-est, mais les plans d'eau plus importants de la région présentent des variations locales à cet égard.

Dans certaines régions, la désintégration des glaces explique le dégagement poussé ou complet. Un exemple est le golfe du Couronnement où toute la glace fond sur place sans qu'il y ait dérive.

La fonte locale est également le principal mécanisme de déglacement qui entre en jeu dans le détroit de Peel, la baie Norvégienne et le détroit d'Eureka. En revanche, le détroit de Lancaster déverse la plupart de ses glaces dans la baie de Baffin.

Conditions glacielles normales et extrêmes

La partie septentrionale de l'archipel arctique connaît une extrême variabilité de l'importance de sa couverture de glace, mais les dates d'englacement et de déglacement n'y accusent que de légères variations. Ainsi, la couverture de la baie Norvégienne peut ne pas se fracturer pendant l'été, mais certaines années le déglacement est complet et l'eau libre règne dès septembre.

Dans le détroit de Lancaster, les conditions glacielles sont variables pour ce qui est de la position de la lisière de la banquise côtière au large. Quand l'hiver est clément, la couverture de ce détroit peut ne pas atteindre le stade de la consolidation jusqu'au 97 °O à l'ouest, mais quand l'hiver est rude, elle peut se consolider à l'est jusqu'à l'inlet Navy Board, près du 81 °O.

Le détroit de Victoria a une composition de couverture d'une variabilité considérable : certains étés, il peut être recouvert de vieille glace, d'autres étés de glace de première année; parfois encore, il est en eau libre. Les années où la couverture du détroit de M'Clintock se fracture, de grandes quantités de vieille glace dérivent dans le détroit de Victoria, mettant de sérieuses entraves à la navigation. En revanche, les années où la fonte est rapide, ce même détroit peut se déglacer au point de ne plus contenir que quelques cordons de glace.

D'après de récentes études climatologiques, ce sont les conditions estivales et non pas les conditions hivernales qui jouent le plus dans la variabilité de la couverture de glace de l'archipel arctique. Même après de rudes hivers où les températures moyennes restent bien inférieures à la normale, les températures estivales sont la principale influence qui s'exerce sur la rupture et le dégagement des glaces des divers chenaux et plans d'eau. Certains étés très chauds, les concentrations glacielles peuvent en réalité s'accroître le long des voies navigables quand de vieilles glaces normalement immobiles au nord et à l'ouest se fracturent davantage et dérivent au sud-est dans les détroits de Barrow et de Lancaster.

3.4.7 Ouest de l'Arctique

Cette région s'étend de la pointe Barrow à l'ouest au golfe de la Reine-Maud à l'est (figure 21). Le panorama glacial de la région se divise en deux grands régimes : la zone des chenaux à l'est du golfe Amundsen avec sa banquise côtière annuelle, et la zone de la mer de Beaufort à l'ouest avec ses glaces mobiles toute l'année à l'exception d'une lisière de banquise côtière. Ces deux régions présentent un clivage bathymétrique, puisque les eaux à l'est du 117 °O ont le plus souvent des fonds de moins de 170 m, tandis que les eaux à l'ouest de cette longitude atteignent des profondeurs beaucoup plus grandes.

Précisons néanmoins que la bordure continentale est une plate-forme étendue dont la courbe bathymétrique est de 90 m à environ 100 km au large des côtes, sauf à proximité des îles Barter et Herschel où on peut relever cette valeur bathymétrique à seulement 18 km en mer.

Régimes et périodes d'englacement

Les périodes d'englacement dans la mer de Beaufort dépendent dans une large mesure de la position de la limite méridionale de la banquise polaire vers la fin de l'été, puisque de la nouvelle glace se forme d'abord parmi les vieux floes pour ensuite progresser au sud. La nouvelle glace apparaît habituellement dans la partie sud de la mer de Beaufort pendant la première semaine d'octobre et dans les eaux littorales peu profondes qui avoisinent la péninsule de Tuktoyaktuk, pendant la deuxième semaine de ce mois.

Dans le golfe de la Reine-Maud, la glace commence d'ordinaire à se former à la première semaine d'octobre et quelques jours après dans le golfe du Couronnement. Le golfe Amundsen est la dernière zone à s'englacier complètement. Le Tableau 13 présente les dates moyennes d'englacement complet et de déglacement au printemps.

Zones de banquise côtière et de glaces mobiles

Du sud de l'île Banks à l'extrémité est de l'île du Roi-Guillaume, les chenaux à l'est du golfe Amundsen portent chaque hiver une banquise côtière unie. Cette banquise est habituellement plane et épaisse de 2 m en moyenne. Toutefois, comme les plans d'eau s'enclavent dans la masse terrestre, la rupture et le déglacement des glaces s'en trouvent retardés.

Dans la mer de Beaufort, les caractéristiques de la banquise côtière diffèrent de celles que l'on observe à l'est. Elle se compose en effet en grande partie de champs de fragments et de crêtes de pression, car la rotation dextrogyre (sens des aiguilles d'une montre) des glaces dans l'océan Arctique et la mer de Beaufort, jointe aux vents de noroît prédominants, presse la banquise contre les glaces côtières entre le cap Parry et la pointe Barrow. La dérive de la banquise sur un axe intérieur favorise l'accumulation de glaces attachées au littoral. La figure 22 indique l'étendue habituelle de la banquise au milieu de l'hiver. Les zones où on signale une concentration de 7/10 à 9+/10 comprennent les régions de mobilité glacielle au milieu de l'hiver pour une année médiane. L'étendue de la banquise côtière peut accuser d'amples variations d'année en année.

Tableau 13 Dates moyennes de formation et de rupture des glaces dans des régions de l'Ouest de l'Arctique

Région	Événement	Date moyenne de l'événement	Fourchette de dates de l'événement
golfe de la Reine-Maud	Eau libre	21 août	7 août - 15 sept.
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	15 oct.	1er oct. - 1er nov.
golfs d'Amundsen et de Couronnement	Eau libre	15 août	15 juill. - 15 août
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	21 oct.	15 oct. - 15 nov.

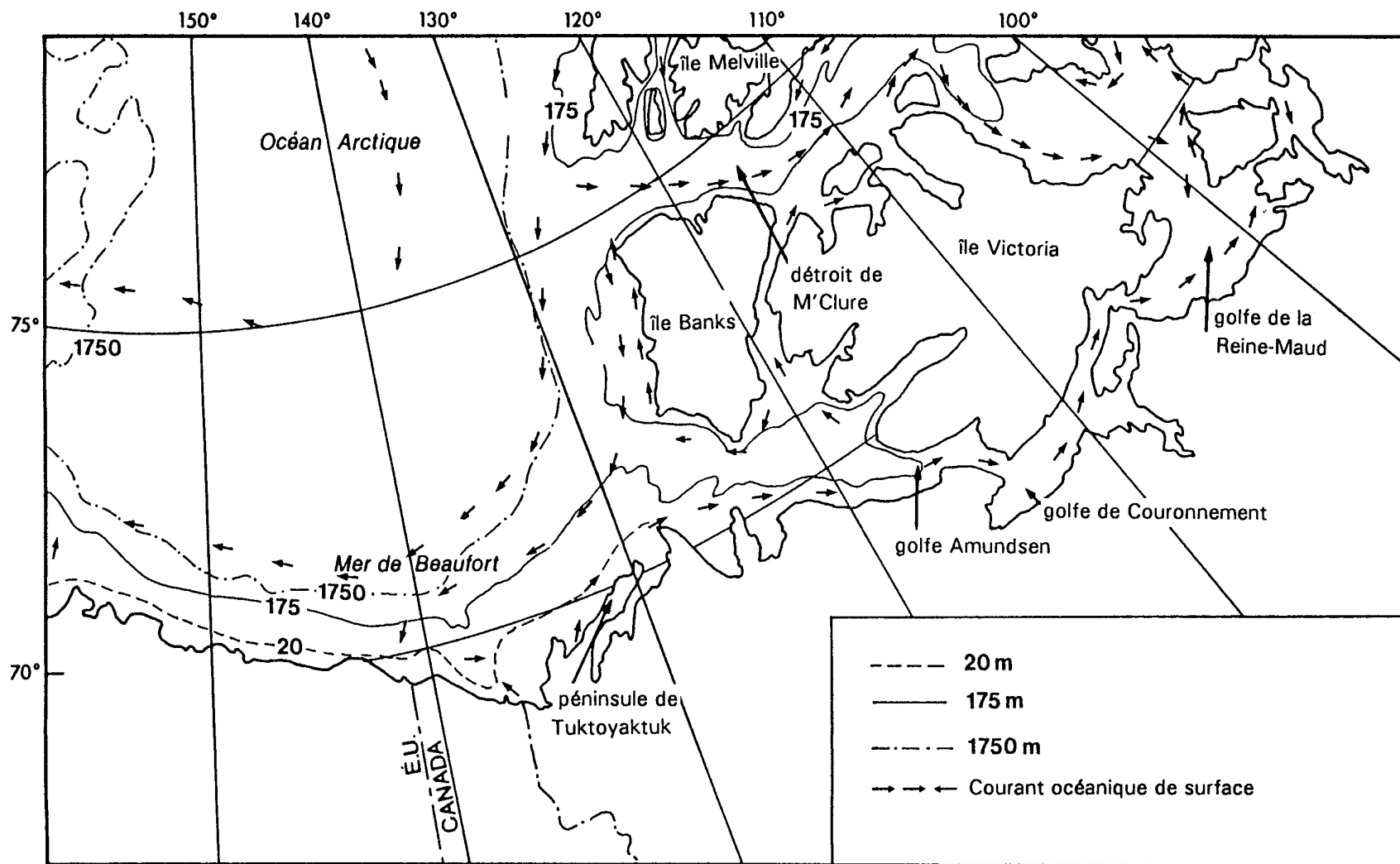
Région	Événement	Date moyenne de l'événement	Fourchette de dates de l'événement
mer de Beaufort (littoral)	Dégagement de la plupart des glaces	15 sept.	15 août - néant
	Formation d'une couverture de glace de 9+/10	7 oct.	30 sept. - 7 nov.

Pression et déformation des glaces

Les régions littorales de l'Alaska et du continent (Canada) jusqu'au 126 °O à l'est s'exposent à une pression glacielle qu'engendrent l'hiver les vents de noroît dominants. La banquise mobile de la mer de Beaufort se presse contre la côte, faisant naître des zones de cisaillement entre glaces mobiles et banquise côtière. Les zones de fragments que créent cette pression et ce cisaillement sont vastes et une partie des crêtes qui se forment se distinguent par leur énormité (tant pour leur voilure que pour leur tirant d'eau). Des relevés de la zone de cisaillement au nord de l'île Herschel ont permis de découvrir des crêtes d'une épaisseur totale de plus de 33 m.

Sur le pourtour est de la mer de Beaufort (îles Prince-Patrick et Banks), les épisodes de vents d'ouest créent une pression sur l'axe intérieur. En majeure partie cependant, les glaces se déplacent parallèlement au littoral ou s'en éloignent, causant ainsi peu de déformations par rapport aux conditions qui règnent le long du littoral continental. L'orientation des courants océaniques de surface (voir la figure 22) fait voir la dérive générale des glaces loin de la côte.

Figure 22 Toponymie, bathymétrie et courants de l'Ouest de l'Arctique



Existence de vieilles glaces et répartition

La couverture de glace de l'Ouest de l'Arctique se compose principalement de vieilles glaces accidentées, sauf dans la partie est du passage. La figure 21 indique la position médiane de la limite méridionale des glaces le 21 mai. On sait que de la vieille glace a pu dériver dans le golfe Amundsen par vents d'ouest et de nord-ouest persistants l'été, mais on n'a jamais signalé de telles glaces jusqu'au golfe du Couronnement à l'est.

Dans la partie est du passage, les vieilles glaces des détroits de M'Clintock et de Larsen dérivent au sud par le détroit de Victoria dans le golfe de la Reine-Maud. Dans ce dernier détroit, leur concentration est hautement variable. Les années où la couverture du détroit de M'Clintock se fracture et que les vents sont propices, on peut observer de grandes quantités de vieille glace. En octobre où la glace est des plus mobiles, on a vu un détroit de Victoria qui portait des concentrations de vieille glace pouvant atteindre les 9/10, quantité qui tombe presque à zéro les années où les conditions glacielles ne favorisent pas le passage au sud des vieilles glaces.

Le golfe de la Reine-Maud est un plan d'eau relativement peu profond qui subit un réchauffement appréciable l'été, d'où une fonte rapide des vieux floes qui viennent du nord. Rarement la vieille glace dérive-t-elle à l'ouest, passant de ce golfe dans le détroit de Dease et le golfe du Couronnement.

Polynies

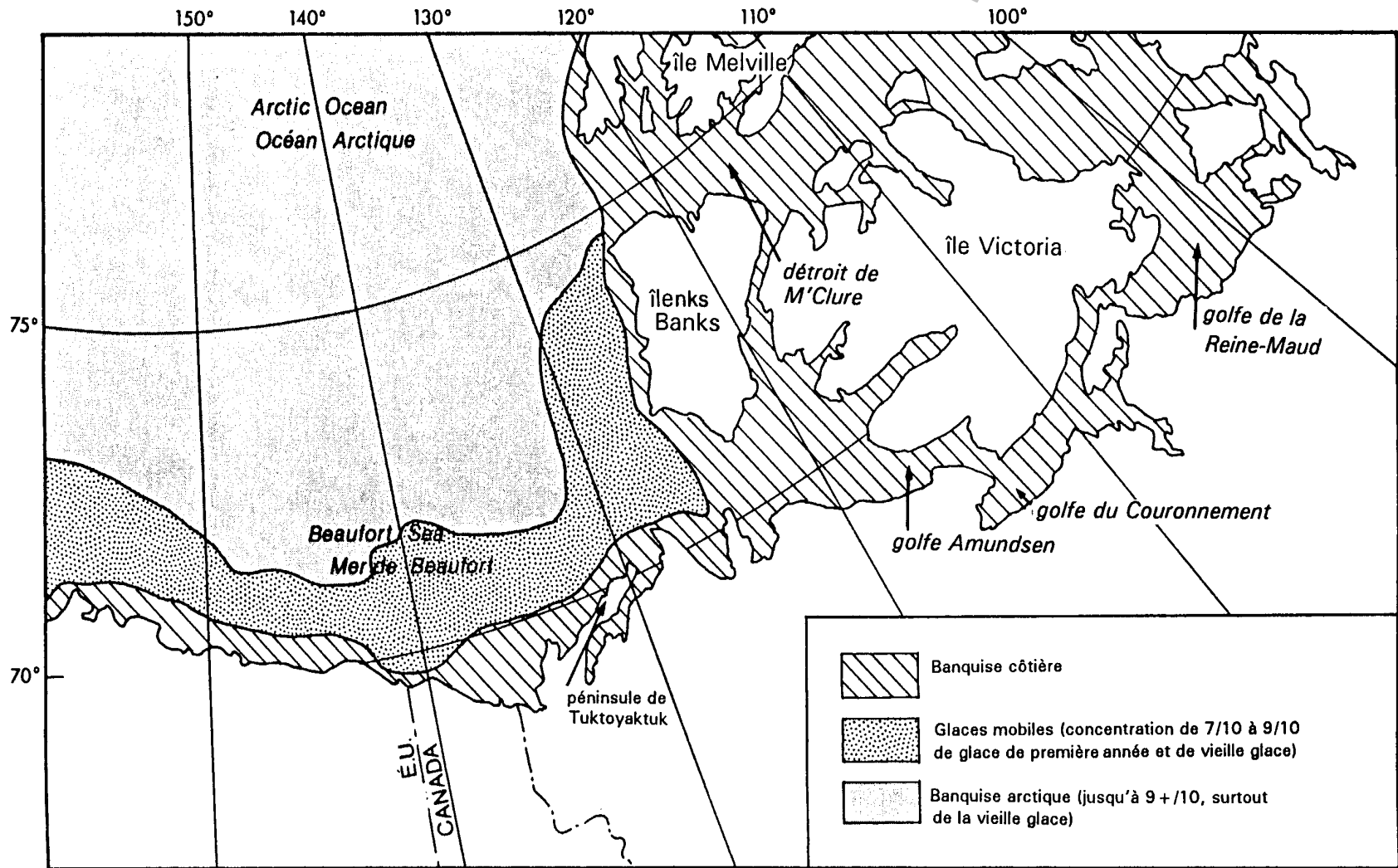
L'Ouest de l'Arctique compte une zone d'eau libre récurrente l'hiver, la polynie du cap Bathurst (figure 20). Comme les autres polynies, c'est un foyer où s'amorce la fonte printanière. Avec l'élévation des températures, la polynie principale et ses bras nord et ouest commencent à s'étendre, extension qui, jointe à des vents de suet dominants au printemps, provoque le recul de la lisière des glaces au nord-ouest. La polynie du cap Bathurst est d'une superficie hautement variable, et on sait qu'elle peut s'englacer l'hiver quand les vents d'ouest sont forts. En revanche, elle peut prendre une très vaste expansion les hivers où les vents sont légers ou où les températures s'élèvent au-dessus des normales.

Rupture, mouvement et désintégration des glaces

La banquise côtière de la partie méridionale de la mer de Beaufort au large de la péninsule de Tuktoyaktuk est la première à se fracturer et à se relâcher au printemps. Suivent les glaces côtières du golfe Amundsen, puis celles du littoral occidental du delta du Mackenzie. La rupture de ces banquises côtières coïncide avec celle des glaces côtières des golfes du Couronnement et de la Reine-Maud. Le mouvement des glaces ne joue pas beaucoup dans la dégradation de la couverture à l'est de la mer de Beaufort. Les eaux peu profondes et les chenaux étroits de la région restreignent largement ce mouvement et la plupart des glaces se désintègrent sur place.

Dans la mer de Beaufort, le constant mouvement des glaces accélère la désintégration. Dès que la couverture s'affaiblit, elle se rompt rapidement, laissant plus d'eau libre entre les floes, ce qui hâte la désintégration.

Figure 23 Étendue des glaces de mer au milieu de l'hiver dans la mer de Beaufort



Conditions glacielles normales et extrêmes

La présence de la banquise polaire au large est l'influence prédominante qui s'exerce dans cette région. Les années où les vents du large dominant l'été, d'après conditions glacielles apparaissent vite. La banquise se trouve d'ordinaire à environ 150 km en mer, mais on sait que les étés où les vents sont contraires les glaces en viennent à se presser directement contre la côte ou contre ce qui reste de la banquise côtière. Dans ces circonstances, les vents du large rabattent non seulement les glaces contre le littoral, mais abaissent aussi largement la température moyenne de l'air, refroidissement qui ralentit à son tour la dégradation de la glace.

À l'inverse, les vents de terre (écoulement sud) peuvent causer dès la fin d'avril une extension rapide de la polynie du cap Bathurst et pousser la banquise encore plus en mer. Ce régime éolien peut frayer une voie d'eau libre le long de la côte de l'Alaska et du littoral continental dès la troisième semaine de juillet et ce passage peut être navigable jusqu'en octobre.

COPIE NON-CONTROLÉE

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 4 NAVIGATION DANS LES GLACES

NOTA : Dans le cas des navires qui ne sont pas expressément conçus ni construits pour la navigation dans les glaces, on doit adapter aux conditions glacielles les appareils de propulsion et de commande et renforcer la coque pour que le bâtiment puisse naviguer dans des eaux couvertes de glaces.

4.1 EFFET DE LA GLACE ET DE LA NEIGE SUR LE RENDEMENT DES NAVIRES

<i>Banquise lâche</i>	Banquise dont la concentration est de 4/10 à 6/10 et où les floes ne sont généralement pas en contact les uns avec les autres.
<i>Banquise serrée</i>	Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui se compose de floes dont la plupart sont en contact.
<i>Éperonnage</i>	Tentative de briser la glace en poussant le navire le plus en avant possible à plusieurs reprises, en faisant machine arrière et en répétant la manœuvre.
<i>Glaces déformées</i>	Glaces qui ont été serrées les unes contre les autres et, de ce fait, soulevées ou enfoncées par endroits.
<i>Glace entassée ou empilée (en chevauche-ment)</i>	Type de déformation dans lequel les plaques de glace se chevauchent.
<i>Glace fragmentée</i>	Glace déformée présentant des amoncellements irréguliers.
<i>Glace plane</i>	Glace qui n'a subi aucune déformation.
<i>Glace tourmentée</i>	Glace brisée soulevée par la pression des glaces environnantes.
<i>Hummock</i>	Monticule de glace brisée qui a été soulevée par la pression.
<i>Zone de cisaillement</i>	Zone de contact entre banquise côtière et banquise proprement dite où le mouvement et la pression causent une formation intense de crêtes et de fragments.

4.1.1 Résistance des navires

La résistance d'un navire est plus grande en glace plane qu'en eau libre. Plus l'épaisseur et (ou) la force des glaces augmentent, plus un bâtiment doit accroître sa puissance pour tenir sa vitesse. Ajoutons cependant que, en eau libre comme dans toute concentration de glace, le navigateur devrait user de prudence et éviter les vitesses excessives.

Il existe plusieurs états de déformation des glaces qui avivent la résistance à laquelle se heurte un navire : glace entassée ou empilée (en chevauchement), tourmentée, fragmentée ou hummockée. Règle générale, on peut affirmer que la glace entassée, tourmentée et fragmentée met de sérieuses entraves à la progression d'un navire. La circonspection est également de mise quand on navigue dans des glaces planes où se dressent çà et là des hummocks ou des chevauchements.

MISE EN GARDE : TOUT NAVIRE NON RENFORCÉ POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES DEVRAIT ÉVITER LES FLOES, SURTOUT SI LA GLACE EST DÉFORMÉE ET PRÉSENTE DES CHEVAUCHEMENTS, DES CRÊTES OU DES FRAGMENTS.

Quand l'épaisseur de la glace excède celle où le navire peut tenir sa marche (quand se présentent, par exemple, de la vieille glace, des crêtes, des chevauchements ou des hummocks), le bâtiment pourrait devoir recourir à l'éperonnage, si sa structure le permet.

L'influence de la neige sur le rendement d'un navire varie directement selon l'épaisseur et le caractère de la couverture nivale et augmente largement la résistance de marche. Le coefficient de frottement entre la neige et la coque est fonction de la consistance et de la charge d'humidité de la neige, la neige plus mouillée se caractérisant par un coefficient plus élevé. Dans certaines conditions ambiantes, la neige sera très 'collante' et, dans d'autres, très sèche et très friable. Une règle empirique dit que l'on peut estimer la résistance liée à la couverture nivale en ajoutant la moitié de l'épaisseur de la neige à l'épaisseur de la glace et en jugeant du rendement d'après cette épaisseur accrue. Dans une neige 'collante', cette résistance est très difficile à prévoir, mais peut se révéler très grande, voire égale ou supérieure à la résistance de rupture de glaces. Les revêtements antifriction et la forme de la coque jouent un grand rôle dans le rendement naval en zone de glaces à couverture nivale.

4.1.2 Manœuvre des navires

Les caractéristiques de forme de la coque qui influent le plus sur la manœuvrabilité en zone de glaces sont le rapport longueur-largeur, le dévers et la forme de l'avant, du milieu et de l'arrière. Les conditions glacielles agissent tout autant sur la manœuvrabilité : épaisseur, couverture, pression et existence de zones de cisaillement. Le diamètre du cercle de virage d'un navire s'accroît avec l'épaisseur de la glace. Dans les autres conditions, les virages subissent généralement l'influence du degré de confinement dans les glaces. Il est cependant rare que l'on vire en mouvement continu dans les glaces, les manœuvres en étoile ou en dégagement de chenal étant plus courantes et plus rapides. La sous-section 4.2.1 décrit ces manœuvres. On a aussi pu démontrer que les manœuvres de roulement sont efficaces pour la plupart des bâtiments brise-glace.

4.1.3 Capacité structurale

Le rendement d'un navire en zone de glaces peut être limité par la capacité de la charpente de résister au choc des glaces. L'ordre de grandeur des forces incidentes variera selon les modes d'exploitation et les régimes de glaces. Ainsi, un navire qui se trouve dans de la glace de première année s'exposera moins au choc glaciaire que celui qui navigue dans de vieilles glaces ou qui doit

éperonner des formations glacées pour protéger des bâtiments ou des ouvrages de moindre résistance aux glaces. En matière d'intensité générale d'impact, les manœuvres d'éperonnage sont celles qui font naître les plus grandes forces contre la charpente d'un navire.

4.1.4 Systèmes d'amélioration du rendement

Les systèmes d'amélioration de rendement visent à réduire la puissance nécessaire à la propulsion et à rendre un navire plus manœuvrant dans les glaces. Les systèmes de roulement, qui impriment un mouvement de balancement à un navire et atténuent l'effet de frottement statique, se révèlent utiles quand un bâtiment est pris dans des glaces sous pression ou s'échoue sur une formation glacée. Ces systèmes faisaient partie intégrante des brise-glace de la Garde côtière canadienne jusqu'au début des années 1980. Les systèmes suivants de lubrification de coque peuvent également diminuer la résistance et augmenter la manœuvrabilité :

- a) **Revêtements antifriction** - On peut recourir à des revêtements antifriction pour réduire l'effet de frottement; on en trouve maintenant dans beaucoup de brise-glace.
- b) **Système de production de bulles d'air** – Un système de production de bulles d'air (bullage) a été adopté pendant les années 1970 dans les brise-glace de la Baltique. Ce système utilise un ou plusieurs compresseurs pour pulser de l'air dans des buses latérales au-dessous de la ligne de flottaison. Les bulles montent à la surface avec l'eau entraînée, lubrifiant la zone de contact entre les glaces et la coque, tant au-dessus qu'au-dessous de la ligne de flottaison. Voici des conditions et des manœuvres auxquelles ce système est particulièrement bien adapté : navigation lente dans de la 'glace collante' ou des glaces à profonde couverture nivale, manœuvres dans des glaces sous pression, manœuvre de recul après éperonnage et manœuvre d'accostage.
- c) **Système de déversement avec injection d'air** - Dans ce système, on injecte de l'air dans de l'eau qui est pompée dans des buses latérales au-dessous de la ligne de flottaison. Il existe peu d'installations de ce type et on est peu renseigné sur le rendement d'un tel système.
- d) **Système de déversement à la coque** - Le système de déversement à la coque, que l'on trouve dans quelques brise-glace canadiens, pompe de grandes quantités d'eau dans des buses avant au-dessus de la ligne de flottaison. Le but est d'inonder la glace d'eau, ce qui a pour effet de lubrifier la zone de contact entre le bâtiment et les glaces.

4.2 TECHNIQUES DE MANŒUVRE DES NAVIRES DANS LES GLACES

<i>Banquise</i>	Terme général désignant toute étendue de glace de mer, quelle que soit sa forme ou sa concentration.
<i>Crête</i>	Glacis brisée soulevée par la pression des glaces environnantes.
<i>Éperonnage</i>	Tentative de briser la glace en poussant le navire le plus en avant possible à plusieurs reprises, en faisant machine arrière et en répétant la manœuvre.
<i>Glacis fragmentée</i>	Morceaux de glace qui s'amoncellent.

<i>Navire coincé</i>	Navire entouré par les glaces et incapable de se mouvoir.
<i>Oreille antiglace</i>	Ouvrage en coin au-dessus du gouvernail qui aide à protéger celui-ci contre les glaces en marche arrière.
<i>Quille</i>	Partie submergée d'un fragment de glace sous une crête et qui y a été enfoncée par la pression.
<i>Renforcement antiglace</i>	Renforcement de la coque pour la navigation dans des eaux couvertes de glaces.
<i>Tirant d'eau glacial</i>	Tirant d'eau d'un navire qui tire parti du renforcement de la coque pour la navigation dans les glaces.
<i>Voilure</i>	Partie émergée de la glace d'une crête.
<i>Zone de renforcement antiglace</i>	Zone de la coque renforcée en vue de supporter les charges de glace à la ligne de flottaison en tirant d'eau glacial.

4.2.1 Manœuvres dans diverses conditions glacielles

Les glaces sont un obstacle pour tout navire, voire pour un brise-glace, et le navigateur inexpérimenté se doit d'acquiescer un sain respect pour la puissance éventuelle des glaces sous toutes leurs formes. Il reste cependant tout à fait possible, comme l'expérience continue à le démontrer, que des navires bien entretenus et bien pourvus qui ont été confiés à des mains expertes naviguent sans difficulté dans des eaux couvertes de glaces.

NOTA : L'expérience nous enseigne que quatre règles fondamentales de manœuvre dans les glaces s'imposent :

- *le navire doit **constamment avancer**, même en mouvement très lent*
- *le mouvement du navire doit épouser celui des glaces et non pas s'opérer au rebours*
- *une **vitesse excessive** est synonyme **d'avaries** par les glaces*
- *il faut connaître les caractéristiques de **manœuvre** de son navire.*

Le premier principe d'une fructueuse navigation dans les glaces est que l'on doit éviter de s'arrêter ou de se prendre dans les glaces. Une fois qu'un navire est prisonnier des glaces, il va où elles vont. Une telle navigation exige beaucoup de patience et peut être épuisante, que l'on soit escorté ou non d'un brise-glace. Le long contournement d'une zone difficile dont on connaît les limites est souvent le moyen le plus rapide et le plus sûr de rentrer à bon port ou de gagner la haute mer.

Avant la pénétration dans les glaces

S'il est possible de contourner les glaces (même si le parcours devrait s'en trouver considérablement allongé), il est plus sûr pour un navire non renforcé ou un bâtiment dont la capacité structurale ne

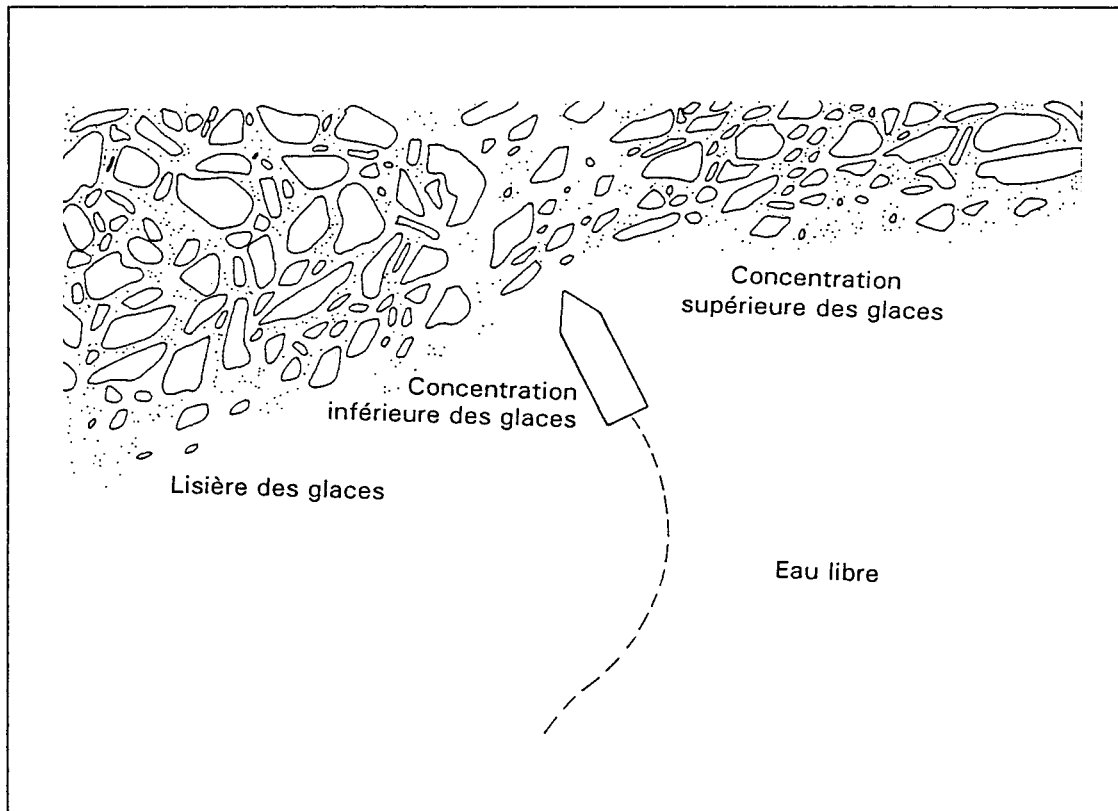
convient pas aux conditions glacielles qui règnent de faire ce détour que de traverser une grande étendue de glaces. Toute économie prévue de mazout sera plus que contrebalancée par le risque d'avaries et même la consommation de mazout pourrait être supérieure dans une telle traversée, même si la distance est moins grande.

NOTA : *On ne doit pas sous-estimer la dureté de la glace, ni les risques d'avarie qui y sont liés.*

On doit réunir les conditions suivantes avant qu'un navire ne pénètre dans un champ de glaces :

- On doit suivre la route recommandée par l'agent d'opérations (glaces) du Centre des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM). De telles recommandations s'appuient sur les derniers renseignements disponibles et les capitaines ont intérêt à régler leur navigation en conséquence.
- On doit établir des vigies supplémentaires et on peut renforcer le quart de passerelle selon la visibilité.
- La lumière doit être suffisante pour que l'on puisse traverser tout le champ de glaces ou le navire doit être convenablement pourvu de projecteurs puissants et sûrs.

Figure 24 Bonne façon d'aborder un champ de glaces : approche lente et perpendiculaire à la lisière (Parnell, 1986)



- d) On doit réduire la vitesse le plus possible au moment de recevoir le premier choc des glaces.
- e) Le navire doit être perpendiculaire à la lisière de la banquise pour éviter les collisions obliques, et on doit soigneusement choisir le point de pénétration dans les glaces (voir la figure 24) et entrer de préférence dans une zone de moindre concentration des glaces.
- f) On a bien renseigné les gens de la salle des machines sur la situation et sur ce qu'ils peuvent avoir à faire, puisqu'il peut s'avérer nécessaire de faire machine arrière à tout moment.
- g) On a lesté le navire jusqu'au tirant d'eau glacial, s'il y a lieu, ou jusqu'au tirant qui assure la protection d'une étrave à bulbe, du gouvernail ou des hélices (le cas échéant).
- h) Le navire devrait être muni d'un système interne de refroidissement au cas où les prises d'eau de mer pour le refroidissement de la machine motrice s'obstrueraient de gadoue.

Après la pénétration dans les glaces

Après s'être engagé dans les glaces, on augmente lentement la vitesse du bâtiment en tenant compte de l'état des glaces et de la vulnérabilité du navire. Si la visibilité faiblit pendant qu'on traverse les glaces, on devrait réduire la vitesse jusqu'à pouvoir stopper le bâtiment à distance de visibilité. En cas de doute, on doit s'arrêter jusqu'à ce que la visibilité s'améliore. Les risques d'avarie par les glaces se multiplient avec la diminution de la visibilité. S'il y a arrêt, on doit laisser tourner les hélices à faible régime pour empêcher la glace de s'accumuler autour de l'arrière.

NOTA : La section 4.3 décrit en détail la navigation dans les glaces, mais la régie générale est :

- *d'exploiter la banquise au mieux en suivant les nappes d'eau libre et les zones de faible concentration des glaces, même si au départ il faut s'écarter largement de sa route*
- *d'éviter dans des conditions de visibilité restreinte, de suivre un chenal d'eau libre à une vitesse excessive, ce passage ayant peut-être frayé par un iceber.*

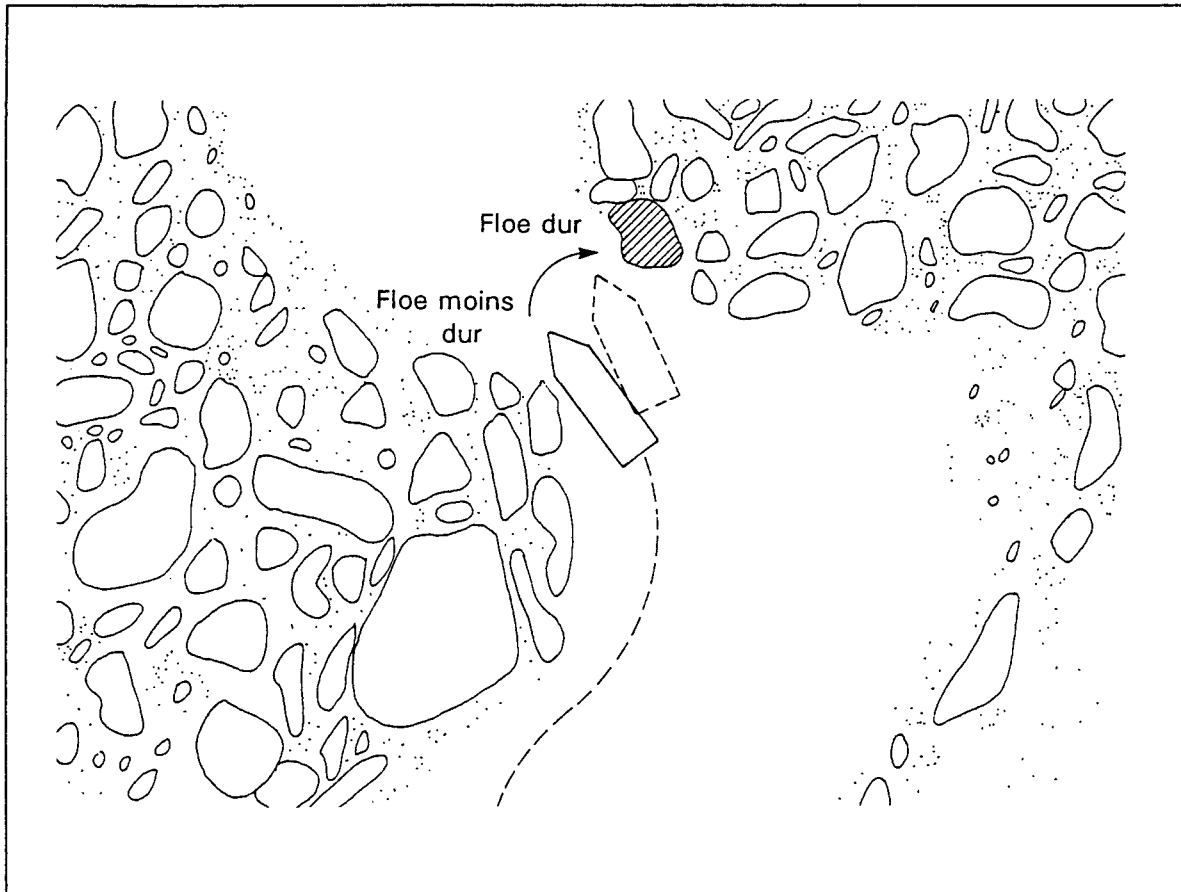
Manœuvre de virage dans les glaces

On peut avoir à changer de cap dans les glaces. Dans la mesure du possible, les changements de route devraient se faire en eau libre ou là où la couverture est relativement légère, puisque les virages dans les glaces exigent beaucoup plus de puissance que les virages en zone dégagée, le navire devant tenter de briser la glace avec ses bords plutôt qu'avec sa proue. On doit user de prudence même quand on tourne en eau libre, car il est facile de sous-estimer le mouvement tournant du navire et d'entrer en contact avec la glace par le travers ou l'arrière. Une collision oblique avec des glaces peu puissantes peut être suivie d'une collision avec des glaces plus dures (voir la figure 25).

Le bâtiment aura une forte tendance à suivre la voie de moindre résistance et il peut se révéler difficile, voire impossible de virer hors d'un chenal. Les navires dotés de deux hélices devraient s'en aider pour tourner.

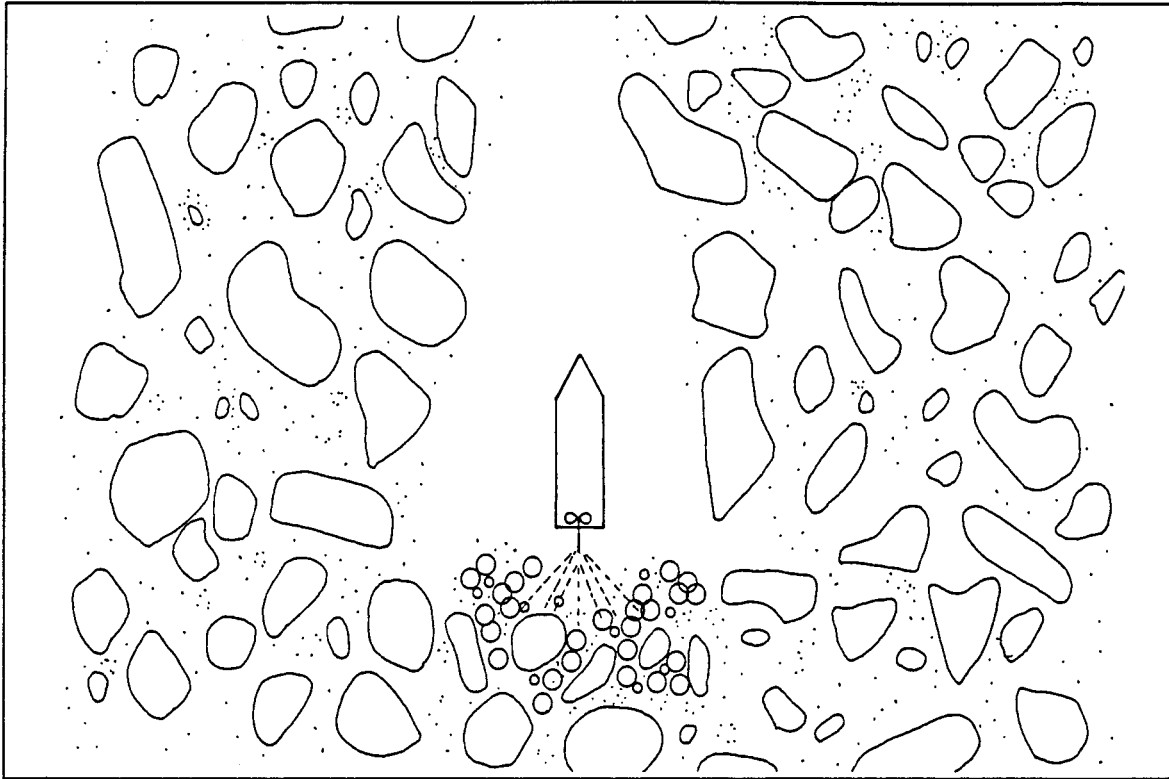
MISE EN GARDE : ON DOIT ÉVITER DE VIRER DANS UNE LOURDE COUVERTURE DE GLACE.

Figure 25 Danger d'une manœuvre de virage dans un chenal en zone de glaces : en heurtant obliquement un floe peu puissant, un navire peut être dévié vers un floe plus dur (Parnell, 1986)



S'il est impossible de virer en eau libre, le capitaine doit décider de la manœuvre de virage à exécuter. Si le virage n'a pas à être serré, il est préférable de maintenir son erre en mettant de la barre. Quand les conditions glacielles sont telles que le navire progresse très peu, l'effet de frottement du gouvernail que l'on tourne peut suffire à immobiliser le navire. Dans ces circonstances ou en cas de virage serré, on devra exécuter une manœuvre en étoile, qui consiste à s'éviter (sur place) en reculant et en gagnant par le moteur et le gouvernail. Les capitaines devront mettre en balance les dangers d'un recul dans les glaces (voir la sous-section 4.2.1d)) en exécution de cette manœuvre et les dangers d'un long virage en zone de glaces.

Figure 26 Manœuvre de recul dans les glaces : zéro la barre, en arrière très lente; brève poussée en marche avant pour dégager les glaces (Parnell, 1986)



Manœuvre de recul dans les glaces

Le recul dans les glaces est une manœuvre dangereuse, puisqu'il expose à l'action des glaces les organes les plus vulnérables du navire, à savoir le gouvernail et l'hélice. On ne devrait y recourir qu'en cas de nécessité absolue, et il ne doit jamais être question d'éperonner en marche arrière.

Le bâtiment devrait passer en marche arrière très lente avec la barre à zéro (figure 26). Si le gouvernail est sorti et heurte un fragment de glace en marche arrière, la force de torsion qui s'exercera sur l'étambot arrière sera beaucoup plus grande que si la barre est à zéro. En position longitudinale, le gouvernail sera protégé par l'oreille antiglace s'il y en a une. Quand la glace commence à s'accumuler sous l'arrière, une brève poussée en marche avant devrait permettre de la chasser. Il peut être très efficace d'appliquer cette technique de recul et de chasser les glaces par des pointes de marche avant, mais on doit bien surveiller la distance entre l'arrière du navire et la lisière des glaces. Si on ne voit pas bien la situation depuis la passerelle, on doit établir une vigie sûre à l'arrière avec une liaison radio ou téléphonique.

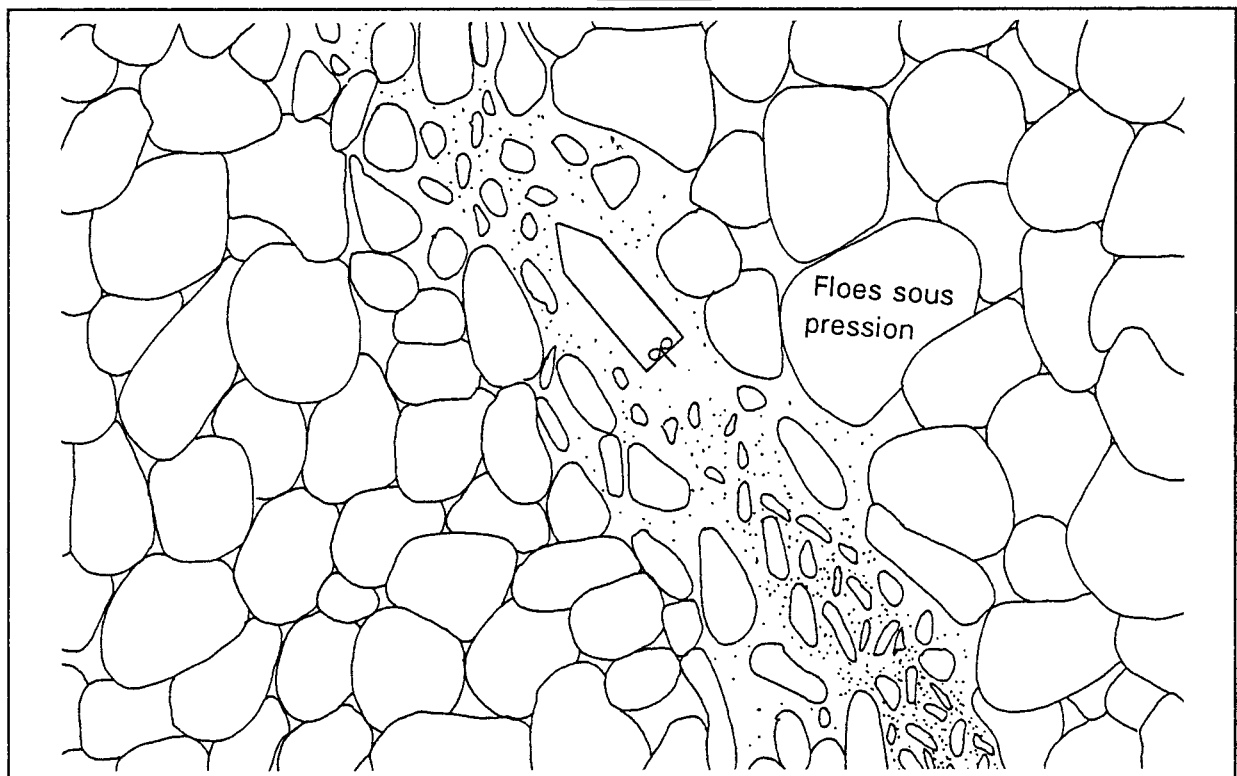
MISE EN GARDE : ON DOIT ÉVITER LE PLUS POSSIBLE DE RECULER DANS LES GLACES; SI CETTE MANOEUVRE DEVIENT NÉCESSAIRE, ON DOIT L'EXÉCUTER AVEC UNE EXTRÊME PRUDENCE EN MARCHE TRÈS LENTE.

Précautions contre le coincement

La meilleure façon de ne pas se coincer dans les glaces est d'éviter les zones de glaces sous pression. Cette pression peut naître de diverses façons. Les situations de resserrement d'une banquise lâche par les vents dominants sont les plus fréquentes, mais ce tassement se produit aussi quand les marées, les courants ou des vents du large pressent les glaces contre la côte. La banquise soumise à la pression pendant quelque temps subira des déformations sous forme de chevauchements, de crêtes ou de hummocks. Les apparences sont trompeuses, la partie émergée d'une crête ou d'un hummock pouvant n'être que de 1 à 2 m alors que la partie immergée peut se trouver plusieurs mètres en dessous. Le danger de coincement s'accroît largement en zone de vieilles glaces ou de glaces de glacier, la pression qui s'exerce sur la coque étant dans ce cas beaucoup plus vive.

Quand on navigue dans la banquise, on devrait fréquemment vérifier s'il n'y a pas d'indices que le passage se referme derrière le navire. Normalement, le passage se resserrera par dégagement de pression au gré de la progression du bâtiment, mais si les glaces commencent à se refermer entièrement derrière le bâtiment, c'est sûrement le signe que la pression augmente (Figure 26).

Figure 27 La pression du champ de glaces referme le passage derrière le navire (Parnell, 1986)



MISE EN GARDE : TOUT NAVIRE NON RENFORCÉ POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES DEVRAIT ÉVITER LES FLOES DE ZONES DE CHEVAUchement OU DE FORMATION DE CRÊTES.

De même, si on emprunte un chenal d'eau libre entre la banquise et la côte ou entre les glaces mobiles et la banquise côtière, on devrait s'inquiéter des changements éventuels de direction de vent ou de marée, la voie pouvant se refermer rapidement.

Dégagement d'un navire coincé

Pour dégager un navire coincé, il faut atténuer l'emprise des glaces sur la coque, ce que l'on peut faire de plusieurs façons, ou on peut avoir à attendre que les conditions s'améliorent.

- a) On fait machine avant et arrière toute en mettant la barre tantôt à gauche tantôt à droite, manœuvre qui écarte les glaces par effet de levier. En marche arrière, on doit s'assurer que des glaces ne vont pas jusqu'à l'hélice ou, si le navire se libère, qu'il ne cule pas dans une lourde couverture de glaces.
- b) On peut lester à bâbord et à tribord pour donner de la bande au navire et changer la configuration sous l'eau. C'est une méthode qu'on ne doit adopter que si on en connaît les conséquences possibles en cas de brusque dégagement du bâtiment. Elle est plus efficace dans les navires plus vieux que dans les navires modernes au profil ramassé.
- c) Il est moins dangereux d'emplir et de vider le réservoirs de coqueron avant et arrière que de se servir des ballasts, mais cette solution est aussi moins efficace.
- d) Dans les petits navires, il est peut-être possible de balancer des charges hors du bord sur grue ou croc pour donner de la bande et dégager le bâtiment. Là encore, on ne doit employer cette méthode que si on connaît les conséquences possibles d'un brusque dégagement.

Éperonnage

L'éperonnage est particulièrement efficace quand on essaie de progresser dans des glaces épaisses que l'on ne pourrait autrement briser.

MISE EN GARDE : LES NAVIRES QUI N'ONT PAS DE RENFORCEMENT ANTIGLACE OU QUI SONT POURVUS D'UNE ÉTRAVE À BULBE NE DEVRAIENT PAS SE LIVRER À DES MANOEUVRES D'ÉPERONNAGE.

EN MANOEUVRE D'ÉPERONNAGE, LES NAVIRES RENFORCÉS POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES DEVRAIENT ÊTRE D'UNE EXTRÊME PRUDENCE.

Pour les navires qui peuvent éperonner les glaces, c'est par tâtonnements que l'on juge de la meilleure distance de recul à prendre par rapport à la lisière des glaces pour gagner de la vitesse. La distance optimale sera celle qui donne la meilleure progression avant pour le moins de déplacement arrière. Il est toujours nécessaire d'y aller d'abord de brefs éperonnages pour jauger l'épaisseur et la dureté des glaces. Tous les navires doivent surveiller de près l'état des glaces pour que le bâtiment ne s'engage pas dans une crête ni dans un gros floe.

L'éperonnage demande une extrême prudence, car les forces incidentes du contact avec la glace peuvent être très grandes. Pour les navires à renforcement antiglace, elles peuvent être supérieures à celles que le concepteur avait à l'esprit quand il a dressé les plans de charpente du navire et elles peuvent causer des avaries. Précisons cependant que, si l'éperonnage se fait toujours à petite vitesse, les risques d'avarie s'en trouveront grandement réduits.

4.2.2 Manœuvre d'un navire avarié dans les glaces

Il est possible au besoin d'abandonner un navire dans des eaux couvertes de glaces en abaissant canots et radeaux de sauvetage jusqu'à la surface glacée, si la glace est assez épaisse pour en supporter le poids.

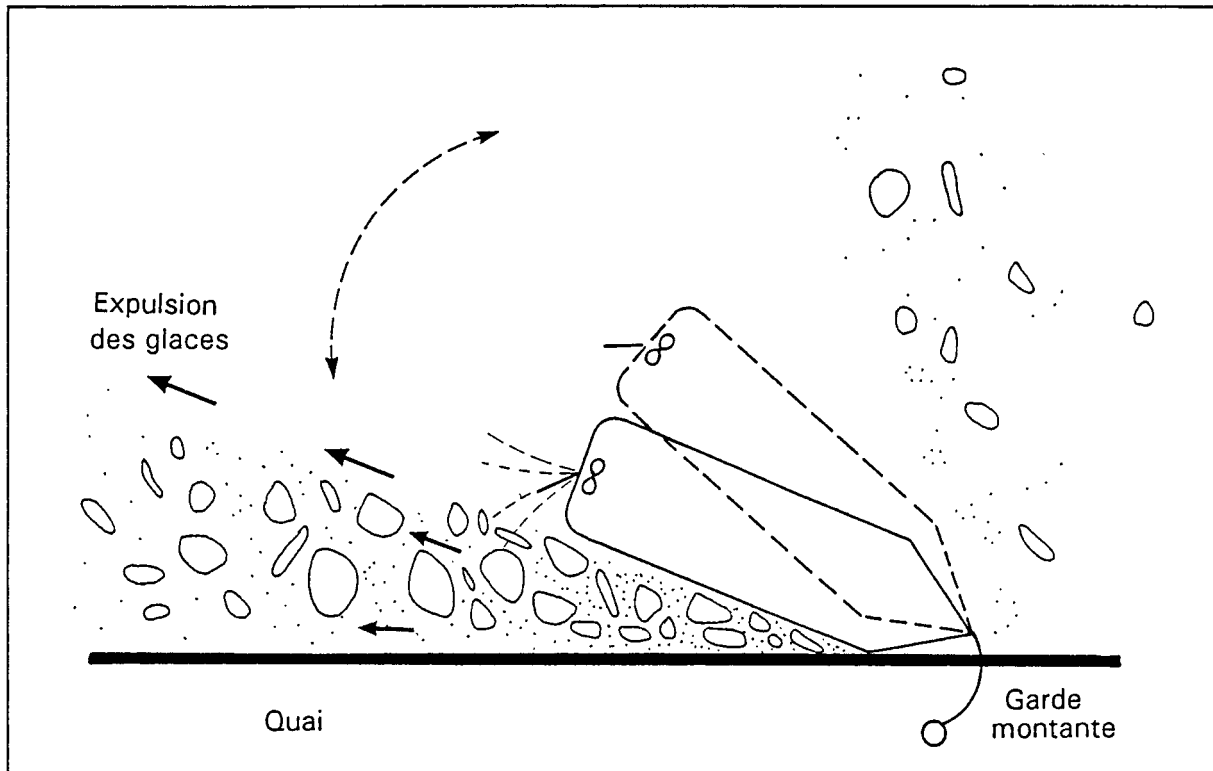
Si on peut rendre le bateau suffisamment navigable pour qu'il puisse poursuivre sa route, on devra évaluer l'effort que demandera la rupture des glaces sur cette route, par opposition au risque que l'on prend en attendant sur place d'être escorté. On devrait protéger de tout nouveau choc la partie endommagée en corrigeant l'assiette, bien que cette modification puisse influencer sur la capacité de rupture. Dans les navires renforcés, une prise de ballasts pour réduire l'inondation au minimum peut exposer la coque au-dessus ou au-dessous de la zone de renforcement antiglace. On doit veiller à ce que la correction d'assiette ne soumette pas non plus le gouvernail ni les hélices à l'action des glaces. Si une telle correction est inévitable, on doit s'assurer que toute décision ultérieure se prend en toute connaissance des dangers.

4.2.3 Accostage

L'accostage dans des eaux couvertes de glaces peut être, et se révèle habituellement, une longue opération, particulièrement dans l'Arctique où normalement on ne peut compter ni sur des pilotes ni sur des remorqueurs. À l'approche d'un poste d'amarrage en zone de glaces, il est souhaitable (même si ce n'est pas la pratique normale) de poster un officier à l'avant pour qu'il signale à la passerelle la distance qui sépare le bâtiment du quai ou du débarcadère, car une variation de l'épaisseur des glaces (qui n'aura n'a pas été observée de la passerelle) pourrait faire brusquement monter ou baisser la vitesse d'accostage.

Une multitude de facteurs entrent en jeu selon la taille du navire et le genre de poste d'amarrage, mais le but devrait être d'aligner le bord en laissant le moins de glace possible entre la muraille du navire et la façade du poste. On peut atteindre ce but en touchant par l'avant l'extrémité rapprochée du poste et en glissant le long de la façade (comme on touche de l'étrave le bajoyer à l'entrée d'une chambre d'écluse dans la voie maritime), ou encore en filant à l'extrémité éloignée, l'équipage devant dans ce cas amarrer la proue à l'aide d'une solide garde montante et faire machine avant lente pour que le remous expulse les glaces entre le poste et le navire (figure 28). Souvent, on doit combiner les deux techniques (dans les navires suffisamment manœuvrables, il est possible de dégager le poste d'amarrage de toute glace avant de mettre à quai). On doit veiller à ne pas abîmer le quai.

Figure 28 Accostage : expulsion des glaces par le remous pendant que l'avant est amarré avec une garde montante (Parnell, 1986)



Une fois le navire amarré, on doit tout mettre en œuvre pour le garder aligné et ne pas laisser des glaces s'insinuer entre la muraille et le poste. Si le quai se trouve dans un cours d'eau ou dans une zone de forte marée, il n'y a **rien** qui puisse maintenir l'alignement si les glaces sont en mouvement. La prudence nous dicte dans ce cas d'éloigner le navire du quai **avant** que la situation ne se détériore. Les conditions glacielles peuvent rapidement se transformer quand on est à quai et c'est pourquoi il est souhaitable de mettre les machines en réserve en tout temps.

MISE EN GARDE : ON DOIT METTRE LES MACHINES EN RÉSERVE EN TOUT TEMPS DANS UN ACCOSTAGE EN RIVIÈRE OU EN ZONE DE FORTE MARÉE SI LES GLACES SONT EN MOUVEMENT.

4.2.4 Remorquage dans les glaces

Il est possible de remorquer un navire dans les glaces, bien que la contrainte qui s'exerce sur le câble de remorque soit d'autant plus grande que le remorqueur ou le brise-glace subit les secousses d'accélération ou de ralentissement de l'action de rupture des glaces. La situation s'améliorera si un brise-glace fraie la voie au brise-glace remorqueur. Il existe une longue tradition dans ce domaine dans la Baltique où les brise-glace ont une prise de remorquage à l'arrière et sont pourvus de treuils et de câbles puissants pour que l'avant du navire remorqué puisse être amené et assujetti à

l'arrière du navire remorqueur. Il s'agit de la méthode de remorquage à couple serré, considérée comme étant efficace dans une couverture de glace uniforme.

Dans les années 1970 et au début des années 1980, il y a eu beaucoup d'opérations de remorquage dans les glaces de la mer de Beaufort par des brise-glace ou des ravitailleurs-mouilleurs à l'occasion de déplacements de navires ou de plates-formes de forage. L'expérience nous enseigne que de telles opérations exigent des connaissances spécialisées en remorquage et en navigation dans les glaces, ainsi qu'un matériel spécialisé approprié. L'appareillage de remorquage doit être robuste et permettre de fréquentes modifications de longueur de câble. Il est recommandé d'utiliser des boudins amortisseurs ou des chaînes à surcharge. Les attelages doivent optimiser la manœuvrabilité pour que navire remorqueur et navire remorqué puissent contourner les crêtes et les floes puissants.

On recommande de doubler la remorque d'un câble plus faible, d'ordinaire une pantoire plus légère, qui se rompra avant la remorque ou l'attelage. Quand il dégage un navire coincé, le remorqueur peut raccourcir la remorque pour que le remous de l'hélice lubrifie la coque du bâtiment remorqué, mais on doit avoir soin de ne pas endommager ce dernier par un trop grand remous. Le remorquage dans les glaces est une manœuvre bien particulière que l'on ne doit pas entreprendre sans formation ni expérience.

4.2.5 Gestion des glaces

Là où un brise-glace sert à éviter que des glaces n'entrent en collision avec des ouvrages fixes comme des plates-formes de forage, la technique de gestion des glaces entre en jeu. Depuis une quinzaine d'années, la flotte de brise-glace et de ravitailleurs en mer de la marine nordique canadienne et américaine exécute des opérations de soutien des activités de forage. Les brise-glace tentent soit de briser les glaces dérivantes, soit d'écarter les floes. En gestion des glaces, il est très important de se renseigner sur l'état actuel et futur des glaces pour optimiser l'affectation des brise-glace.

4.3 NAVIGATION DANS DES EAUX COUVERTES DE GLACES

<i>Banquise serrée</i>	Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui se compose de floes dont la plupart sont en contact.
<i>Bourguignon</i>	Petit bloc de glace de glacier (iceberg) émergeant de moins de 1 m et mesurant environ 20 m ² de superficie et moins de 5 m de long.
<i>Fragment d'iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge généralement de 1 à moins de 5 m et qui mesure 5 à 15 m de long et environ 100 à 300 m ² de superficie.
<i>Écho parasite</i>	Retour du signal radar d'une cible répartie (surface de la mer ou glace) qui peut masquer l'écho d'une cible ponctuelle (iceberg, fragment d'iceberg ou bourguignon).

Glace de première année	Glace n'ayant qu'un seul hiver de croissance et mesurant de 30 cm à 2 m d'épais.
Vélage	Séparation par rupture d'une masse de glace qui se détache ainsi d'un mur ou d'une falaise de glace ou encore d'un iceberg.
Vieille glace	Glace de mer qui a survécu à au moins un été de fonte.

4.3.1 Navigation sans escorte

L'expérience nous enseigne que les navires non renforcés pour la navigation dans les glaces qui ont une vitesse d'environ 12 nœuds en eau libre se coincent souvent dans une couverture de glace relativement légère, alors que des navires renforcés suffisamment puissants devraient pouvoir avancer dans des glaces de première année en concentration de 6/10 ou de 7/10. De tels navires peuvent naviguer sans escorte et sans autre aide que les recommandations de route. Les capitaines qui n'ont pas l'expérience des glaces jugent souvent utile de retenir les services d'un pilote ou conseiller spécialisé quand ils veulent traverser le golfe du Saint-Laurent l'hiver ou d'un officier de navigation dans les glaces quand ils veulent se rendre dans l'Arctique l'été.

4.3.2 Repérage et évitement des glaces

Quand on navigue en eau libre, on peut juger de la proximité des glaces à plusieurs signes (voir l'énumération de la partie I, section 2.4). À l'inverse, quand on navigue dans un champ de glaces, on peut relever plusieurs signes précurseurs de l'eau libre (même énumération de la partie I, section 2.4).

NOTA : *Pour une gestion efficace des glaces dans les Grands Bancs et sur le littoral est du Canada, il importe au plus haut point de communiquer les observations de glaces et d'icebergs à ECAREG CANADA par le Centre des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) le plus proche. Ces messages sont transmis gratuitement.*

Repérage de dangers glaciels à petite distance

Bien que la vigilance du personnel de quart aide un navire à éviter de gros obstacles (comme les icebergs), il y a toujours lieu de prévoir un repérage à petite distance des dangers des glaces, que ceux-ci prennent la forme de petits icebergs ou de vieux floes. La navigation à courte portée est une opération « interactive » ne se prêtant pas à l'application des techniques classiques de planification de traversée.

Deux catégories d'instruments facilitent le repérage des dangers à petite distance, à savoir les instruments visuels et les instruments radar. La catégorie visuelle comprend les projecteurs et les jumelles et la catégorie radar, les radars de marine sur bande X ou S. Le sonar a aussi servi au repérage des glaces de glacier, mais on en est encore au stade des travaux de conception dans ce domaine.

Nous traiterons en détail dans les pages qui suivent du repérage de dangers glaciels, mais quelques remarques générales s'imposent sur la détection des glaces au radar. Les échos radar de toutes les formes de glaces (et même des icebergs) sont beaucoup plus faibles que ceux d'un navire, par exemple, la réflectivité de l'énergie des signaux radar étant moins grande pour la glace (et plus particulièrement pour la neige) que pour l'acier. La détection de cibles glacielles à profil bas ou lisse est encore plus difficile sur l'écran radar, bien que les données radar jouent peut-être un rôle décisif quand on tente de localiser de telles cibles dans des conditions médiocres comme en haute mer, dans le brouillard ou dans une neige épaisse. Ainsi, dans une banquise serrée, la piètre réflectivité et la surface unie d'un floe peuvent produire sur l'image l'aspect d'une nappe d'eau libre ou bien l'écho d'oiseaux de mer en mer calme peut faire croire qu'il s'agit là de floes. Le navigateur doit se garder de tout excès de confiance dans ces circonstances.

MISE EN GARDE : ON NE DOIT PAS COMPTER SEULEMENT SUR LE RADAR DE MARINE POUR REPÉRER LES GLACES, ET PLUS PARTICULIÈREMENT LES GLACES DE MER.

Pour se renseigner plus en détail sur les types et les dangers glaciels, voir la sous-section 4.7.5.

Icebergs

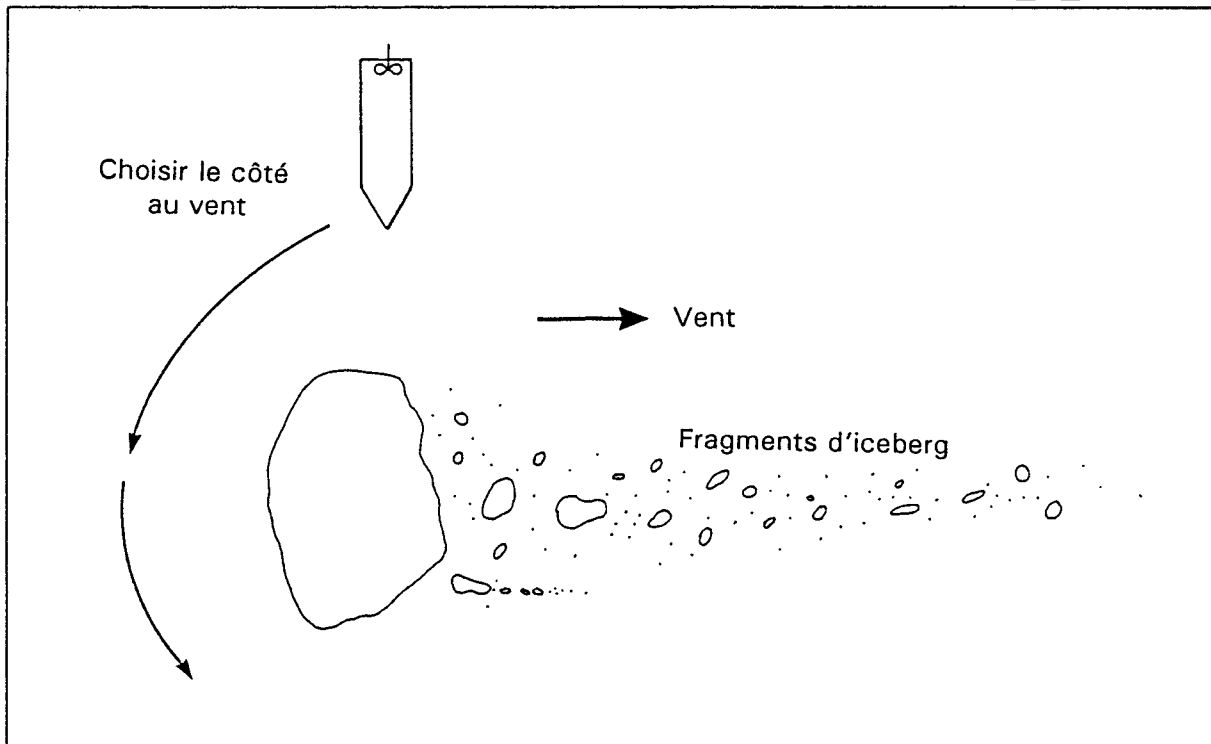
Les icebergs ont normalement un haut franc-bord et, de ce fait, ils sont faciles à repérer à vue (par temps clair) ou au radar de bord. Par visibilité médiocre ou nulle, on doit compter sur le radar et l'écho d'un iceberg à bas franc-bord, d'une surface unie ou d'une profonde couverture de neige est moins évident, surtout s'il est entouré d'échos brillants de la mer ou d'échos parasites des glaces.

Dans ce cas, la zone d'ombre derrière l'iceberg sur l'image radar est le meilleur moyen de repérage. L'ombre en question est une zone d'absence d'écho (à encadrement droit) derrière une haute cible. L'observation révélera que l'ombre s'accroît à l'approche de l'iceberg et tourne si l'angle que forment le navire et l'iceberg se modifie. On doit toutefois être prudent dans l'emploi de cette technique, car l'écho de la banquise est susceptible d'obscurcir celui de l'iceberg.

Quand le navire se rapproche de l'iceberg, la cible radar diminue et peut en fait disparaître à très petite distance, auquel cas il n'y aura que l'ombre pour trahir la présence de la formation glacée. C'est pourquoi il importe de pointer un iceberg (qui n'a pas fait l'objet d'un repérage visuel) dont s'approche un navire jusqu'à ce qu'on ait franchi le point extrême de proximité.

De temps à autre, des morceaux de glace se détachent ou vèlent d'un iceberg. Les gros morceaux sont des fragments d'iceberg et les petits, des bourguignons. Alors que les icebergs se déplacent principalement sous l'effet des courants à cause de leur important tirant d'eau, fragments et bourguignons sont surtout mus par le vent et passeront sous le vent de l'iceberg (figure 27). C'est ce qui se produit généralement, mais l'effet de puissants courants de marée peut modifier le tableau. Cependant, à cause de l'influence du vent sur les fragments et les bourguignons, il est souhaitable, si la chose est possible, de passer du côté au vent des icebergs pour les éviter. La distance de doublement d'un iceberg est fonction des circonstances, mais il faut se rappeler que : 1) plus le navire serre l'iceberg, plus il s'expose à rencontrer des fragments d'iceberg et 2) on devrait éviter de trop serrer parce que la partie immergée de l'iceberg peut saillir à quelque distance de l'extrémité visible de la formation.

Figure 29 Manœuvre de contournement d'un iceberg et de fragments d'iceberg (Parnell, 1986)



Fragments d'iceberg

Le repérage à vue des fragments d'iceberg dépend du degré de visibilité, ainsi que de l'état de la mer (mer étale) ou des glaces (surface relativement unie). Il est relativement facile de distinguer au radar ces fragments (dans les eaux où on en trouve) de la haute mer ou d'une couverture lisse de glace de première année, si leur hauteur est suffisante pour que leur écho se démarque de ceux de l'eau ou de la glace unie. On devrait vérifier soigneusement l'image radar pour y relever les ombres révélatrices de fragments moins hauts ou se situant dans des glaces ou des eaux donnant beaucoup d'échos parasites.

Le repérage de fragments au radar est difficile dans la banquise, surtout s'il existe des chevauchements, des crêtes ou des hummocks (voir la terminologie des glaces à la section 4.7) qui causent de la rétrodiffusion ou peuvent créer des ombres occultantes. La détection devient particulièrement ardue en zone d'eau libre, car l'ombre radar derrière des fragments bas est petite et on a du mal à la distinguer de l'écho foncé de l'eau libre entre des floes.

On doit éviter les fragments comme on évite les icebergs, mais on peut serrer de plus près parce que la partie immergée des fragments est peu susceptible de s'étendre aussi loin que celle des icebergs.

Bourguignons

Du fait de leur bas franc-bord et de leur peu de relief, les bourguignons sont le type de glaces de glacier le plus difficile à repérer (tant à vue qu'au radar) et c'est pourquoi ils constituent la forme la

plus dangereuse de glaces flottantes de glacier. En eau libre ou bergée quand les conditions météorologiques sont bonnes, la détection visuelle est possible à 2 ou 3 milles marins du navire, contrairement à la détection radar dont le rayon est de 0,5 mille marin seulement. Par gros temps, un bourguignon peut ne pas se voir dans une mer démontée ou ne pas se repérer parmi les échos parasites que renvoie la mer sur l'écran radar. On repérera au radar ou à vue aussi près qu'à 0,5 mille marin du bâtiment, là où le repérage est encore possible. Il importe de surveiller constamment le réglage radar et notamment le bouton d'accord (radar à accord manuel), pour s'assurer que l'appareil fonctionne à son plein rendement. Il peut être utile de varier les réglages, mais on doit veiller à ce que le radar soit accordé à nouveau après toute modification. On a parfois intérêt à repérer un bourguignon visuellement, puis à accorder le radar pour un retour maximum.

Il peut se révéler possible de repérer à vue par temps clair les bourguignons se trouvant dans une couverture de glace (parce qu'ils sont souvent d'un aspect transparent, vert ou sombre), mais il est souvent impossible d'en distinguer l'écho de ceux des glaces environnantes sur l'image radar. Comme on ne peut localiser avec précision chaque bourguignon parmi des floes, il faut établir une vitesse de sécurité quand on navigue au radar dans des eaux couvertes de glaces.

MISE EN GARDE : ON DOIT PRÉVOIR UNE CONSTANTE SURVEILLANCE VISUELLE ET RADAR DANS TOUTE RÉGION OÙ DES BOURGUIGNONS PEUVENT SE TROUVER.

Vieux floes

On repère surtout les vieux floes à vue, car il est impossible de distinguer au radar de marine la glace de première année de la vieille glace. On peut réduire les distances parcourues dans de vieilles glaces en consultant des cartes d'analyse des glaces pour éviter les zones de forte concentration de vieilles glaces, mais les navigateurs doivent rester à l'affût de ces dernières même dans des zones où les cartes n'en signalent pas. L'identification à vue est possible jusqu'à 1 ou 2 milles marins du navire par beau temps. Les vieilles glaces diffèrent des glaces de première année par leur surface arrondie et érodée, leur teinte bleutée, leur partie émergée plus haute et l'existence d'un réseau bien défini de canaux d'eau de fonte. La vieille glace se rencontre un peu partout dans l'Arctique canadien, la baie de Baffin, les détroits de Davis et d'Hudson et le bassin Foxe et elle s'observe à l'occasion dans la mer du Labrador et les Grands Bancs. Elle ne représente pas un danger dans le détroit de Cabot ni dans le golfe et le fleuve Saint-Laurent.

4.3.3 Visibilité

La navigation dans des conditions de visibilité restreinte est inévitable dans des eaux couvertes de glaces ou à proximité. Ainsi, il se peut qu'une traversée des glaces doive se poursuivre la nuit; autre situation, la brume est fréquente dans l'Arctique même en saison d'eau libre ou la visibilité est souvent réduite l'hiver par la poudrierie ou le chasse-neige dans le golfe du Saint-Laurent. On doit tout mettre en œuvre pour combattre le plus possible les risques de collision avec des glaces par piètre visibilité. Ajoutons que les prescriptions du règlement sur la prévention des collisions en mer ont également cours. On doit notamment s'efforcer :

- d'établir une **constante** surveillance visuelle et radar;

- d'utiliser des projecteurs la nuit;
- de réduire la vitesse avant de pénétrer dans un champ de glaces par piètre visibilité et de ne pas l'accroître avant de bien connaître les dangers;
- de diminuer la vitesse dans **toute** situation de navigation dans les glaces où le rapport entre glace de glacier et glace de première année indique que les chances de collision se multiplient notablement;
- de repérer icebergs, fragments d'iceberg et bourguignons au radar de marine avant que leur écho ne soit obscurci par les échos de la mer ou des glaces, ainsi que de poursuivre ces cibles sur APRA (aide au pointage radar automatique);
- de changer les distances pour optimiser la détection radar d'icebergs quand on navigue dans la banquise;
- de se servir du radar pour détecter les icebergs et les fragments d'iceberg en observant leur ombre sur l'image dans une couverture de glace mixte; et
- de reconnaître la difficulté de repérer au radar de marine les glaces de glacier et les vieilles glaces dans une banquise lâche quand on ne peut guère discerner d'ombre sur l'image radar.

Beaucoup d'opérations d'escorte se font dans la brume et souvent le navire escorté maintient la distance requise en se servant du radar. Si le brise-glace ralentit brusquement sa marche ou que l'on perd sa position sur l'écran, une collision risque de se produire. Il importe dans ce cas de garder le contact radio sur VHF.

4.3.4 Vitesse

Dans toute manœuvre ou tentative d'évitement des glaces, on doit se rappeler que la force de l'impact varie comme le **carré** de la vitesse. Ainsi, si la vitesse passe de 8 à 12 nœuds, l'intensité de la collision avec tout bloc de glace fera plus que doubler. Précisons cependant que, quand on navigue dans les glaces, il est très important de toujours **demeurer en mouvement**. La vitesse que dicte la prudence dans des conditions glacielles données dépend de la visibilité, de la nature et de la concentration des glaces, de la cote et des caractéristiques de manœuvre du navire (rapidité des arrêts).

4.3.5 Sondages

Quand on se trouve dans des zones mal relevées ou qui ont été relevées il y a longtemps, on devrait se servir du sondeur à ultrasons pour relever tout rocher ou haut-fond non encore repéré, bien qu'il soit douteux que le sondeur avertisse le navigateur suffisamment à temps pour que le navire ne s'échoue pas. Même dans les eaux du Haut-Arctique qui ont été bien quadrillées, le sondeur peut être utile, car le trafic maritime dans le secteur est clairsemé et beaucoup de routes n'auront pas été parcourues par le passé par des navires à fort tirant d'eau.

Un grand nombre de cartes de l'Arctique viennent à la fois de la photographie aérienne et de sondages de mission de reconnaissance (en d'autres termes, il n'y a jamais eu de levés à proprement parler). C'est pourquoi il est peu probable qu'une ligne de sonde serve vraiment à

établir une position. De plus, de faux échos peuvent venir des glaces passant sous le sondeur ou du remous que crée une manœuvre de recul ou d'éperonnage dans les glaces.

4.4 PLANIFICATION DE TRAVERSÉES

Banquise consolidée	Banquise dont la concentration est de 10/10 et où les floes ont été soudés par le gel.
Banquise serrée	Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui se compose de floes dont la plupart sont en contact.
Banquise lâche	Banquise dont la concentration est de 4/10 à 6/10 et dont les floes ne sont généralement pas en contact les uns avec les autres.
Chenal	Toute fracture ou passage dans la glace qui est accessible à un navire de surface.
Vieille glace	Glace de mer ayant survécu à au moins un été de fonte.

Dans cette section, nous éclairerons le lecteur sur la marche à suivre en matière d'acquisition et d'exploitation de renseignements pouvant servir à planifier des traversées dans les glaces ou aux environs. Rien dans les consignes que nous présenterons ni dans ce qui en découle ne peut primer l'autorité du capitaine ni dispenser l'officier de quart d'exercer ses responsabilités normales et d'observer les principes d'une bonne navigation.

Pour les traversées d'eaux couvertes de glaces, la planification de route est fondée sur des principes nautiques reconnus de planification de traversée (voir la publication du ministère des Transports du Royaume-Uni ayant pour titre A Guide to the Planning and Conduct of Sea Passages). L'existence de glaces de mer le long de l'itinéraire planifié donne plus d'importance à la pratique traditionnelle de planification de traversée, rendant nécessaire un constant examen de tout le mécanisme en cours de route.

La planification de traversée comporte deux étapes, a) le stade stratégique quand le navire est au port ou en eau libre et b) le stade tactique quand il se trouve à proximité ou à l'intérieur d'une zone couverte de glaces. La planification tant stratégique que tactique se divise en quatre étapes :

- Évaluation
- Planification
- Exécution
- Surveillance.

Le stade stratégique est en quelque sorte à petite échelle (grand secteur), dans l'hypothèse où le navire sera hors zone d'englacement et à des jours ou des semaines de distance d'eaux porteuses de glaces. Ce stade peut se répéter plusieurs fois avant que ne commence le stade tactique, qui peut être considéré comme à grande échelle (petit secteur).

La planification de traversées en eau libre est un cadre fixe où les renseignements sont recueillis en majeure partie, sinon en totalité, avant que le navire ne quitte son poste d'amarrage. Le caractère localisé de quelques-unes des données de planification de traversée en zone arctique (de glaces) nous indique que l'information ne pourrait devenir disponible que lorsque le bâtiment pénètre dans les eaux canadiennes. La quantité et l'étendue de ces données dépendent du type de traversée, aussi les traversées les plus difficiles, celles qui se font, par exemple, en début ou en fin de saison, mobilisent-elles plus de ressources, et notamment les ressources de brise-glace. La planification de traversées en eaux couvertes de glaces, particulièrement dans l'Arctique, est une démarche évolutive qui exige de la souplesse de planification et d'exécution.

Effectif de passerelle

Nous recommandons que, en raison des dangers de la navigation dans des eaux couvertes de glaces, la surveillance s'accroisse quand on pénètre dans une zone de glace ou qu'on s'en approche. Une telle navigation peut être épuisante et les capitaines doivent veiller à ne pas présumer de leurs forces, même s'ils doivent pour ce faire doubler l'effectif de quart sur la passerelle ou stopper leur bâtiment la nuit pour se ménager une période suffisante de repos.

4.4.1 Phase stratégique

Évaluation

À ce stade, on exploite toutes les sources de renseignements utiles à la planification de traversées en eau libre, plus toute source à laquelle on peut puiser pour dégager un tableau de l'état des glaces qui soit le plus complet possible. On doit s'enquérir de la disponibilité de données sur les glaces au Service canadien des glaces par les Centres des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) de la Garde côtière canadienne (VFF Iqaluit et VFR Resolute Bay pour les eaux arctiques et VFH Halifax pour les eaux de l'Est du Canada) ou par télécopieur (éventuellement) au moyen d'INMARSAT ou du MSAT.

Planification

La planification stratégique est un exercice prospectif qui vise à évaluer les conditions glacielles qu'un navire est susceptible de rencontrer le long de l'itinéraire prévu. Elle repose sur les prévisions météorologiques et les publications disponibles sur la climatologie des glaces de la région à traverser, ainsi que sur les documents nautiques reconnus. L'exercice peut durer des heures, des jours ou même des mois selon les routes, les destinations et la nature du milieu glaciaire où on naviguera.

NOTA : *Pour les navires non renforcés pour la navigation dans les glaces et qui suivront les indications d'un des bureaux des glaces de la Garde côtière canadienne, le travail à ce stade est semblable à celui qu'exige une traversée ordinaire.*

Le capitaine élaborera une route vers sa destination en s'appuyant sur les données issues de l'étape de l'évaluation et tracera cet itinéraire sur des cartes appropriées. Les principes qui entrent en jeu

sont ceux qui régissent la planification d'une traversée en eau libre. On devrait dresser le plan en ayant à l'esprit les limites suivantes des éléments du système de navigation dans les glaces :

- disponibilité de renseignements sur les glaces;
- moindre efficacité du repérage à vue des dangers glaciels de traversées en fin de saison ou en période hivernale; et
- difficulté accrue du repérage de dangers glaciels dans le double cas d'une banquise lâche et d'une visibilité restreinte.

D'autres renseignements à porter sur les cartes pourraient être les suivants :

- lisière de glace prévue, zones de banquise serrée et lisière de glace fixe;
- toute zone d'eau libre où on peut avoir à affronter une banquise d'une certaine taille comme les glaces de l'Est du Groenland aux abords méridionaux du massif groenlandais;
- distance sécuritaire d'évitement de zones dont on sait qu'elles sont infestées d'icebergs comme les eaux au large du cap Farvel et de l'île Disko; et
- toute région importante sur le plan écologique où le cap, la vitesse ou les activités sur les glaces peuvent faire l'objet de restrictions.

Exécution

Une fois terminée la planification de la traversée, on doit arrêter le cadre tactique de l'exécution du plan. On peut estimer le moment de l'arrivée à destination en se fondant sur les conditions glacielles à attendre en route. On doit tenir compte des mesures prévues de réduction de vitesse ou de changement important de cap du fait d'une visibilité restreinte, de la présence d'une banquise consolidée ou de zones de forte concentration de vieille glace, sans oublier les retards d'obtention de renseignements. On doit également songer au point de l'itinéraire où il sera nécessaire de se lester jusqu'au tirant d'eau glacial et de ralentir la marche.

On doit enfin juger quand on aura besoin d'établir d'autres vigies ou de doubler les postes de quart en prévision d'une pénétration dans les glaces ou d'une approche de zones de faible visibilité ou d'infestation d'icebergs, de fragments d'iceberg ou de bourguignons.

Surveillance

On devrait continuer à surveiller la route jusqu'à ce qu'on ait atteint la zone couverte de glaces. À l'approche d'une telle zone, la qualité et la quantité de renseignements sur les glaces s'accroissent (quand il s'agit, par exemple, de secteurs visés par les analyses et les prévisions des glaces du Service canadien des glaces), d'où un gain de précision des estimations de date d'arrivée et peut-être des indications de changement de cap.

On doit refaire, une ou plusieurs fois, l'évaluation stratégique aux abords d'une zone de glaces selon la quantité de nouveaux renseignements que l'on reçoit.

NOTA : *Tous les navires doivent être à l'écoute des mises à jour d'instructions de route des bureaux des glaces de la Garde côtière canadienne.*

4.4.2 Phase tactique

Si on ne dispose pas de renseignements détaillés sur les glaces avant d'atteindre des eaux couvertes de glaces, le navire peut être limité dans son itinéraire à la route dégagée par la planification stratégique plutôt qu'à une route proprement tactique. On devrait tout mettre en œuvre pour obtenir des données détaillées sur l'état des glaces, particulièrement quand on est susceptible de rencontrer une banquise consolidée (comme dans la baie de l'Amirauté), de grandes concentrations de vieille glace (comme à l'embouchure du détroit de Lancaster en début ou en fin de saison) ou des glaces hautement mobiles (comme à proximité de la mine Polaris dans l'île Little Cornwallis).

Évaluation

L'obtention de renseignements tactiques se fait principalement (mais non pas exclusivement) par l'acquisition de cartes d'observation et d'analyse des glaces du Service canadien des glaces. Pour recevoir ces cartes, on doit disposer à bord d'un télécopieur pouvant être accordé aux fréquences requises ou pouvant capter celles-ci à cristal ou galène (voir la partie I, 0). D'autres données peuvent venir du radar de marine (bandes X et S), d'observations à vue et peut-être d'images radar traitées.

Les données d'observation (à vue) héliportée peuvent être précieuses quand on en a. Elles servent le plus souvent au pilotage dans les glaces (banquise lâche) par opposition à la navigation en zone infestée de glaces, les observations visuelles étant moins utiles que les aides radar dans des secteurs à lourde couverture nivale.

Planification

La planification peut être celle que l'on fait pour des traversées en eau libre sur des cartes à grande échelle, mais si on a pu obtenir d'autres renseignements, on peut vouloir tracer sa route sur une carte à petite échelle. Une planification ainsi enrichie d'un complément d'information veut dire que l'on dresse son itinéraire pour profiter de conditions glacielles optimales. Il s'agit dans ce cas :

- de trouver des chenaux d'eau libre;
- de trouver des chenaux de glace de première année dans une banquise serrée ou un champ de vieilles glaces;
- d'éviter les zones de glace tourmentée; et
- d'éviter les zones de pression effective ou éventuelle.

Une fois l'itinéraire tracé, on le reporte sur des cartes à grande échelle et on vérifie si la bathymétrie convient. On doit concilier les deux sources pour que la meilleure route soit également la plus sûre. L'itinéraire étant établi, on peut juger nécessaire de recueillir d'autres données.

Exécution

Connaissant la route, on peut réviser le moment prévu de l'arrivée. On devrait tenir compte de toute variation des conditions météorologiques, et notamment de la visibilité ou de la direction et de la vitesse des vents, avant de mettre le plan à exécution, car ces aspects sont importants pour l'évaluation des zones de pression ou le repérage des chenaux d'eau libre.

Surveillance

On devrait surveiller le cheminement sur la carte par les moyens classiques. La navigation dans les glaces peut se poursuivre, comme le décrit la section 4.3.

4.5 PRINCIPES DE NAVIGATION À DE HAUTES LATITUDES

La navigation à de hautes latitudes demande beaucoup de soin dans la procédure à appliquer et les renseignements à utiliser. L'éloignement de l'Arctique et la proximité du pôle Nord magnétique ont une incidence sur les cartes qui nous sont fournies et les instruments de navigation à employer avec elles. Dans cette section, nous parlerons de quelques-uns de ces effets et des limites qu'accusent les cartes et les instruments en usage dans l'Arctique.

À de hautes latitudes, les méridiens ne sont pas les lignes parallèles familières de la projection de Mercator, mais des lignes radiales convergeant vers les pôles. (L'aspect est celui d'une roue de bicyclette dont le pôle constituerait le moyeu.) Les navigateurs préfèrent les cartes de Mercator, aussi pour garder l'aspect de cette projection utilise-t-on un **quadrillage polaire**. On imprime ce quadrillage parallèlement à un méridien, habituellement le méridien de Greenwich. Dans une projection transverse de Mercator, les méridiens fictifs de ce type de carte auraient un tel rôle. Comme les méridiens coupent toutes les lignes du quadrillage selon le même angle, c'est là une **loxodromie fictive**.

La référence du quadrillage est la direction nord, si bien que l'on peut dire que toutes les lignes parallèles du quadrillage vont dans la même direction. La direction relative aux lignes du quadrillage est ce qu'on appelle le **sens ou direction du quadrillage**. Si un compas magnétique sert à suivre cette direction, on pourra combiner les corrections de déclinaison et de convergence en une correction unique appelée **déclinaison du quadrillage**. (Voir la sous-section 4.5.3 pour des consignes de prudence en matière d'utilisation de compas magnétiques dans l'Arctique.)

4.5.1 Cartes

Deux sujets d'intérêt sont liés à l'emploi de cartes dans l'Arctique, à savoir la double question des projections irrégulières et de la précision des levés.

Projections

En compensation de la convergence des méridiens à proximité du pôle, l'échelle des parallèles se trouve progressivement déformée. Dans le Haut-Arctique, la distorsion des projections de Mercator en direction de latitude est telle que ces projections ne sont utiles que dans les cartes à grande échelle. Plus on s'élève en latitude, plus le recours à la loxodromie pour les relèvements à vue devient problématique, car on doit y aller de corrections de **convergence** sans cesse plus importantes.

Avec l'amélioration des levés de l'Arctique, on trouvera plus de cartes de Mercator, mais aussi d'autres projections comme les cartes conformes de Lambert, les cartes polyconiques et les projections stéréographiques polaires. La projection stéréographique polaire devient la plus en vogue, car la distorsion y est minimale pour des secteurs relativement grands. La grande diversité

de projections rend importante, quand on change de cartes, la **vérification du type de projection et des mises en garde concernant les distances, les relèvements, etc.** Ainsi, on a l'habitude avec les cartes de Mercator d'utiliser l'échelle de latitude pour la distance, ce qui est impossible avec les cartes polyconiques. On doit être particulièrement prudent quand on porte le point sur la carte à de hautes latitudes, une correction de convergence pouvant s'imposer même pour des relèvements à vue.

MISE EN GARDE : DANS L'ARCTIQUE COMME DANS TOUTE AUTRE RÉGION, ON DOIT VÉRIFIER LA NATURE DE LA PROJECTION CARTOGRAPHIQUE AVANT D'UTILISER UNE CARTE.

Précision

La précision des cartes de l'Arctique peut grandement varier selon la date des levés. Les régions les plus fréquentées, qu'il s'agisse du détroit de Lancaster, du détroit de Barrow ou des abords des mines Polaris et Nanisivik, sont bien relevées, mais beaucoup de cartes s'appuient sur des données de photographie aérienne (où intervient la triangulation au sol), jointes à des lignes de sonde venant des missions de reconnaissance. Même les nouvelles éditions cartographiques peuvent être trompeuses, une partie des données qu'elles renferment pouvant être datées. La présence de courbes bathymétriques sur de nouvelles cartes ne veut pas dire que l'information est nouvelle. Les priorités de production peuvent faire ajouter de nouvelles données aux cartes à grande échelle seulement.

Voici certaines précautions à prendre quand on consulte des cartes de l'Arctique :

- on doit vérifier la projection et ses limites;
- on doit vérifier la date des levés et (ou) la légende d'origine;
- on doit se servir de l'azimut-distance pour reporter des points entre cartes;
- on doit vérifier s'il ne s'agit pas de sondages de mission de reconnaissance;
- on doit employer une carte à grande échelle de préférence à une carte à plus petite échelle; et
- on doit vérifier la méthode de mesure des distances et de prise des relèvements.

4.5.2 Cartes marines de l'Arctique canadien et lacunes cartographiques

Les données de base servant aux calculs de triangulation constituent l'un des principaux problèmes cartographiques dans l'Arctique canadien. Et ce problème ira s'accroissant vu le nombre croissant de navires qui utilisent des systèmes de positionnement de précision, tels le Système de positionnement global (GPS) ou le système russe GLOSNASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistem). Dans le cas du GPS, les positions sont transmises au Système géodésique mondial (WGS 84) qui est pratiquement l'équivalent du Système de référence nord-américain de 1983 (NAD 83). Il n'y a aucune correction à apporter si l'on navigue avec l'équipement GPS en utilisant une carte NAD 83. Par contre, pour faire le point sur une carte NAD 27, les corrections appropriées doivent être apportées à la main.

En 1997, 245 cartes figuraient au Catalogue des cartes de l'Arctique. De ce nombre, seules 55 cartes (22 %) sont suffisamment précises ou détaillées pour permettre de déterminer avec précision la position à l'aide du GPS, ce qui nécessite une carte de base fondée sur les données NAD 83 pour les calculs de triangulation. Quarante-neuf cartes indiquent que le positionnement à l'aide du GPS peut entraîner des erreurs d'une magnitude aussi élevée que 4 milles marins. Les 141 cartes qui restent ne donnent aucune information sur les données de base qui ont servi aux calculs de triangulation. En ce qui concerne la bathymétrie (mesures des profondeurs, composition du fond marin, etc.) le Service hydrographique canadien évalue à moins de 25 % le nombre de relevés hydrographiques qui sont établis de manière acceptable selon des normes modernes, dans l'Arctique. La plupart des données ont été recueillies au moyen de sondages aléatoires pris par des navires ou de sondages ponctuels au-dessus des glaces.

MISE EN GARDE : « La valeur d'une carte dépend dans une grande mesure de la précision et de la minutie des relevés sur lesquels elle est basée ».

(Instructions nautiques – Arctique canadien, Vol.1, 1982, Page 8)

La navigation dans l'Arctique exige beaucoup de prudence de la part des navigateurs, en particulier lorsqu'ils voyagent dans des zones mal cartographiées ou planifient de nouvelles routes. *L'Édition annuelle des Avis aux navigateurs*, N/M n° 45 contient de plus amples renseignements à ce sujet.

4.5.3 Effet des hautes latitudes sur les compas et les aides électroniques

Compas

Le compas magnétique est d'un fonctionnement irrégulier dans l'Arctique et souvent ne se révèle guère utile au navigateur :

Le **compas magnétique** dépend dans sa force directive de la composante horizontale du champ magnétique de la terre. Plus on approche du pôle Nord magnétique dans l'Arctique, plus cette composante s'affaiblit, le compas finissant **par perdre toute utilité comme instrument goniométrique.**

Si on doit utiliser le compas, on devrait en vérifier fréquemment la variation par observation astronomique et, comme le taux de changement de déclinaison augmente à mesure que l'on approche du pôle, on doit se reporter à la courbe ou à la rose de déclinaison de la carte.

Le **gyrocompas** est aussi sûr dans l'Arctique qu'à des latitudes plus basses, et ce, jusqu'à une latitude d'environ 70 °N. Au nord de ce parallèle, on doit avoir particulièrement soin d'en vérifier la précision. Même avec la compensation que donne un correcteur de latitude dans certaines marques de compas, le gyro continue à perdre de la force horizontale jusqu'à devenir inutilisable au nord du 85° de latitude Nord environ. On devrait consulter le mode d'emploi du gyrocompas

avant de gagner de plus hautes latitudes. Les nombreux changements de cap et de vitesse et les collisions avec les glaces nuisent à la précision de l'instrument. C'est pourquoi on devrait, quand on navigue dans l'Arctique :

- faire une double vérification de la position du navire avec d'autres systèmes de navigation comme les instruments de point électroniques, la possibilité s'offrant de comparer le cap effectif au cap de manœuvre (compte tenu des vents et des courants); et
- vérifier la variation du gyrocompas toutes les fois que les conditions atmosphériques le permettent, soit par azimut, soit par amplitude.

Radar

En général, les conditions arctiques ou le temps froid ne gênent pas le fonctionnement du radar. Parfois, le temps peut produire ce que l'on appelle un effet de conduit, c'est-à-dire une flexion du faisceau radar à cause d'une perte d'humidité dans l'atmosphère. Cet effet peut diminuer ou augmenter les distances de détection de cible, selon le degré et le sens de cette flexion. Une difficulté réelle de l'emploi du radar dans l'Arctique est l'interprétation des images quand on veut faire le point.

Point

Les problèmes qui se posent à celui qui veut faire le point tiennent soit à une mauvaise identification des repères à terre soit à l'imprécision des levés. Le peu de relief de certaines régions de l'Arctique rend difficile l'identification d'amers ou de points terrestres. De plus, les amoncellements de glace sur un rivage ou une banquise peuvent obscurcir la côte. C'est pourquoi on devrait plus surveiller les relèvements ou les distances radar dans l'Arctique que dans les eaux méridionales. Les observations à vue sont toujours préférables. Parfois, on peut établir la position d'icebergs échoués et ensuite s'en servir comme élément de référence quand on fait le point de route, si on procède avec prudence.

De grands pans du territoire arctique n'ont pas été relevés avec la même rigueur que les régions plus au sud, et même certaines des cartes les plus récentes viennent de la photographie aérienne. Pour prévenir le plus possible les erreurs, on devrait toujours utiliser trois lignes (distances ou, faute de mieux, relèvements) pour faire le point. Il ne faut pas se guider, par exemple, sur les deux rives d'un chenal ni sur des lignes venant de deux secteurs différents de levé. À cause des problèmes qui risquent de se poser, on devrait toujours comparer les points qui ont été faits dans l'Arctique aux indications d'autres sources d'information comme les instruments de point électroniques.

Système de positionnement global (GPS)

Le Système de positionnement global, ou GPS, est un système spatial de navigation radio qui permet aux utilisateurs munis d'un récepteur approprié sur terre, en mer ou dans les airs de déterminer leur position, leur vitesse et l'heure qu'il est à tout moment du jour ou de la nuit et quelles que soient les conditions météorologiques.

Le système de navigation comprend essentiellement 24 satellites opérationnels disposés en six plans orbitaux et ayant un rayon orbital de 26 560 kilomètres (environ 10 900 milles marins au-

dessus de la terre). De ces 24 satellites, 21 sont considérés pleinement opérationnels et les 3 autres, bien que fonctionnant, sont considérés comme des satellites « de réserve ». Les plans orbitaux sont inclinés à 55° par rapport au plan de l'équateur et la période orbitale est d'environ 12 heures. Cette constellation de satellites permet au récepteur terrestre de capter les multiples signaux émis 24 heures sur 24 par plusieurs satellites. Les satellites émettent en continu des signaux de mesure de distance, de localisation et temporels qui sont captés et traités par les récepteurs GPS de sorte que l'utilisateur puisse déterminer sa position tridimensionnelle (latitude, longitude et altitude), ainsi que sa vitesse et l'heure.

Le GPS a été déclaré opérationnel en décembre 1993, puis pleinement opérationnel en juillet 1995. Le GPS offre deux niveaux de service – un Service de positionnement normalisé (SPN) à l'intention du grand public et un Service de positionnement de précision (SPP) principalement réservé à l'usage de l'armée américaine. Le SPN permet de faire le point à 100 mètres près dans le plan horizontal et 156 mètres près dans le plan vertical, 95 % du temps. Cependant, le département américain de la Défense a délibérément introduit des erreurs apparemment aléatoires bien que contrôlées dans la fréquence de l'oscillateur des satellites, entraînant ainsi une dégradation de la précision pour les utilisateurs du SPN. Cette introduction délibérée d'erreurs est connue sous le nom d'« accès sélectif ». Le président américain a déclaré que l'accès sélectif serait réduit à zéro au cours des sept prochaines années; ainsi, la précision des données de position horizontale fournies par les récepteurs GPS civils autonomes s'améliorera, passant de 100 mètres à 30 mètres.

Même si les satellites sont en orbite terrestre selon un plan de 55°, on considère généralement que la précision en position est de près de 100 mètres, où que l'on soit sur terre. Dans le cas d'un navire se trouvant à 55° de latitude nord ou sud, ou plus près des pôles, les satellites sont disposés en constellation autour du navire et le receveur calcule en fait la diminution de la précision horizontale (HDOP) avec les satellites situés de l'autre côté du pôle. Dans le cas d'un navire se trouvant au pôle Nord ou près du pôle Nord, tous les satellites sont au sud, mais également répartis en azimut, produisant ainsi un bon relèvement de position. Par contre, plus un navire se trouve près du Nord et plus la composante verticale de sa position s'affaiblit, puisqu'aucun satellite ne passe directement au-dessus des régions situées au-delà de 55° de latitude nord.

Outre l'accès sélectif, diverses sources d'erreurs peuvent réduire la précision des points, surtout dans les régions polaires, et entraîner notamment des retards troposphériques ou une réfraction ionosphérique dans la zone aurorale. L'épaisseur de la troposphère varie de moins de 9 kilomètres au-dessus des pôles à plus de 16 kilomètres à l'équateur. Cette variation peut entraîner des retards de propagation des signaux à cause de la réfraction par propagation électromagnétique. Toutefois, la précision des modèles et des calculs exécutés par le récepteur GPS permet de réduire au minimum cette erreur. Dans la zone aurorale, (à l'intérieur de laquelle se produisent les aurores boréales et australes), la réfraction ionosphérique causée par les tempêtes solaires et géomagnétiques entraîne le même type d'erreur. L'activité des taches solaires a un cycle de 11 ans et sera à son maximum vers l'an 2000.¹

¹ Richard Langley, GPS World, Mars 1997, juillet 1997 et entrevue téléphonique 'A user's guide to GPS and DGPS – GCC', Services à la navigation maritime, Ottawa, Canada, août 1998.

Les régions polaires, où il fait plus sec, comportent un mince avantage, à savoir l'efficacité de traitement des données satellites par le récepteur. Dans des climats maritimes plus chauds, où l'atmosphère est humide, il est plus difficile d'obtenir des modèles précis.

Lorsque le récepteur GPS utilise des données de base différentes de celles de la carte employée pour calculer la latitude et la longitude, le tracé sur la carte des points obtenus du GPS contient des erreurs. Les récepteurs GPS peuvent être programmés pour donner la latitude et la longitude en fonction de diverses données de références mémoire. Depuis 1986, le Service hydrographique du Canada a converti certaines de ses cartes au NAD 83. Ces cartes mentionnent quelles données de base ont servi aux calculs de triangulation. Il en va de même pour les cartes qui ne sont pas fondées sur NAD 83; on donne alors les corrections nécessaires pour convertir les positions NAD 83 aux données de référence de la carte. Le bloc titre de la carte indiquera les données de base qui ont servi aux calculs de triangulation et donnera les corrections voulues pour convertir les données à NAD 83 et vice versa.

Radio

Dans l'Arctique, les communications radio autres que les liaisons en visibilité directe sont troublées par les perturbations ionosphériques. Quand on établit la communication, on devrait convenir de fréquences de substitution en cas de dégradation du signal. Le recours à des fréquences multiples et à des stations-relais de remplacement est la seule façon d'éviter un tel brouillage.

INMARSAT

L'utilisation des services INMARSAT est la même dans l'Arctique que dans le sud jusqu'à ce que le navire approche de la limite de réception du satellite. À haute latitude où le satellite ne s'élève que de quelques degrés au-dessus de l'horizon, l'intensité du signal dépend de la hauteur de l'antenne parabolique de réception et du relief environnant. Le déplacement (1990) du satellite de l'Atlantique Ouest permet de couvrir la majeure partie des détroits de Lancaster et de Barrow.

Quand le navire quitte la zone de couverture du satellite, la liaison deviendra d'une intensité variable et diminuera progressivement jusqu'à devenir inexploitable. Quand elle ne se prête plus à la communication voix, le télexage est peut-être encore possible. Au retour du navire dans la zone de couverture, on peut avoir de la difficulté à obtenir et à garder le signal jusqu'à ce que le satellite s'élève bien au-dessus de l'horizon.

MSAT – Un système régional de communications par satellite

Au début de 1996, un nouveau réseau de télécommunications, appelé le MSAT, a fait son entrée sur le marché. MSAT est un réseau canadien de communications par satellite principalement destiné aux utilisateurs mobiles qui se trouvent dans des régions rurales ou éloignées. Pour l'instant, le MSAT offre le service initial suivant : communications en phonie (téléphone), données de 4,8 kbps, télécopieur, radio de répartition, courrier électronique et boîte vocale.

Les émetteurs mobiles MSAT sont compacts, étant munis d'antennes d'environ 20 centimètres de hauteur et 20 centimètres de diamètre. Ils ont été spécialement mis au point à des fins maritimes. Les coûts de l'équipement et du service sont de beaucoup inférieurs à ceux qu'exigent les

fournisseurs de services internationaux de communications mobiles par satellite. De plus, en raison de la position optimale du satellite géostationnaire au-dessus de l'équateur, le MSAT offre une excellente couverture au-dessus de l'Arctique, des Antilles et à 200 milles marins au large des côtes est et ouest de l'Amérique du Nord.

L'équipement MSAT a été utilisé avec succès à partir de Halifax en route à destination de Resolute, Cambridge Bay et Tuktoyaktuk, dans le cadre d'une évaluation de la couverture satellite pendant la saison de navigation de 1996. Le MSAT s'est révélé un moyen fiable, efficace et peu coûteux de recevoir des renseignements sur les glaces, sous forme de consultations verbales, de transmissions par télécopieur de cartes des glaces et de messages électroniques textuels des conditions glacielles envoyées au navire par le Service canadien des glaces. Le seul inconvénient : la diffusion de gros fichiers graphiques comme des fichiers d'imagerie SLAR ou RADARSAT, qui sont trop volumineux pour être envoyés au moyen des actuels processeurs de données de 4,8 kbps.

Les versions à venir du réseau MSAT prévoiront la transmission de données avec commutation par paquets pour les applications telles la poursuite des navires à l'aide des technologies du Système de positionnement global.

4.6 RÉGLEMENTATION DE LA NAVIGATION

La *Loi sur la marine marchande du Canada* vise toutes les eaux territoriales et les pêcheries canadiennes.

4.6.1 Règlement sur les cartes et les publications

Le Règlement sur les cartes marines et les publications nautiques vise les navires canadiens où qu'ils soient et tous les navires se trouvant dans des eaux de compétence canadienne. Il fait cependant une exception dans le cas du capitaine et du propriétaire d'un navire de moins de 100 tonnes, si la sécurité et l'efficacité de la navigation n'est pas compromise compte tenu du fait que la personne chargée de la navigation connaît suffisamment les caractéristiques et les risques associés à la zone où le navire évolue.

Le Règlement fait obligation aux navires de disposer des versions les plus à jour des cartes et des publications dont ils ont besoin. Les cartes et publications doivent être mises à jour au moyen des derniers Avis aux navigateurs, Avis à la navigation ou avertissement radio à la navigation avant de pouvoir servir au pilotage. Pour aider le navigateur à se munir des bonnes cartes, une liste des cartes nautiques à consulter pour telle ou telle région canadienne est publiée dans l'Édition annuelle des avis aux navigateurs, qui renvoie également aux cartes officielles américaines, britanniques et russes correspondantes. Les inspecteurs de la sécurité maritime à Transports Canada pourraient aussi exiger de consulter cette liste au cours de vérifications ponctuelles des navires.

En vertu du Règlement, tout navire doit avoir à bord les diverses publications qu'exige normalement une navigation sécuritaire, y compris le présent guide Navigation dans les glaces en eaux canadiennes, dans le cas du navire qui effectue un voyage au cours duquel il peut rencontrer

des glaces. Il vise aussi les navires canadiens sillonnant des eaux autres que les eaux canadiennes s'ils doivent y rencontrer des glaces.

Publications complémentaires

L'information abonde sur la navigation dans les glaces dans ce guide et dans les instructions nautiques pour les différentes régions. L'annexe B énumère d'autres publications utiles aux officiers de navigation, aux officiers de navigation dans les glaces de l'Arctique ou aux capitaines de navire, notamment le MANICE et les Atlas des glaces pour les données sur les glaces, de même que le Ice Seamanship et le Mariner's Handbook qui offrent des conseils sur la navigation.

4.6.2 Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires

Le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* est pris en vertu de la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques*. Il vise les navires de plus de 100 tonneaux de jauge brute (les articles 28 à 30 visent tous les navires) dans l'Arctique canadien. Le Règlement énonce entre autres des exigences supplémentaires concernant la construction et l'armement des navires pour la navigation dans l'Arctique, la délivrance des certificats de prévention de la pollution dans l'Arctique, le système de zone/date et le système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique. Il énonce aussi les qualifications et les exigences applicables à l'officier de navigation dans les glaces et aux limites de rejets de polluants

4.6.3 Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique

Transports Canada a récemment révisé le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires*. Le Règlement comprend maintenant le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique, qui vise à offrir une plus grande souplesse d'exploitation des navires dans l'Arctique, en permettant aux navires d'évoluer à l'extérieur de l'actuel système de zone/date lorsque les conditions glacielles s'y prêtent. Pour ce faire, on se fonde sur un simple calcul qui indique si l'on peut s'attendre à ce qu'un ensemble de conditions glacielles soient sûres pour le navire.

C'est au capitaine d'un navire arctique ou à l'officier de navigation dans les glaces à bord d'un tel navire qu'il appartiendra d'appliquer le système des régimes de glaces, qui sera fondé sur un large éventail de paramètres dont : la visibilité, la vitesse du navire, la manœuvrabilité, la disponibilité d'un brise- glace escorteur et les connaissances et l'expérience de l'équipage.

Le Chapitre 5 donne plus de détails sur le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* et sur le système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique .

4.7 INFORMATION SUR LES GLACES

Pour naviguer en toute sécurité et efficacité, le navigateur doit avoir une solide connaissance du milieu marin. Cela vaut tout particulièrement pour la navigation dans les glaces. Il incombe à tous les navigateurs de veiller, avant de pénétrer dans des eaux couvertes de glaces, à disposer d'une bonne information sur le milieu glaciaire pour toute la durée de la traversée. Les modes d'obtention de données glaciaires pour la navigation varient selon les sources. Les contenus et les structures de présentation sont aussi fonction de la nature du système de collecte des données brutes et du degré d'analyse ou de perfectionnement par lequel se réalise le produit final.

Beaucoup de sources de renseignements ne sont normalement ni régulièrement à la disposition du navire en mer, surtout en dehors des eaux canadiennes. Parfois, on doit prendre des arrangements au préalable pour recevoir des produits particuliers. Nous incitons le navigateur à soigneusement examiner le niveau de l'information dont il a besoin et à faire le nécessaire pour que les renseignements recherchés lui parviennent à bord.

4.7.1 Niveaux d'information sur les glaces

On peut distinguer quatre niveaux d'information sur les glaces selon leur degré de finesse descriptive et le caractère immédiat de l'information :

- données générales;
- données synoptiques (sommaires ou cartes d'ensemble);
- données spécifiques à des routes;
- données localisées (petite distance).

Les données générales sont principalement d'ordre chronologique ou historique, elles décrivent la variabilité naturelle dans le temps et dans l'espace des conditions glaciaires de la région où on a l'intention de naviguer. Elles peuvent en outre indiquer les liens de ces conditions avec d'autres facteurs climatologiques comme les vents, les courants et les marées. Elles interviennent très tôt dans la démarche de planification stratégique, mais peuvent aussi servir à un moment quelconque de la traversée.

Les données synoptiques exposent les conditions glaciaires pour des régions et des périodes déterminées. Elles peuvent décrire les conditions réelles ou prévues, mais dans les deux cas, elles ne sont pas très détaillées. Comme ce genre d'information sert normalement des jours ou même des semaines avant que l'on entre en zone de glaces et que l'état des glaces est souvent un phénomène dynamique, elles trouvent leur meilleur emploi comme instrument d'aide à la planification stratégique.

Les données spécifiques à des routes sont plus fines que les données synoptiques et portent habituellement sur des régions plus petites. La finesse peut même aller jusqu'à la caractérisation individuelle de floes et d'autres traits de la couverture de glace. Une telle information est des plus utiles au stade de la planification tactique.

Les données localisées (petite distance) indiquent la présence de dangers (reconnus individuellement) dans les parages immédiats du navire. Ce niveau d'information joue un rôle critique dans la surveillance et l'exécution d'un plan tactique de traversée.

4.7.2 Sources extérieures d'information sur les glaces

Parmi les sources extérieures d'information sur les glaces, on compte les archives, les rapports, les publications et les circulaires. Ces documents sont souvent excellents aux niveaux de l'information générale et synoptique. De telles sources externes peuvent ne pas être immédiatement accessibles au navigateur en mer ou dans un port étranger, aussi convient-il d'obtenir les documents dont on a besoin 'à la source' au Canada avant de prendre la mer.

La bibliothèque de Transports Canada à Ottawa renferme un certain nombre de rapports et de publications consacrés aux conditions glacielles régionales pour certaines zones ou périodes. Beaucoup de ces documents adoptent l'optique du navigateur. Voici où on peut mieux se renseigner à ce sujet :

Adresse : Centre de documentation de Transports Canada
Place de Ville, tour C
330, rue Sparks, 15e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0N5

Téléphone : (613) 998-5127 ou 998-5128 (Heures de service 7 h 30 à 17 h HNE)

Télécopieur : (613) 954-4731

Courriel : library@tc.gc.ca

La Division de la climatologie des glaces et des applications du Service canadien des glaces offre des analyses chronologiques et une aide à la planification à long terme pour les activités maritimes et conserve en bibliothèque toutes les publications du Centre. Voici où on peut mieux se renseigner à ce sujet :

Adresse : Service canadien des glaces
Division de la climatologie des glaces et des applications
373, promenade Sussex, 3e étage
Académie LaSalle, bâtiment E
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Téléphone : (613) 947-1867

Télécopieur : (613) 241-8483

Au niveau synoptique, la Division de la prévision des glaces du Service canadien des glaces livre de précieuses données de planification stratégique grâce à une série d'avis, de prévisions à court terme et de bulletins de vulgarisation sur l'état des glaces et les icebergs. Ces données sont

diffusées en direct par les circuits radio de la marine dans un rayon pouvant atteindre 320 km. La publication saisonnière de la Garde côtière ayant pour titre Aides radio à la navigation maritime dresse la liste des fréquences et des heures de diffusion. Les stations radio de la Garde côtière transmettent continuellement des bulletins enregistrés dans un rayon effectif de 60 à 80 km. On peut aussi obtenir ces produits par liaison informatique directe en prenant des arrangements préalables à cette fin avec le Service canadien des glaces. La principale source extérieure de renseignements à la disposition d'un navire est la diffusion de cartes d'analyse des glaces par le Service canadien des glaces. La sous-section 4.7.4 décrit ces produits plus en détail.

On peut se procurer par abonnement postal ou télécopie des prévisions avec « évolution prévue » (comprenant les perspectives saisonnières et des prévisions aux deux semaines sur 30 jours), ainsi que des cartes quotidiennes d'analyse des glaces. Voici où on peut mieux se renseigner à ce sujet :

Adresse : Service canadien des glaces
Division de la prévision des glaces
373, promenade Sussex, 3^e étage
Académie LaSalle, bâtiment E
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Téléphone : (613) 996-1599

Télécopieur : (613) 241-8483

4.7.3 Sources intérieures d'information sur les glaces

Observations à vue

Le navigateur compte beaucoup sur les observations visuelles à bord pour se renseigner sur les glaces à petite distance, mais des conditions ambiantes comme l'obscurité, les précipitations ou la couverture de glace elle-même peuvent empêcher tout repérage de caractéristiques dangereuses des glaces. On doit se servir de projecteurs pour bien constater les conditions glacielles à courte portée. Nous recommandons en outre que les capitaines et les officiers de quart disposent de jumelles de haute qualité pour la navigation dans les glaces.

Dans une moindre mesure, on peut exploiter les observations à vue pour la planification des routes, et ce, dans les limites de visibilité. Même quand la visibilité est bonne, il peut se révéler difficile de repérer l'eau libre ou un état des glaces plus favorable, car le faible angle de vue qui s'offre au navigateur de la passerelle du navire ne lui permet peut-être pas de voir bien au-delà des parages immédiats du bâtiment.

Le phénomène du halo glaciaire est un indice de la présence de glaces à l'horizon. Ce halo n'est autre que le reflet des glaces sur des nuages bas, qui se manifeste par un éclat blanchâtre sous les nuages près de l'horizon. À l'inverse, en zone de glaces, une lisière sombre sous des nuages bas peut être révélatrice de l'existence d'une nappe d'eau libre.

Si un navire est doté de son propre hélicoptère de reconnaissance, les observations aériennes à vue peuvent être beaucoup plus instructives dans le cadre de la planification de route.

Radars de marine

Le radar de marine est source d'importants renseignements pour la planification à court terme de routes et le repérage de dangers à petite distance. Par temps calme, on peut repérer jusqu'à 10 ou 15 milles marins des lisières de glaces ou une infestation d'icebergs. Dans les glaces, le radar de marine peut servir à identifier des caractéristiques glacielles comme des floes, des crêtes, des champs de fragments, des nappes d'eau libre ou des chenaux reglacés à des distances pouvant atteindre les 3 milles marins. Le rayon effectif ou efficace est approximativement porté à 6 milles marins pour les caractéristiques de plus grande taille.

L'efficacité du radar de marine variera selon les puissances et les longueurs d'onde. Le réglage optimal ne sera pas le même pour les glaces que pour l'eau libre. La réflectivité radar des glaces étant beaucoup plus faible que celle des navires ou de la masse terrestre, on devra moduler le gain pour assurer une bonne détection. Règle générale, les radars puissants sont préférables, car on a constaté que les radars de 50 kW sont d'un bien meilleur rendement détectif que ceux de 25 kW. De même, les radars de 3 cm détaillent davantage les glaces, alors que les radars de 10 cm font voir glaces et crêtes à une plus grande distance. Aussi recommandons-nous d'utiliser ces deux longueurs d'onde.

MISE EN GARDE : LE RADAR DE MARINE EST UN IMPORTANT INSTRUMENT DE REPÉRAGE DES GLACES DE MER ET DES ICEBERGS, MAIS ON NE DOIT PAS S'EN REMETTRE UNIQUEMENT À CET APPAREIL DANS DES CONDITIONS DE PIÈTRE VISIBILITÉ, CAR IL N'EST PAS SÛR QUE LE RADAR ASSURE LA DÉTECTION DE TOUS LES TYPES ET LES TAILLES DE GLACES.

Communications avec des navires ou des installations à terre

On peut obtenir des renseignements de planification de route et des données synoptiques par des voies officielles ou officieuses grâce à une liaison avec des installations à terre ou d'autres navires.

On peut se servir de la radio pour les communications voix si on veut obtenir des mises à jour sur les conditions glacielles locales. Les Centres de Services de communications et de trafic maritimes (Centres SCTM) livrent à tous les navires des renseignements sur les glaces et des recommandations de route. On diffuse quotidiennement des cartes d'analyse des conditions glacielles et météorologiques par télécopieur (pour connaître les heures et les fréquences de diffusion, voir la publication saisonnière de la Garde côtière intitulée Aides radio à la navigation maritime). On peut en outre se procurer des cartes de prévision pour certaines régions.

À l'occasion, il est possible de recevoir un béline de cartes d'observation aérienne produites à bord d'aéronefs exploités par la Division de l'observation des glaces du Service canadien des glaces.

Les navires dotés d'installations de communication avec le satellite INMARSAT peuvent s'en servir pour obtenir d'autres renseignements par communication voix ou données en prenant des arrangements avec les diverses sources en cause comme le Service canadien des glaces d'Environnement Canada (voir la sous-section 4.7.2 plus haut).

Systèmes de télédétection

Avec du matériel spécialisé de réception et de traitement, les navires peuvent obtenir gratuitement des données synoptiques sur les glaces des systèmes de télédétection par aéronef ou satellite.

La Division de l'observation des glaces du Service canadien des glaces exploite un système d'imagerie de radar aérien qui peut communiquer directement des données brutes en visibilité directe à des navires en mer outillés pour les recevoir. C'est un système tous temps qui pénètre la couverture nivale sèche pour produire des images en gris de la surface glacée. La finesse descriptive de ces images dépend de la résolution des capteurs, qui peut varier entre 25 et 400 m. Les images ainsi obtenues conviennent donc à la planification tactique de routes. On peut se servir de données de résolution supérieure avec les observations à vue et au radar de marine en vue du repérage de dangers à petite distance.

Des appareils de réception d'images radar des aéronefs d'observation des glaces sont installés dans tous les gros brise-glace de la Garde côtière. Il s'agit de systèmes très perfectionnés et très coûteux dont les opérateurs ont besoin d'une formation spécialisée. C'est pourquoi on les trouve uniquement à bord de navires qui ont fréquemment à traverser des zones de glace difficiles.

Un grand nombre de systèmes commercialisés permettent aux navires de recevoir directement les images de satellites météorologiques en vue de l'évaluation de dispositions régionales des glaces. Il s'agit de systèmes conçus pour capter les images VHF (137 MHz) des satellites météo NOAA des États-Unis et METEOR de la Russie à l'aide d'ordinateurs individuels peu coûteux. La résolution est de l'ordre de 3 à 4 km, finesse appropriée à la planification de traversées au niveau synoptique. Le faible coût de ces systèmes (normalement quelques dizaines de milliers de dollars) les met à la portée d'un plus grand nombre de navires traversant des eaux couvertes de glaces.

4.7.4 Cartes glacielles du Service canadien des glaces (SCG)

Les cartes glacielles diffusées par le Service canadien des glaces emploient la terminologie et la symbologie normalisées de l'Organisation météorologique mondiale pour décrire l'état des glaces en divers lieux. Le navigateur doit être conscient qu'il s'agit là de données synoptiques et que les conditions glacielles dépeintes représentent des moyennes pour le secteur. Il est toujours possible que les conditions locales diffèrent grandement de celles que présente une carte. Il importe de maintenir la manœuvrabilité pour l'évitement d'une lourde couverture locale quand on se sert de cartes des glaces dans la planification de routes.

Les cartes d'analyse des glaces diffusées tous les jours par le SCG n'indiquent pas les zones de glace tourmentée, fragmentée ou sous pression. Quand il consulte ces cartes, le navigateur devrait constamment garder à l'esprit la possibilité d'une dérive des glaces ou d'une transformation des conditions, précaution particulièrement précieuse quand des eaux peu profondes resserrent les couloirs de navigation ou que les vents, les courants ou les marées créent des zones de convergence des glaces.

La carte d'analyse est le principal produit cartographique du SCG et sort quotidiennement à 1800 TUC en saison de navigation, représentant la meilleure estimation que l'on puisse faire de l'état des

glaces au moment de la diffusion. On la prépare l'après-midi pour qu'elle puisse parvenir à l'utilisateur à temps pour qu'il planifie les activités des jours suivants.

La figure 30 donne un exemple de carte quotidienne d'analyse des glaces. Le SCG se sert de codes et de symboles reconnus par l'Organisation météorologique mondiale pour décrire toutes les formes, les états et les concentrations de glaces. Les codes paraissent sous forme ovale, ce que l'on appelle le code de l'œuf, codage dont MANICE (1994) offre une description complète et qui n'est qu'esquissé dans cette section. L'emploi de codes et de symboles varie selon la nature des cartes glacielles :

- carte ordinaire : spécifique à des secteurs et très détaillée
- carte composite : régionale et moins détaillée.

Une légende descriptive accompagne les symboles glaciels des cartes (figure 30), et ces symboles sont également définis dans MANICE. En voici des extraits qui en expliqueront l'usage particulier dans les produits du SCG.

Code de l'œuf

Les données de base sur les concentrations, les stades de formation (âge) et la forme (taille des floes) des glaces paraissent dans une simple forme ovale. Un ovale décrit trois types glaciels au maximum. Cette forme avec ses éléments de codage constitue ce que l'on appelle le « code de l'œuf ».

La figure 30 indique plusieurs codes de l'œuf. Une description complète de ces codes se trouve dans MANICE (1994) à la figure 3-1. Les symboles de codage appartiennent à quatre catégories d'information sur les glaces :

Légende des symboles glaciels

Un nombre restreint de symboles figurent sur les cartes des glaces diffusées. Les voici :

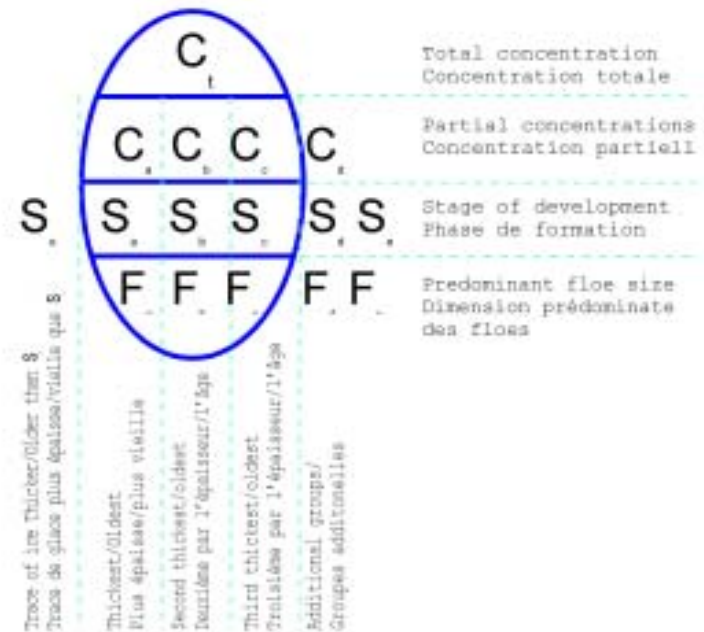
KEY TO SEA ICE SYMBOLS / CLÉ DES SYMBOLES DE LA GLACES DE MER

Stages of Development/Phases de Formation (S₀S_aS_bS_cS_dS_e)

Description/Élément	Thickness/Épaisseur	Code
New ice /Nouvelle glace	<10 cm	1
Nilas, Ice rind/Nilas, Glace vitrée	<10 cm	2
Young ice/Jeune glace	10-30 cm	3
Grey ice/Glace grise	10-15 cm	4
Grey-white ice/Glace Blanchâtre	15-30 cm	5
First-year ice /Glace première année	>30 cm	6
Thin first-year ice /Glace mince de première année	30-70 cm	7
Medium first-year ice/Glace moyenne de première année	70-120 cm	1
Thick first-year ice /Glace épaisse de première année	>120 cm	4
Old ice/Vieille glace		7
Second year ice/Glace de deuxième année		8
Multi-year ice/Glace de plusieurs années		9
Ice of land origin/Glace d'origine terrestre		▲
Undetermined or unknown/Indéterminée ou inconnue		X

Floe Sizes/Grandeur des floes (F_aF_bF_c)

Description/Élément	Width/Extension	Code
Pancake ice/Glace en crêpes		0
Brash ice/Sarrasins agglomérés	<2m	1
Ice cake/Glaçons	2-20 m	2
Small floe/Petit floes	20-100 m	3
Medium floe/Floes moyens	100-500 m	4
Big floe/Grands floes	500-2000 m	5
Vast floe/Floes immenses	2 -10 km	6
Giant floe/Floes géants	> 10 km	7
Fast ice/Banquise côtières		8
Icebergs		9
Undetermined/Indéterminée		X
Strips (concentration = C)		
Glace en cordons (concentration=C)		∞ C



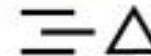
Open Water
Eau Libre



Ice Free
Libre de Glace



Bergy Water
Eau Bergée



Fast Ice
Banquise Côtière



1. Concentration totale - premier niveau

C_t - Concentration totale des glaces dans le secteur, valeur exprimée en dixièmes.

2. Concentration partielle des types glaciels - deuxième niveau

$C_a C_b C_c C_d$ - Concentration partielle exprimée en dixièmes des glaces qui se classent au premier (C_a), deuxième (C_b), troisième (C_c) et quatrième (C_d) rangs pour l'épaisseur.

3. Types glaciels correspondant aux concentrations partielles du deuxième niveau - troisième niveau

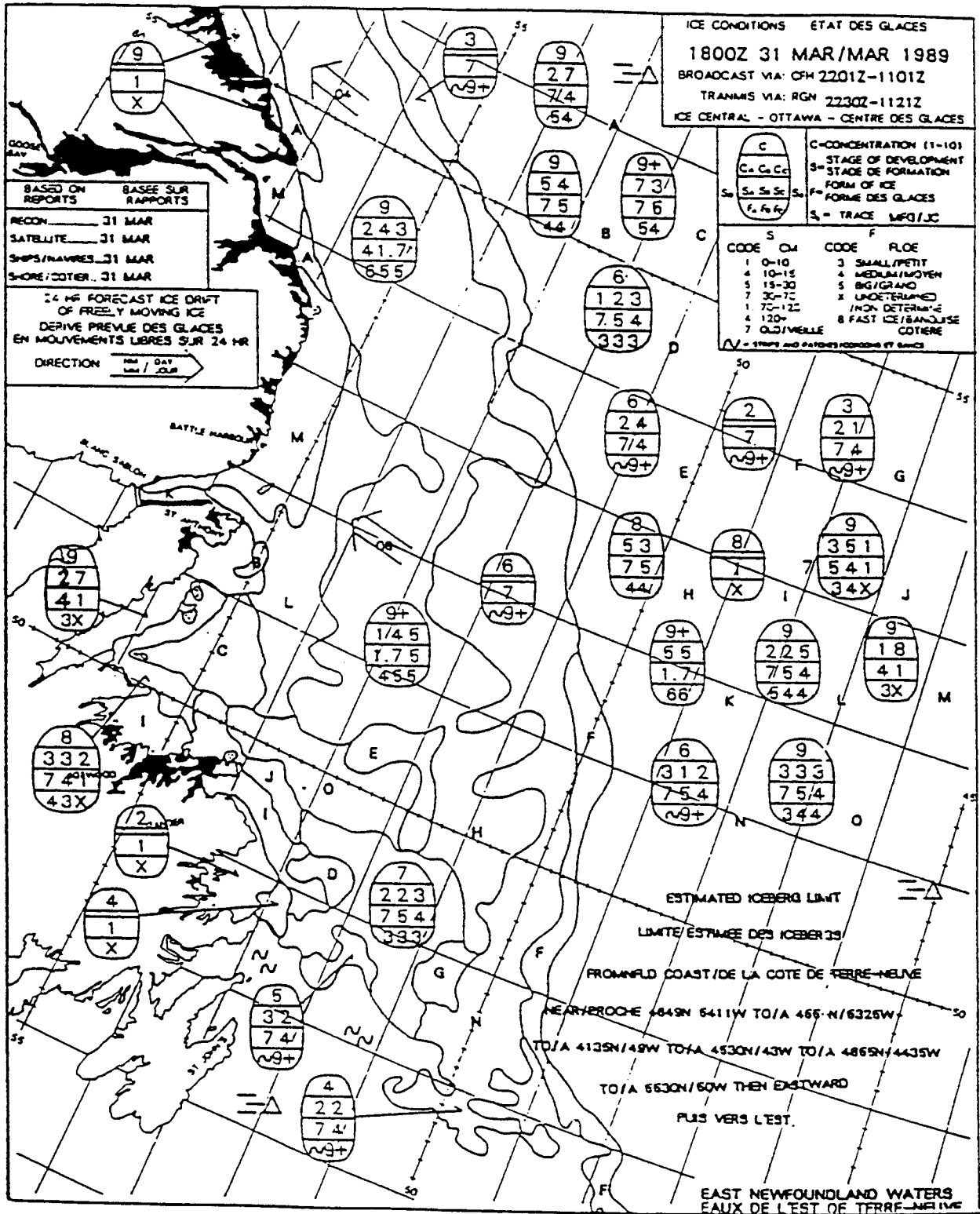
Stade de formation des glaces qui se classent au premier (S_o), deuxième (S_a), troisième (S_b) et quatrième (S_c) rangs pour l'épaisseur et des types glaciels plus minces (S_d et S_e), dont les concentrations sont respectivement désignées par C_a , C_b , C_c et C_d .

4. Catégories de prédominance de taille de floes pour les types et les concentrations de glaces - quatrième niveau

Taille de floes correspondant à S_a , S_b , S_c , S_d et S_e (quand S_d et S_e sont plus qu'une trace ou quantité infime).

COPIE NON-CONTROLÉE

Figure 30 Exemple de carte d'analyse des glaces du SEA



Les Tableaux 14, 15 et 16 énumèrent les divers éléments de codage de l'œuf pour les stades de formation des glaces de mer et des glaces de lac, ainsi que pour les tailles de floes.

Tableau 14 Codage de l'œuf des stades de formation des glaces de mer (S₀ S_a S_b S_c S_d S_e)

Description	Épaisseur	Code
Nouvelle glace	<10 cm	1
Nilas et glace vitrée	0-10 cm	2
Jeune glace	10-30 cm	3
Glace grise	10-15 cm	4
Glace blanchâtre	15-30 cm	5
Glace de première année	30-200 cm	6
Glace mince de première année	30-70 cm	7
Glace mince de première année (premier stade)	30-50 cm	8
Glace mince de première année (deuxième stade)	50-70 cm	9
Glace moyenne de première année	70-120 cm	1.
Glace épaisse de première année	120-200 cm	4.
Vieille glace		7.
Glace de deuxième année		8.
Glace de plusieurs années		9.
Glace d'origine terrestre		.
Indéterminé ou inconnu		X

Tableau 15 Codage de l'œuf des stades de formation des glaces de lac

Description	Épaisseur	Code
Nouvelle glace de lac	< 5 cm	1
Glace mince de lac	5-15 cm	4
Glace moyenne de lac	15-30 cm	5
Glace épaisse de lac	30-70 cm	7
Glace très épaisse de lac	plus de 70 cm	1.

Tableau 16 Codage de l'œuf de la taille des floes (F_a F_b F_c F_d F_e F_p F_s)

Description	Code
Glace en crêpes	0
Petits glaçons et brash	1
Glaçons	2
Petits floes	3
Moyens floes	4
Grands floes	5
Immenses floes	6
Floes géants	7
Banquise côtière, bourguignons ou floebergs	8
Icebergs	9
Indéterminé ou inconnu	X

Interprétation des cartes des glaces

Les cartes glacielles d'observation ou d'interprétation ont besoin de valeurs limites pour toutes les variations de paramètres glaciels, mais les exigences relatives aux cartes quotidiennes d'analyse des glaces ont été conçues de concert avec la Garde côtière canadienne. Plus particulièrement, ces exigences visent à une délimitation descriptive obligatoire des types et des concentrations de glaces et des tailles de floes présentant un intérêt pour le navigateur. Des limites obligatoires s'imposent entre glace nouvelle, grise, blanchâtre, de première année et vieille. Quelques règles simples président à la détermination des types glaciels prédominants.

Pour les concentrations, il faut des limites obligatoires figurées par des lignes unies entre :

Eau libre :	< 1 dixième
Banquise très lâche :	1 à 3 dixièmes
Banquise lâche :	4 à 6 dixièmes
Banquise serrée :	7 à 8 dixièmes
Banquise très serrée :	9 à 9+ (mais moins de 10 dixièmes)
Banquise compacte ou consolidée :	10 dixièmes

Une carte quotidienne d'analyse des glaces ne distinguera pas normalement les concentrations ne variant que d'un dixième, sauf s'il s'agit d'une banquise très serrée ou compacte. La concentration totale est le facteur déterminant de la délimitation glacielle, mais on ne tiendra pas compte de la nouvelle glace lorsque des glaces de première année ou des glaces plus épaisses sont présentes.

La lisière des glaces est la ligne de démarcation entre l'eau libre et les concentrations de glace d'un ou de plusieurs dixièmes. Cela veut dire que l'on peut s'attendre à trouver des traces de glace au-delà de la lisière. Dans le cas de la glace blanchâtre ou d'une glace plus épaisse, le prévisionniste a la latitude d'établir une distinction supplémentaire entre la banquise serrée (7 à 8 dixièmes) et la banquise très serrée (9 à 9+ dixièmes).

L'utilisateur doit être conscient que l'on voit les diverses glaces comme planes, c'est-à-dire non déformées. À cause du chevauchement et de la formation de crêtes, des traces de glaces plus épaisses seront habituellement présentes. Dans ce cas, on utilise les codes 8 (glace de deuxième année) et 9 (glace de plusieurs années) dans l'Arctique pour la période octobre-décembre et, quand la situation est bien connue, pour toute autre période. On n'a pas à établir la distinction entre ces deux types. Le long de la côte du Labrador et dans les eaux de Terre-Neuve, on emploie le code 7 (vieille glace).

La navigation dans des glaces plus épaisses est plus difficile avec de gros floes qu'avec de petits. Quand des glaces de première année ou plus épaisses sont présentes en concentration d'au moins 6 dixièmes, on doit distinguer les zones de floes moyens ou gros (code 4 ou supérieur) des zones de petits floes (code 3 ou inférieur).

D'autres limites facultatives s'indiquent par un pointillé. On peut ainsi employer plusieurs codes de l'œuf pour une grande étendue de glace dont les caractéristiques globales correspondent à une limite obligatoire, mais où les types glaciels ou les tailles de floes accusent de subtiles différences. Le pointillé sert aussi à délimiter les zones de moindre concentration de glaces particulièrement dangereuses. Ainsi, quand une trace de glaces moyennes ou épaisses de première année ou de vieilles glaces est présente, on peut l'encadrer d'un subpolygone en pointillé.

On fait souvent figurer des cordons et des bancs sur une carte quand on essaie de décrire avec précision des conditions glacielles dans une zone de concentration totale « banquise très lâche » ou « banquise lâche ». Dans de telles zones, surtout le long de la lisière, les vents, les courants et les marées disposent les glaces en cordons et en bancs très serrés entre lesquels s'étendent de grandes nappes d'eau libre. De même, on utilise fréquemment deux codes de l'œuf joints par le symbole du cordon pour dépeindre des cordons et des bancs serrés ou très serrés d'un type plus épais. Dans ce cas, les bancs s'encadrent dans une grande zone de couverture plus mince.

La carte quotidienne d'analyse des glaces offre une image statique de l'état des glaces à 1800 TUC. Les glaces ont généralement une certaine mobilité selon les conditions météorologiques et océanographiques. Les flèches de dérive que portent les cartes aident l'utilisateur à évaluer l'évolution des conditions glacielles pendant les 24 heures qui suivent. Les flèches indiquent la dérive nette prévue sur 24 heures des glaces entièrement mobiles selon les prévisions éoliennes et la connaissance que l'on a des courants. Les forces éoliennes sont directement proportionnelles à la voilure des glaces. Le facteur de voilure est en proportion directe de l'épaisseur des glaces et en proportion indirecte de la concentration totale et de la taille des floes. Cela veut dire que les glaces au mouvement le plus rapide comme celles d'une banquise très lâche devraient dériver au rythme indiqué.

Les flèches peuvent servir d'indication de pression glacielle quand elles figurent dans une zone de glace plus épaisse et se dirigent vers une zone de glace encore plus épaisse ou vers la côte. À l'inverse, on indiquerait les zones d'atténuation de pression ou de formation de chenaux par un symbole de dérive en mer.

L'utilisateur doit savoir que, du fait de la fonte et de la destruction, une lisière pourrait ne pas progresser au rythme indiqué. À l'opposé, en période de croissance, elle pourrait avancer à un rythme plus rapide.

4.7.5 Repérage naval des glaces de mer

Des formations caractéristiques sont liées à des types glaciels et donnent d'utiles indications que le navigateur peut mettre à profit pour reconnaître et caractériser l'état des glaces. On doit se rappeler que des conditions ambiantes comme l'obscurité, la brume, la couverture nivale, l'accidentement et la fonte de surface peuvent venir compliquer cette constatation. L'annexe A présente d'autres renseignements sur les caractéristiques et la terminologie des types glaciels.

Nouvelle glace

La nouvelle glace est de la glace récemment formée dont les cristaux ne sont que faiblement soudés ensemble s'il y a, bien sûr, agglutination. On la trouve habituellement à l'état non structuré

sous forme de cristaux répartis à la surface de la mer dans une couche pouvant excéder 1 cm d'épaisseur, selon l'état de la mer.

On reconnaît la nouvelle glace à sa texture de soupe et à son aspect mat comme l'illustre la Figure 31. Elle peut aussi prendre la forme de morceaux de glace blanche et spongieuse de quelques centimètres de diamètre (état désigné par le terme « shuga »).

Figure 31 Exemple de nouvelle glace

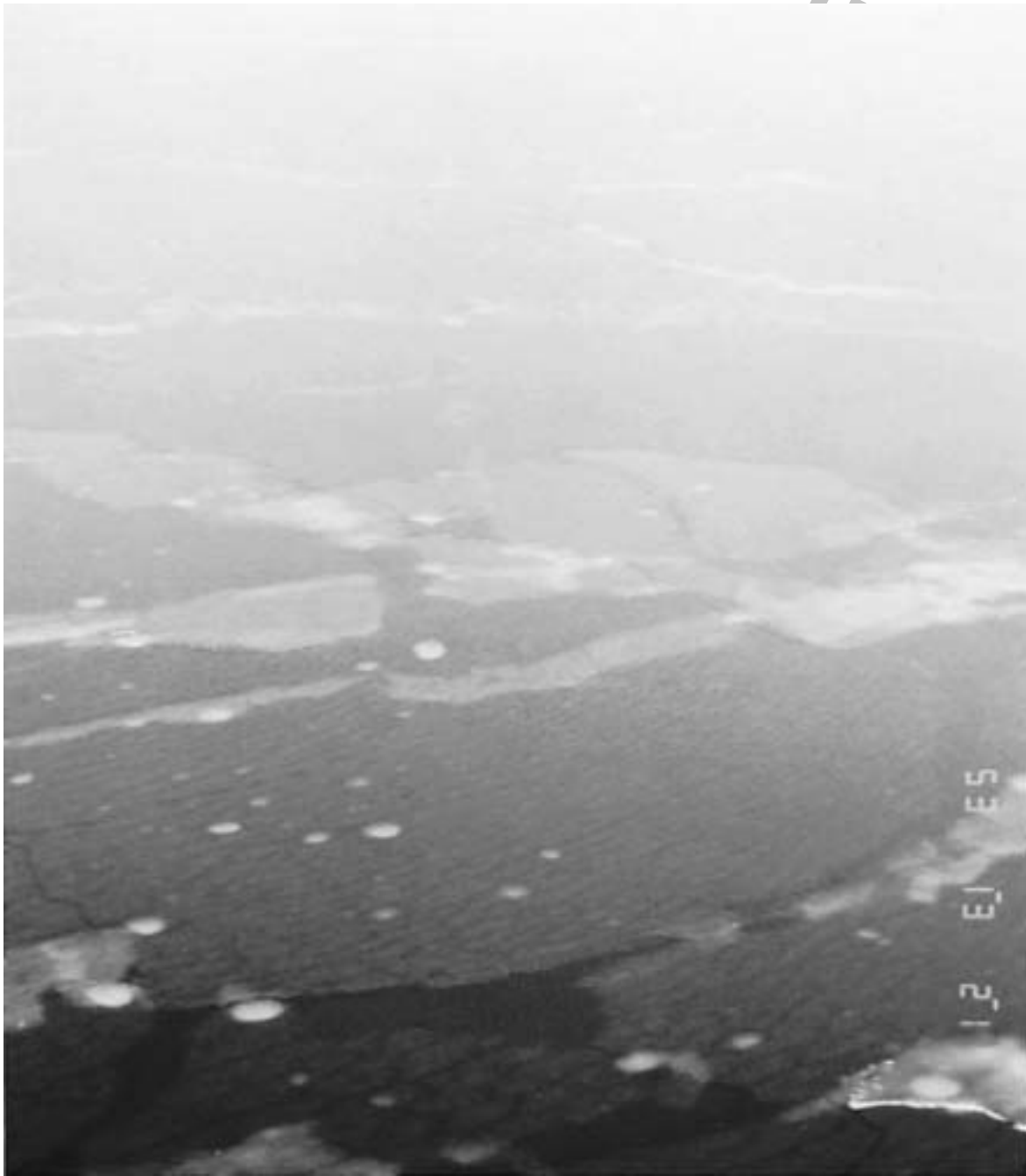


Nilas

Le nilas est de la glace qui s'est développée au point de former une mince couche élastique à la surface de la mer. Cette couche peut atteindre 10 cm d'épais et se caractérise par son aspect sombre et mat.

Le nilas a des caractéristiques uniques de déformation qui le font aisément reconnaître. Il s'incurve ou ondule facilement dans le sillage d'un navire, souvent sans rupture, et quand deux couches de nilas convergent, elles peuvent s'imbriquer par des « doigts » relativement minces. La figure 32 illustre toutes ces caractéristiques.

Figure 32 Exemple de nilas



Quand la mer est plus agitée, le nilas peut former des morceaux circulaires de jusqu'à 3 m de diamètre aux bords relevés à cause du contact qui s'établit entre les morceaux. La figure 33 donne un exemple de cette glace en crêpes. La nouvelle glace et le nilas ne constituent pas un danger pour le navigateur.

Figure 33 Exemple de glace en crêpes

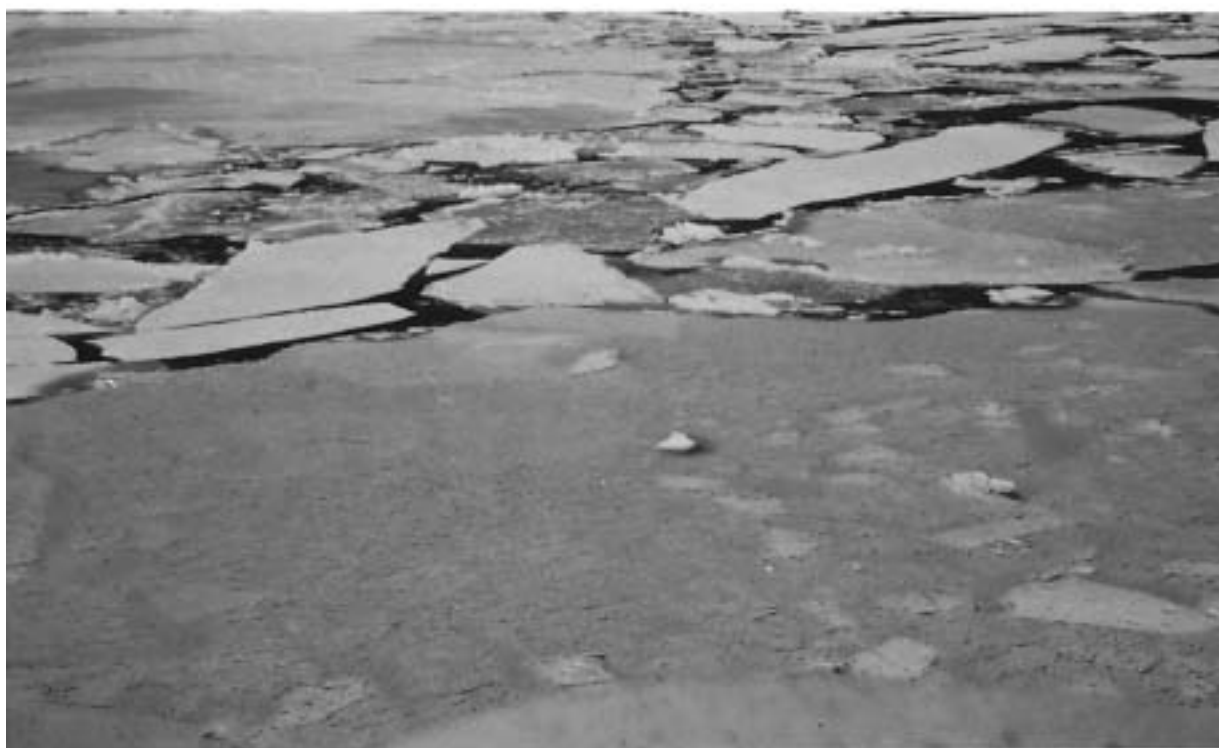
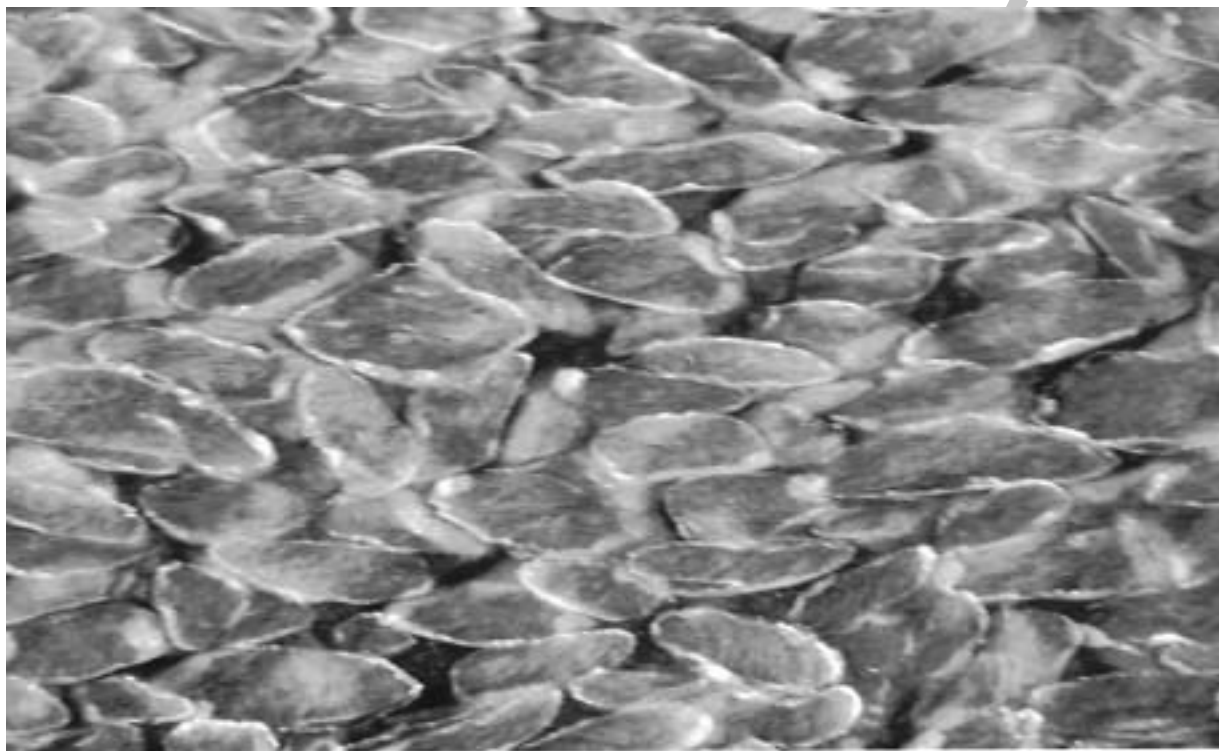


Figure 34 Exemple de jeune glace; glaçons gris et blanchâtres

Jeune glace

La jeune glace a de 10 à 30 cm d'épais. Elle peut être grise (épaisseur de 10 à 15 cm) ou blanchâtre (épaisseur de 15 à 30 cm). Comme ces désignations l'indiquent, la jeune glace se reconnaît d'emblée à sa teinte grise. La figure 34 donne un exemple de jeune glace.

Les floes de glace grise qui convergent chevaucheront avec des doigts plus larges que le nilas, et il y aura même chevauchement de très vastes couches. On observe fréquemment des champs de fragments étendus, surtout dans le cas de la glace blanchâtre. La jeune glace est d'une résistance suffisante pour faire peser une menace sur les navires non renforcés pour la navigation dans les glaces.

Glace de première année

La glace de première année (que l'on appelle parfois glace blanche) a plus de 30 cm d'épais. Elle peut être mince, moyenne ou épaisse, mais il est souvent difficile de juger de son épaisseur à première vue, la couleur et les caractéristiques topographiques de surface étant relativement les mêmes pour toutes les épaisseurs. Dans des crêtes, l'épaisseur des extrémités de bloc est une indication d'épaisseur minimum, mais les glaces planes entrant dans la composition d'une crête peuvent être plus épaisses selon l'âge de cette crête. La figure 35 donne un exemple de glace de première année.

Figure 35 Exemple de glace de première année



La façon la plus précise d'estimer l'épaisseur des glaces est d'observer les extrémités de morceaux contre la muraille du navire. Il est utile de connaître les dimensions d'un ou deux objets au niveau du pont (comme la largeur de la lisse) que l'on pourra voir de la passerelle en même temps que des fragments de glace.

Vieille glace

La vieille glace a plus d'un an d'existence. Elle peut être de deuxième année ou de plusieurs années. En période de fonte, des mares se forment à la surface des glaces de première année qui, à cause de leur teinte plus sombre, tendent à absorber plus de rayonnement solaire que les bancs avoisinants de glace blanche. Si la glace ne fond pas entièrement avant le début de la nouvelle saison d'englacement, l'ondulation de la surface en deviendra un trait permanent. Avec la succession de cycles de fonte et de gel, les glaces prennent progressivement de l'épaisseur et la différence entre mares et hummocks s'accroît.

Il n'est pas toujours facile de distinguer la glace de deuxième année de la glace de première année, la couverture nivale et l'eau de fonte ayant tendance à occulter les premiers stades de la formation de hummocks. La glace de deuxième année qui entre en réalité dans la couverture de glace se limite normalement à la tranche supérieure de 50 à 100 cm, le reste représentant la croissance de glace de première année. Quand des morceaux roulent sur le flanc, on peut reconnaître la glace de deuxième année à l'existence entre les deux couches d'une ligne de démarcation bien définie mais à l'aspect nébuleux qui mesure plusieurs centimètres d'épais. Sous cette ligne, on distinguera d'ordinaire la glace de première année à sa couleur légèrement plus verte et à la disposition verticale de ses cristaux en colonnes. La figure 36 donne un exemple de glace de deuxième année.

Figure 36 Exemple de glace de deuxième année



La glace de plusieurs années est plus facile à reconnaître que la glace de deuxième année, principalement parce que les hummocks et les mares de fonte sont de plus en plus prononcés. De

plus, il existe normalement un réseau bien établi de drainage reliant les mares et les floes ont généralement un franc-bord plus haut que les glaces de première année. Quand les formations glacées sont dénudées, la glace de plusieurs années peut paraître plus bleue que la glace de première année.

Figure 37 Exemple de glace de plusieurs années



MISE EN GARDE : ON NE PEUT S'EN REMETTRE UNIQUEMENT AU RADAR DE MARINE POUR REPÉRER LES ICEBERGS, LES FRAGMENTS D'ICEBERG ET LES BOURGUIGNONS DANS LA BRUME ET L'OBSCURITÉ.

Les floes de plusieurs années accusent des variations considérables de taille, d'épaisseur et d'accidentement selon leur profil de croissance. Même quand des fragments ou de la neige en dissimulent la surface, on peut souvent reconnaître ces floes très forts aux crêtes de glace de première année qui se forment dans bien des cas sur leur pourtour. On peut discerner un grand nombre de ces caractéristiques sur la photo d'un floe type de plusieurs années comme celle que présente la figure 37. La glace de plusieurs années est de la glace de mer à son plus fort et à son plus dur et constitue un sérieux obstacle pour tous les navires, même pour les brise-glace les plus puissants.

4.7.6 Repérage naval des icebergs, des fragments d'iceberg et des bourguignons

Le repérage à vue des glaces de glacier est possible dans de bonnes conditions de visibilité si les icebergs ou les fragments d'iceberg sont gros, mais le radar de marine offre un important moyen de détection, plus particulièrement pour des cibles plus petites. Les icebergs se répartissent en trois catégories de taille, selon qu'ils ont plus de 5 m (iceberg), de 1 à 5 m (fragment d'iceberg) ou moins de 1 m (bourguignon) de haut.

On peut les observer sans grande difficulté quand la visibilité est bonne à cause de leur taille imposante, mais par piètre visibilité même ces formations massives peuvent échapper à l'observateur avec les résultats catastrophiques auxquels on peut penser.

Le radar de marine est généralement capable de repérer même de petits icebergs à une distance de plus de 12 milles marins. Si la visibilité est réduite pour une raison quelconque, on devrait marquer et poursuivre ces cibles, car on peut les perdre dans le retour de mer ou les échos de la banquise à mesure que diminue la distance entre le navire et l'iceberg.

La glace de glacier est presque transparente pour le radar : l'écho que renvoie un iceberg résulte de la diffusion du signal par les bulles d'air et les autres imperfections de la glace. C'est pourquoi l'écho d'un iceberg sera beaucoup moins intense que celui d'un navire de même taille. Le signal peut se perdre dans le retour de mer et les études scientifiques nous indiquent qu'il peut en fait s'effacer entièrement de l'image radar avec la diminution de la distance entre iceberg et navire. Nous ne saurions trop insister là-dessus!

Dans la banquise, les icebergs peuvent produire des ombres sur l'image du radar de marine à cause de leur grande taille. Souvent, l'iceberg lui-même sera indétectable, mais son ombre révélera sa présence.

Les navigateurs devraient également se défier des chenaux dans la banquise qui pourraient soudainement les mettre face à face avec un iceberg. Comme les icebergs ont un fort tirant d'eau, ils obéissent plus aux courants océaniques et moins aux vents que les glaces de mer environnantes. Il peut en résulter des différences de mouvement et, dans ce cas, un iceberg fraiera un chenal d'eau libre dans la banquise.

Ces observations valent généralement autant pour les **fragments d'iceberg** et les **bourguignons** que pour les icebergs proprement dits, mais la moindre taille des premiers rendra souvent leur repérage plus difficile, d'où le très grand danger qu'ils présentent.

On doit mettre un soin tout particulier à surveiller les fragments d'iceberg et les bourguignons. Ils peuvent être bien cachés dans un champ de fragments, comme l'illustre la figure 39, ou par le moutonnement en haute mer, comme l'indique la figure 41. Leur forme peut même rendre les plus gros fragments d'iceberg difficiles à détecter au radar de marine, quand leur franc-bord est relativement bas et que les flancs s'orientent de manière à dévier l'énergie du signal loin des antennes. Le fragment que l'on peut voir à la figure 41 était invisible sur l'image radar. Il est bon de ralentir la marche dans des eaux porteuses de glaces d'origine terrestre et d'ajouter une vigie

pour être sûr que le guet est suffisant. Les fragments d'iceberg et les bourguignons représentent la plus grande menace pour les navires dans les eaux couvertes de glaces.

Figure 38 Bourguignon dissimulé dans un champ de fragments



MISE EN GARDE : LE NAVIGATEUR DOIT ÊTRE À L'AFFÛT DES FRAGMENTS D'ICEBERG ET DES BOURGUIGNONS EN TOUT TEMPS QUAND IL SE TROUVE DANS DES EAUX PORTEUSES DE GLACES D'ORIGINE TERRESTRE.

4.7.7 Futurs systèmes d'information sur les glaces

Systèmes de bord

Les futurs systèmes de bord pourraient comprendre des radars de marine au fonctionnement renforcé et optimisé pour la navigation dans les glaces. L'expérimentation de radars à polarisation croisée nous enseigne qu'il est possible d'améliorer l'image radar pour un meilleur repérage des vieilles glaces et des glaces de glacier.

On fait des progrès dans la mise au point de systèmes de bord qui utilisent des radiomètres hyperfréquence passifs pour mesurer l'émissivité naturelle des glaces, produisant des images assimilables à celles du radar et susceptibles d'être relevées de couleurs pour que l'on puisse distinguer l'eau libre des divers types de glace.

Figure 39 Iceberg et bourguignons en haute mer



Figure 40 Exemple de fragment d'iceberg non repéré au radar de marine



Systèmes aéroportés

Des capteurs électromagnétiques aéroportés capables de mesurer des profils d'épaisseur de glace sur de grandes distances sont actuellement en cours d'élaboration. Les données qui en émaneraient pourraient permettre d'accroître la finesse, la précision et la sûreté des sources externes d'information sur les glaces, et notamment des cartes des glaces.

Systèmes spatiaux

Le Service canadien des glaces a récemment commencé à recueillir des données de radiomètres hyperfréquence passifs d'un satellite américain qui livre des mises à jour quotidiennes de position de lisière et de concentration totale des glaces pour des régions. La résolution est plus grossière que celle des images d'un radar actif, mais cette information peut donner un tableau d'ensemble des conditions glacielles quand on ne peut disposer de données plus détaillées.

Le Canada a un satellite radar imageur appelé Radarsat entièrement opérationnel qui assure presque en permanence une couverture globale à haute résolution (100 m) des eaux couvertes de glaces. Des systèmes ont été conçus qui diffusent des données traitées aux brise-glace de la Garde côtière canadienne.

Prévision des glaces

On fait des progrès dans la mise au point de modèles capables de prévoir la croissance et le mouvement des glaces. On continuera à améliorer ces modèles prévisionnels et, avec l'incorporation de données brutes comme celles que fournira Radarsat, il est possible que leur degré de précision et de sûreté soit un jour tel que leurs données synoptiques puissent directement servir à bord des navires à la planification stratégique et tactique.

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 5 NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE CANADIEN

Dans le cadre de la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques* (LPPEA) de 1970, le gouvernement du Canada, par le biais de la Direction générale de la sécurité maritime de Transports Canada, s'acquitte de sa responsabilité de réglementation de la navigation dans l'Arctique de façon à préserver et à protéger le fragile écosystème du Nord. Un certain nombre de règlements relevant de la LPPEA visent la navigation dans l'Arctique.

Nous avons résumé chaque publication, norme ou règlement mentionné dans le présent chapitre afin d'illustrer uniquement les sections pertinentes susceptibles d'avoir le plus d'impact sur les activités des navires dans l'Arctique. On peut obtenir un exemplaire complet de n'importe lequel de ces documents en communiquant avec :

Région des Prairies et du Nord, Marine (AMNS)

Transports Canada	Téléphone	(613) 991-6004
Place de Ville, Tour C	Télécopieur :	(613) 991-4818
330, rue Sparks, 14e étage	Internet :	www.tc.gc.ca
Ottawa (Ontario)		
K1A 0N5		

5.1 RÈGLEMENT SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION DES EAUX ARCTIQUES PAR LES NAVIRES (RPPEAN)

Application

En général, le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* ne s'applique pas aux navires de 100 tonneaux ou moins de jauge brute. Toutefois, les articles 28 et 29, portant respectivement sur le dépôt d'effluents et le dépôt d'hydrocarbures, s'appliquent à tous les navires.

Le RPPEAN régit certains aspects de la navigation par le biais de ce qu'on appelle communément le système de zones et de dates. Aux fins du système de zones et de dates, les eaux de l'Arctique sont divisées en seize zones de contrôle de la sécurité de la navigation avec, pour chacune, un calendrier indiquant les dates d'entrée les plus précoces et les plus tardives pour des catégories particulières de navires. On trouve les conditions glacielles les plus rigoureuses dans la zone 1 et les moins rigoureuses, dans la zone 16. Parce que le système de zones et de dates ne fluctue pas avec l'état des glaces, Transports Canada a mis en place le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique afin de permettre aux navires de naviguer lorsque les conditions des glaces le permettent.

Le système de zones et de dates

Pour comprendre comment on applique le système de zones et de dates aux activités des navires, il faut consulter trois pages distinctes. La première (figure 41) est une carte de l'Arctique canadien illustrant les seize zones de contrôle de la sécurité de la navigation (annexe II du Décret sur les zones de contrôle de la sécurité de la navigation), la deuxième (Tableau 17) est le tableau des dates (annexe VIII du RPPEAN) et la troisième est un tableau comparant les normes de construction des navires de type A, B, C, D et E (annexe V du RPPEAN).

5.1.1 Application du système de zones et de dates

En vertu du RPPEAN, il est interdit à un navire qui transport une quantité d'hydrocarbures supérieure à 453 m³ de naviguer dans les zones illustrées, à moins qu'il ne réponde aux normes de construction prescrites comme un navire de cote arctique, comme un navire de catégorie arctique canadienne (CAC) ou comme un navire de type A, B, C, D ou E. Les navires de type E sont des navires pour eau libre. Pour les navires transportant moins de 453 m³ d'hydrocarbures, le système de zones et de dates ne s'applique pas. Par contre, le reste du Règlement s'applique.

Les exploitants peuvent déterminer le type de leur navire en se reportant à l'annexe V du RPPEAN, en utilisant la cote de renforcement contre les glaces (ou « renfort de proue ») établie par leur société de classification ou la désignation pour eau libre. Si un navire répond aux normes de cote arctique ou de CAC, le propriétaire disposera de documents qui l'attestent. À l'aide de l'annexe VIII du RPPEAN, l'exploitant peut déterminer les périodes légales d'entrée dans les diverses zones de contrôle de la sécurité de la navigation (figure 42).

5.1.2 Navires de cote arctique et navires CAC






















Il existe maintenant un nouveau système permettant d'établir de quelle façon sont classés par Transports Canada les navires les mieux renforcés pour la navigation dans les glaces. Pour les nouvelles constructions, les cotes arctiques sont maintenant remplacées par quatre catégories arctiques canadiennes (CAC). La publication de Transports Canada intitulée *Normes équivalentes pour la construction des navires de cote arctique* (TP 12260) énonce en détail ces nouvelles classifications structurales. Les propriétaires de navires construits selon les normes polaires d'autres sociétés de classification et organismes de réglementation nationaux peuvent demander à Transports Canada des équivalences CAC au cas par cas, tout comme les propriétaires de navires déjà classés selon l'actuel système canadien des navires de cote arctique.

Les navires CAC sont décrits plus en détail à la section 5.3 de la présente publication. L'un des principaux avantages des navires CAC par rapport aux navires de cote arctique tient au fait que les activités de ces navires s'appliquent directement au *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique*.

Tableau 17 Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques (Annexe VIII (art. 6 et 26))

Art.	Catégorie	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9	Zone 10	Zone 11	Zone 12	Zone 13	Zone 14	Zone 15	Zone 16
1	cote arctique 10	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année
2	cote arctique 8	1 juil. au 15 oct	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année
3	cote arctique 7	1 août au 30 sept	1 août au 30 nov	1 juill. au 31 déc	1 juill. au 15 déc.	1 juill. au 15 déc	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année
4	cote arctique 6	15 août au 15 sept	1 août au 31 oct	15 juill. au 30 nov.	15 juill. au 30 nov.	1 août au 15 oct.	15 juill. au 28 févr	1 juill. au 31 mars	2 juill. au 31 mars	toute l'année	toute l'année	1 juill au 31 mars	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année	toute l'année
5	cote arctique 4	15 août au 15 sept	15 août au 15 oct.	15 juill. au 31 oct.	15 juill. au 15 nov.	15 août au 30 sept.	20 juill. au 31 déc.	15 juill. au 15 janv.	15 juill. au 15 janv.	10 juill. au 31 mars	10 juill au 28 févr.	5 juill. 15 janv.	1 juin au 31 janv.	1 juin au 15 fév.	15 juin au 15 févr.	15 juin au 15 mars	1 juin au 15 févr.
6	cote arctique 3	20 août au 15 sept.	20 août au 30 sept.	25 juill. au 15 oct.	20 juill. au 5 nov.	20 août au 25 sept.	1 août au 30 nov.	20 juill. au 15 déc.	20 juill. au 31 déc.	20 juill. au 20 janv.	15 juill. au 25 janv.	5 juill. au 15 déc.	10 juin au 31 déc.	10 juin au 31 déc.	20 juin au 10 janv.	20 juin au 31 janv.	5 juin au 10 janv.
7	cote arctique 2	entrée interdite	entrée interdite	15 août au 30 sept.	1 août au 31 oct.	entrée interdite	15 août au 20 nov.	1 août au 20 nov.	1 août au 30 nov.	1 août au 20 déc.	25 juill. au 20 déc.	10 juill. au 20 nov.	15 juin au 5 déc.	25 juin au 22 nov.	25 juin au 10 déc.	25 juin au 20 déc.	10 juin au 10 déc.
8	cote arctique 1A	entrée interdite	entrée interdite	20 août au 15 sept.	20 août au 30 sept.	entrée interdite	25 août au 31 oct.	10 août au 5 nov.	10 août au 20 nov.	10 août au 10 déc.	1 août au 10 déc.	15 juill. au 10 nov.	1 juill. au 10 nov.	15 juill. au 31 oct.	1 juill. au 30 nov.	1 juill. au 10 déc.	20 juin au 30 nov.
9	cote arctique 1	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	25 août au 30 sept.	10 août au 5 nov.	10 août au 31 oct.	10 août au 31 oct.	1 août au 31 oct.	15 juill. au 20 oct.	1 juill. au 31 oct.	15 juill. au 15 oct.	1 juill. au 30 nov.	1 juill. au 30 nov.	20 juin au 15 nov.
10	type A	entrée interdite	entrée interdite	20 août au 5 sept.	20 août au 20 sept.	entrée interdite	15 août au 15 oct.	10 août au 15 oct.	10 août au 20 nov.	1 août au 20 nov.	25 juill. au 20 nov.	10 juill. au 31 oct.	15 juin au 10 nov.	25 juin au 22 oct.	25 juin au 30 nov.	25 juin au 5 déc.	21 juin au 20 nov.
11	type B	entrée interdite	entrée interdite	21 août au 10 sept.	21 août au 15 sept.	entrée interdite	25 août au 30 sept.	1 août au 25 oct.	1 août au 10 nov.	10 août au 31 oct.	1 août au 31 oct.	15 juill. au 20 oct.	1 juill. au 25 oct.	15 juill. au 15 oct.	1 juill. au 30 nov.	1 juill. au 30 nov.	20 juin au 10 nov.
12	type C	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	25 août au 25 sept.	10 août au 15 oct.	10 août au 31 oct.	10 août au 25 oct.	1 août au 25 oct.	15 juill. au 15 oct.	1 juill. au 25 oct.	15 juill. au 10 oct.	1 juill. au 25 nov.	1 juill. au 25 nov.	20 juin au 10 nov.
13	type D	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	10 août au 5 oct.	15 août au 20 oct.	15 août au 20 oct.	5 août au 20 oct.	15 juill. au 10 oct.	1 juill. au 20 oct.	30 juill. au 30 sept.	10 juill. au 10 nov.	5 juill. au 10 nov.	1 juill. au 31 oct.
14	type E	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	entrée interdite	10 août au 30 sept.	20 août au 20 oct.	20 août au 15 oct.	10 août au 20 oct.	15 juill. au 30 sept.	1 juill. au 20 oct.	15 août au 20 sept.	20 juill. au 31 oct.	20 juill. au 5 nov.	1 juill. au 31 oct.

Tableau 18 Normes de construction des navires de type A, B, C, D et E (Annexe V du RPPEAN)

Col. I	Col. II	Col. III	Col. IV	Col. V	Col. VI	Col. VII	Col. VIII	Col. IX	Col. X	Col. XI		
Art	Type de navire	American Bureau of Shipping	Bureau Veritas	Det Norske Veritas	Germanischer Lloyd	Lloyd's Register of Shipping	Nippon Kaiji Kyokai ¹	Polski Rejestr Statkow ¹	Registre russe de la navigation	Registro Italiano Navale	Registrul Naval Roman	
1.	Type A	A1  Renfort de proue Cote AA AMS	1 3/3 E glace I-super	1 A 1 ICE A*	100 A 4 E 4 MC	100 A1 Cote glace 1* LMC	NS* (Cote 1A Super Renfort de proue) MNS*	*KM YLA	KM  YAA	100A-1.1 RG 1*	RNR  CM	<u>M</u> O G 60
		ou A1  Renfort de proue Cote 1AA AMS	ou 1 3/3 E Cote glace 1A Super	ou 1 A 1 ICE 1A*	ou 100A1 Cote glace 1A Super LMC	ou MNS* Ou NS* Cote AA 1S MNS*	ou *KM YL	ou KM  YA	ou 100A-1.1 1AS	ou RNR  CM	ou <u>M</u> O G 50	
2.	Type B	A1  Renfort de proue Cote A AMS	1 3/3 E glace I	1 A 1 ICE A	100 A 4 E 3 MC	100 A1 Cote glace 1 LMC	NS* (Cote 1A Renfort de proue) MNS*	*KM L1	KM  A1	100A-1.1 RG 1	RNR  CM	<u>M</u> O G 40
		ou A1  Renfort de proue Cote 1A AMS	ou 1 3/3 E Cote glace 1A	ou 1 A 1 ICE 1A	ou 100A1 Cote glace 1A LMC	ou NS* Cote A 1S MNS*	ou 100A-1.1 1A					
3.	Type C	A1  Renfort de proue Cote B AMS	1 3/3 E glace II	1 A 1 ICE B	100 A 4 E 2 MC	100 A1 Cote glace 2 LMC	NS* (Cote 1B Renfort de proue) MNS*	*KM L2	KM  A2	100A-1.1 RG 2	RNR  CM	<u>M</u> O G 30
		ou A1  Renfort de proue Cote 1B AMS	ou 1 3/3 E Cote glace 1B	ou 1 A 1 ICE 1B	ou 100A1 Cote glace 1B LMC	ou NS* Cote B 1S MNS*	ou 100A-1.1 1B					
4.	Type D	A1  Renfort de proue Cote C AMS	1 3/3 E glace III	1 A 1 ICE C	100 A 4 E 1 MC	100 A1 Cote glace 3 LMC	NS* (Cote 1C Renfort de proue) MNS*	*KM L3	KM  A3	100A-1.1 RG 3	RNR  CM	<u>M</u> O G 20
		ou A1  Renfort de proue Cote 1C AMS	ou 1 3/3 E Cote glace 1C	ou 1A1 ICE 1C	ou 100A1 Cote glace 1D LMC	ou NS* Cote C 1S MNS*	ou KM L4	ou 100A-1.1 1C				
5.	Type E	A1  AMS	1 3/3 E	1 A 1	100 A 4 MC	100 A1 LMC	NS* MNS*	*KM	KM 	100A-1.1	RNR  CM	<u>M</u> O

*1 Dans ces colonnes, l'astérisque * est facultatif.*

5.1.3 Le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique

Bien qu'il soit à la fois simple et prévisible, le système de zones et de dates présente un inconvénient majeur. Les conditions glacielles varient considérablement d'une année à l'autre. Durant une année où les conditions sont rigoureuses, un navire peut entrer légalement dans une zone pour laquelle sa capacité structurale n'est pas adaptée. Lors d'une année où les glaces sont minces, la rigidité du système pourrait empêcher les navires de transiter par des zones où il n'y a absolument pas de glace. Pour régler ce problème, le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* (RPPEAN) a été révisé et offre aux exploitants une plus grande latitude dans leurs opérations, grâce à l'entrée en vigueur des Normes pour le *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* (SRGNA), TP 12259. Ce système autorise les navires à circuler en dehors de l'actuel système de zones et de dates lorsque les conditions des glaces le permettent.

5.1.4 Certification des navires – Certificats de prévention de la pollution dans l'Arctique

Les navires qui possèdent un *certificat de prévention de la pollution dans l'Arctique* valide sont conformes au *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires*. Les navires qui ne possèdent pas ce certificat (qui n'est pas obligatoire) peuvent faire l'objet d'une inspection destinée à vérifier s'ils respectent la réglementation. Tous les capitaines de navire sont encouragés à se procurer un certificat valide, délivré avant que le navire n'entreprenne un voyage dans les zones de contrôle de la sécurité de la navigation. Le certificat peut être délivré à l'extérieur du Canada par une société de classification agréée ou, dans les eaux canadiennes, par l'administration. Il faut noter que tous les certificats expirent le 31 mars suivant la date de leur délivrance.

Les *certificats de prévention de la pollution dans l'Arctique* indiquent la cote glace du navire selon son tirant d'eau. Les navigateurs qui ont l'intention de circuler dans des eaux couvertes de glaces doivent connaître la cote glace ou le type de leur navire, et bien comprendre les combinaisons des diverses conditions glacielles, ainsi que les procédures d'exploitation susceptibles de leur assurer un voyage sûr.

5.1.5 L'officier de navigation dans les glaces

Dès le départ, le RPPEAN exigeait la présence d'un officier de navigation dans les glaces à bord des navires qui effectuent des voyages dans les eaux arctiques dans certaines circonstances. Ces exigences, qui ont été récemment révisées, sont décrites en détail dans l'extrait suivant du Règlement :

26. (1) Il est interdit à un navire-citerne de naviguer dans quelque zone que ce soit sans l'aide d'un officier de navigation dans les glaces qualifié conformément au paragraphe (3).
- (2) Il est interdit à un navire autre qu'un navire-citerne de naviguer dans l'une des zones indiquées en tête de chacune des colonnes II à XVII de l'annexe VIIIa) si les mots « Entrée interdite » figurent dans cette colonne en regard de l'article 14, et b) si une période de temps est indiquée dans cette colonne en regard de l'article 14, en d'autre temps que la période indiquée, sans l'aide d'un officier de navigation dans les glaces qualifié conformément au paragraphe
- (3) L'officier de navigation dans les glaces d'un navire doit
- a) être qualifié pour remplir les fonctions de capitaine ou de responsable du quart à la passerelle conformément aux règlements pris en vertu de la Loi sur la marine marchande du Canada;
 - b) avoir rempli les fonctions de capitaine ou de responsable du quart à la passerelle pour une durée minimale de 50 jours, dont 30 jours dans les eaux arctiques, alors que le navire sur lequel il remplissait ces fonctions se trouvait dans des conditions glacielles requérant l'aide d'un brise-glace ou nécessitant l'exécution de manœuvres pour éviter que des concentrations de glaces ne mettent le navire en péril.
- (4) Malgré les paragraphes (1) et (2), il est permis à tout navire-citerne ou navire visé à ces paragraphes de naviguer dans une zone sans l'aide d'un officier de navigation dans les glaces pour toute portion du passage effectué en eau libre.
- (5) Pour l'application du paragraphe (4), « eau libre » s'entend au sens prévu à la norme TP 12259 intitulée *Normes pour le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique*, (SRGNA) (TP 12259), publiée en juin 1996 par la Sécurité des navires, ministère des Transports, avec ses modifications successives.

En résumé, la présence d'un officier de navigation dans les glaces est obligatoire :

- i) sur les navires-citernes (transportant du pétrole) qui naviguent dans une *zone de contrôle de la sécurité de la navigation*;
- ii) lorsqu'un navire (quelque soit son type) de plus de 100 tonneaux de jauge brute navigue en dehors des dates correspondant au type E dans le tableau des zones et des dates; et
- iii) lorsqu'un navire utilise le *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique*.

Au-delà de ces exigences, il est toujours recommandé de confier les commandes du navire à une personne expérimentée lorsque le navire risque de rencontrer des eaux couvertes de glaces. Il incombe au propriétaire du navire de veiller à ce que des personnes qualifiées soient à bord pour le voyage prévu.

5.2 CODE INTERNATIONAL DE LA SÉCURITÉ DES NAVIRES NAVIGUANT LES EAUX POLAIRES

Divers intervenants internationaux sont en train d'élaborer un ensemble de mesures d'harmonisation destinées à garantir la sauvegarde de la vie humaine en mer et la protection de l'environnement dans les eaux polaires de la planète. L'Organisation maritime internationale (OMI), l'Association internationale des sociétés de classification (IACS) et les nations circumpolaires participent à cette initiative, de façon à pouvoir s'acquitter le mieux possible de leurs fonctions et de leur mandat respectifs.

Un certain nombre de pays nordiques ont établi des régimes de réglementation précis qui visent la circulation des navires dans leurs propres eaux côtières de l'Arctique, et bon nombre des principales sociétés de classification ont élaboré des règles s'appliquant à la conception des navires adaptés à la navigation dans les glaces (en plus des célèbres règles de navigation dans la mer Baltique). Toutefois, aucun des systèmes existants n'étant vraiment compatible avec les autres, un navire conçu pour un type d'activités peut avoir beaucoup de difficulté à passer à un autre, ce qui entraîne souvent des coûts considérables et des retards dans le processus. Par ailleurs, la complexité liée au fait de travailler avec plusieurs systèmes crée une confusion qui peut présenter des risques pour la sécurité. Pour régler ces problèmes, on élabore en ce moment un *Code international de la sécurité des navires naviguant les eaux polaires* (Code polaire), sous les auspices de l'Organisation maritime internationale (IMO). Ce code permettra d'harmoniser les systèmes nationaux existants, compte tenu de ce qu'un nombre croissant d'intervenants s'intéressent à l'utilisation des eaux polaires comme routes de navigation et comme zones de recherche scientifique et de développement des ressources.

Le but premier du code polaire consiste à promouvoir la sécurité de la navigation et à prévenir la pollution générée par les opérations des navires dans les eaux polaires. Les responsables du processus d'harmonisation ont reconnu la nécessité d'adopter une approche intégrée couvrant la conception et l'armement des navires pour les conditions qu'ils sont susceptibles de rencontrer, l'affectation à ces navires d'un équipage suffisamment nombreux et correctement formé; et leur exploitation à la fois planifiée et prudente. En outre, le code polaire couvre uniquement les exigences supplémentaires applicables aux eaux polaires, et n'est pas un document autonome qui reprend ou contredit certaines exigences visant d'autres opérations.

Le code polaire tient également compte du fait que les navires peuvent rencontrer, en région polaire, à la fois de la glace de mer et de la glace de l'ère glaciaire qui peuvent poser un grave danger pour leur structure. Il s'agit du plus important facteur dont il faut tenir compte dans le cadre des activités en eaux polaires, comme en témoignent d'ailleurs un grand nombre de dispositions du code polaire, notamment l'application aux navires de classe polaire de niveaux supérieurs de renforcement contre les glaces. Le code polaire lui-même ne vise pas à donner des directives sur les exigences en matière de conception structurale ou de machinerie. Ces exigences seront définies lors de l'élaboration parallèle d'un ensemble de normes unifiées par l'Association internationale des sociétés de classification.

Le code traite également des exigences additionnelles que l'environnement polaire impose aux systèmes des navires, notamment dans les domaines suivants : navigation, communications, sauvegarde de la vie humaine en mer, lutte contre les incendies, etc. Il insiste sur la nécessité de

garantir le bon fonctionnement des systèmes des navires dans les conditions de navigation prévues, notamment en cas de froid extrême. Le code stipule que les systèmes devraient offrir un niveau de sécurité adéquat en cas d'urgence. De plus, il reconnaît que, pour qu'un navire exerce des activités en toute sécurité dans des conditions polaires, il faut accorder une attention particulière aux facteurs humains, notamment à la formation et aux procédures d'exploitation.

Tous les navires qui sont visés par le code polaire devraient avoir à leur bord un nombre suffisant d'officiers de navigation dans les glaces lorsqu'ils naviguent en eaux couvertes de glaces. Le nouveau processus international de certification de ces officiers nécessite des procédures de qualification basées sur la formation et les connaissances, sur lesquelles se sont entendus globalement les intervenants, et qui seront définies avant l'entrée en vigueur du code polaire. La formation des officiers de navigation dans les glaces inclura sans doute un cours modèle de l'OMI, éventuellement combiné à l'utilisation d'un simulateur de navigation dans les glaces.

Classes polaires

Le code polaire établira des classes polaires, illustrées dans le Tableau 19 ci-dessous. La description de ces classes est volontairement générale, car elle vise diverses activités, et établit des liens entre ces activités afin de créer une gradation raisonnable des capacités et des coûts.

Tableau 19 Description des classes polaires

Classe polaire	Description générale
PC 1	Opérations toute l'année dans toutes les eaux polaires
PC 2	Opérations toute l'année dans des conditions de glace moyenne pluriannuelle
PC 3	Opérations toute l'année dans une glace de 2e année avec inclusions de vieille glace
PC 4	Opérations toute l'année dans une glace épaisse de 1re année avec inclusions de vieille glace
PC 5	Opérations toute l'année dans une glace moyenne de 1re année avec inclusions de vieille glace
PC 6	Opérations en été/automne dans une glace moyenne de 1re année avec inclusions de vieille glace
PC 7	Opérations en été/automne dans une glace mince de 1re année avec inclusions de vieille glace

Certaines classes sont basées sur les classes existantes pour lesquelles on dispose de données acceptables sur le rendement. Les autres ont été interpolées ou extrapolées à partir d'autres données. Les classes inférieures (6 et 7) peuvent être considérées comme des versions « polarisées » des deux catégories de service de la Baltique les plus élevées, et les classes supérieures représentent des niveaux de capacité qui n'ont pas encore été atteints par les navires de charge commerciaux.

Tous les navires évoluant dans les eaux polaires ne sont pas tenus d'être des navires de classe polaire. Dans le cadre des systèmes nationaux existants, certains navires pour eau libre, voire même tous ces navires, sont autorisés à naviguer sous réserve de certaines contraintes. Les navires dont la construction, l'équipement et l'équipage respectent les exigences du code polaire recevront un certificat appelé *Document de conformité*. Certaines administrations pourraient établir des cadres comme le système de zones et de dates ou le Système des régimes de glaces, qui permettraient de déterminer la capacité des navires de n'importe quelle catégorie par rapport aux conditions glacielles réelles ou moyennes.

Conclusions

En bout de ligne la sécurité de la navigation demeurera la responsabilité du capitaine, qui recevra, directement ou indirectement, l'expertise et l'information nécessaires pour prendre des décisions de navigation éclairées.

Au début, le code polaire sera un code d'application volontaire adopté par l'OMI. Chaque gouvernement sera libre d'en faire un document d'application obligatoire sur son territoire. L'administration des dispositions du code polaire par les sociétés de classification devrait garantir une acceptation généralisée des principes harmonisés qu'il énonce.

5.3 NORMES ÉQUIVALENTES POUR LA CONSTRUCTION DE NAVIRES DE CLASSE ARCTIQUE – TP 12260

Le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* (RPPEAN) vise à minimiser le risque de pollution des eaux arctiques canadiennes. Le principe de ces normes consiste à utiliser la réserve de force dans les structures au-delà de la limite d'élasticité, pour pouvoir affronter des charges glacielles extrêmes. Il s'agit d'éviter la déformation du bordé tout en évitant la rupture. La norme qui est entrée en vigueur le 1er janvier 1996 a donc remplacé l'annexe VI. Elle constitue désormais une norme complète et indépendante, qui remplace les spécifications relatives à la construction de la coque, pour les propriétaires qui veulent construire des navires plus solides que les navires de type E ou de type A. Les navires construits conformément aux *Normes équivalentes pour la construction de navires de classe arctique* seront des navires CAC (de catégorie arctique canadienne), ce qui leur permettra d'évoluer également dans l'Arctique canadien.

La Norme devrait minimiser les défaillances structurales imputables au flambage et au fléchissement des structures de support. L'acier utilisé pour la construction doit limiter la propagation des fissures à basse température. Sur le plan de la conception, le changement le plus important tient au fait qu'il ne faut absolument pas que les navires CAC entrent en contact avec des hydrocarbures ou d'autres polluants. Le cloisonnement et la stabilité du navire après une avarie font désormais l'objet d'un contrôle plus strict qui améliore la prévention de la pollution.

Équivalence avec le Règlement

Les catégories de navires définies dans la Norme sont « équivalentes » aux classes arctiques énoncées dans le Règlement (annexe VI), et fournies dans le Tableau des équivalences nominales pour la classe arctique.

Activités des navires

La Norme a établi quatre catégories arctiques canadiennes (CAC) correspondant au renforcement contre les glaces, qui sont définies dans le Tableau 20 ci-dessous.

Tableau 20 Catégories arctiques canadiennes (CAC)

Catégorie	Opérations	Types de glaces
CAC 1	Sans restrictions	Plusieurs années
CAC 2	Transit ou bris de glace contrôlé	Plusieurs années
CAC 3	Transit ou bris de glace contrôlé	Deuxième année
CAC 4	Transit ou bris de glace contrôlé	Épaisse de première année

TP 12260, page 3

Les quatre catégories décrites dans la Norme sont CAC1, CAC2, CAC3 et CAC4 : le navire CAC1 peut circuler dans des glaces pluriannuelles, et le navire CAC4 peut effectuer des opérations de bris de glace contrôlé dans une glace épaisse de première année (la Norme donne des détails à ce sujet).

Le système CAC facilite l'utilisation du *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* (SRGNA). Le Tableau des multiplicateurs glaciels permet d'obtenir un numéral glacial applicable à l'entrée dans certains régimes de glaces. Les exploitants de brise-glace conçus pour la glace dense peuvent demander à Transports Canada un ensemble de multiplicateurs glaciels au cas par cas, afin de pouvoir bénéficier des avantages opérationnels qu'offre le SRGNA.

5.4 NORMES POUR LE SYSTÈME DES RÉGIMES DE GLACES POUR LA NAVIGATION DANS L'ARCTIQUE (SRGNA) – TP 12259

Les Normes pour le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique (SRGNA) auxquelles renvoie le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* (RPPEAN), ont été élaborées en vue d'accroître la sécurité et l'efficacité de la navigation dans l'Arctique canadien. Elles définissent le risque relatif que présentent les différentes conditions glacielles pour les structures des divers types de navires.

Le système de zones et de dates repose sur des contrôles stricts. Le nouveau SRGNA met l'accent sur la responsabilité du capitaine en ce qui concerne la sécurité du navire et fournit un cadre plus souple d'aide à la prise de décisions. À l'heure actuelle, les deux systèmes fonctionnent en parallèle, ce qui permet aux exploitants de naviguer hors du cadre des zones/dates lorsque les conditions glacielles le permettent. Les exploitants pourront continuer d'utiliser le cadre des zones/dates pour planifier leurs voyages dans l'Arctique, mais ils seront néanmoins encouragés à éviter les conditions glacielles dangereuses et à utiliser le Système des régimes de glaces. L'application du Système exige l'intervention d'un officier de navigation dans les glaces, et l'utilisation de toutes les informations sur les glaces qui sont disponibles.

5.4.1 Principes

- Les *Normes pour le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* sont basées sur le principe selon lequel les conditions glacielles peuvent être quantifiées à l'aide d'un simple calcul du numéral glacial. Celui-ci indique si un ensemble donné de conditions glacielles (régimes) est sûr pour un navire particulier.
- Il faut tenir compte d'un grand nombre de paramètres de navigation lorsqu'on utilise le Système des régimes de glaces : visibilité, vitesse du navire, manœuvrabilité, disponibilité des brise-glace escorteurs, et connaissances et expérience de l'équipage.

5.4.2 Critères d'application

Le SRGNA ne peut être utilisé que dans les circonstances suivantes :

- Le navire dispose d'un ensemble de multiplicateurs glaciels. Pour les **navires de catégorie arctique canadienne (CAC) ou de type**, les multiplicateurs glaciels figurent dans le Tableau des multiplicateurs glaciels. Pour tous les autres navires, les multiplicateurs sont attribués par Transports Canada au cas par cas, en fonction de l'évaluation du renforcement du navire contre les glaces.
- **UN message de routage en régime de glaces** est envoyé à NORDREG Canada.
- Les **numéraux glaciels** calculés pour le navire sont nuls ou **positifs** pour tous les régimes de glaces qui se trouvent sur la route prévue.
- Le critère final déterminant l'utilisation du système des régimes de glaces est la présence à bord d'un **officier de navigation dans les glaces**. Les compétences particulières de ces officiers sont énoncées à l'article 26 du RPPEAN; elles ont été définies en reconnaissance du fait que la navigation dans les glaces de l'Arctique est souvent de nature complexe et dynamique.

5.4.3 Comment appliquer le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique

1. Obtenir l'information sur l'état actuel des glaces pour le passage prévu et choisir une route.
2. Déterminer les divers régimes de glaces le long de la route et calculer les numéraux glaciels s'appliquant à votre navire pour chacun des régimes.

Les tableaux d'analyse des glaces du Service canadien des glaces sont très utiles pour appliquer le SRGNA et, selon l'échelle utilisée, ils pourraient servir à définir les régimes de glaces aux fins de la planification des voyages, de la planification stratégique et, dans une certaine mesure, pour la navigation tactique. D'autres types de données, par exemple, les données numériques, pourraient nécessiter une analyse plus poussée de l'officier de navigation dans les glaces.

3. Si tous les numéraux glaciels sont égaux ou supérieurs à zéro, envoyer un **Message de routage en régimes de glaces** au Système de trafic de l'Arctique canadien (NORDREG) et poursuivre votre route.

Ce message ne constitue pas une demande d'autorisation de poursuivre la route; il s'agit plutôt d'un message d'information destiné au surintendant des opérations dans les glaces de NORDREG. En fonction de l'information contenue dans le message, NORDREG peut émettre un accusé de réception indiquant au navire qu'il peut poursuivre sa route tel que prévu. Si l'accusé de réception indique que la route prévue semble sûre, il ne dégage pas pour autant le capitaine de ses responsabilités à l'égard de la sécurité de la navigation et de la surveillance des conditions glacielles.

4. Si le numéral glacial d'un régime de glaces est négatif, envisager d'autres solutions, par exemple, choisir une autre route, attendre une amélioration des conditions glacielles ou demander l'aide d'un brise-glace. Quand le passage d'un brise-glace ou d'un autre navire d'escorte modifie un régime, ou encore s'il survient des changements dans les conditions glacielles, donnant un numéral glacial positif, poursuivre la route après avoir informé NORDREG.
5. Dans les 30 jours suivant la fin du voyage, envoyer un **Rapport postérieur aux opérations** à Transports Canada.

5.4.4 Messages du Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique

Lorsque le Système des régimes de glaces est utilisé pour des voyages effectués en-dehors du système de zones et de dates, les navires doivent envoyer les deux messages suivants :

- a) **Message de routage en régime de glaces;**
- b) **Rapport postérieur aux opérations;**

Les pages qui suivent illustrent la présentation de ces messages.

5.4.5 Message de routage en régimes de glaces

Lorsqu'on utilise le Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique, il **faut**, aux termes du *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires*, envoyer un message de routage en régimes de glaces à NORDREG. Ce message peut, en général, être très sommaire. Toutefois, si la route du navire passe par des zones présentant, sur les cartes du Service canadien des glaces, des concentrations qui peuvent donner des numéraux glaciels négatifs, le message doit inclure des renseignements pertinents expliquant le plan du voyage, p. ex., les prévisions de changements touchant les conditions et/ou d'autres considérations.

Le *Message de routage en régimes de glaces* contient les renseignements suivants :

Destinataire : Surintendant régional des opérations dans les glaces

NORDREG Canada

Télécopieur : (867) 979-4236

MESSAGE DE ROUTAGE EN RÉGIMES DE GLACES

- a) nom du navire,
- b) indicatif et numéro OMI du navire
- c) renforcement contre les glaces (Type / CAC / cote arctique / autre.),
- d) date et heure UTC,
- e) position, cap et vitesse du navire*,
- f) destination prévue,
- g) route prévue,
- h) liste des régimes de glaces et de leurs numéraux glaciels,
- i) la ou les source(s) d'information sur les glaces,
- j) autre information pertinente / commentaires
- k) Le nom du navire escorteur (le cas échéant),
- l) le ou les noms des officiers de navigation à bord

Nom du capitaine

Ces données *doivent* être mises à jour lors de la modification du message de routage en régimes de glaces initial, y compris si des changements importants aux conditions glacielles sont survenus. Quoiqu'il en soit, le navire doit fournir des données à jour lorsqu'il entre dans un régime de glaces pour lequel un numéral glacial négatif avait été signalé. Par souci d'efficacité, on peut annexer ces changements au rapport 1600 UTC de NORDREG.

5.4.6 Rapport postérieur aux opérations

Quand on utilise le *Système des régimes de glaces pour la navigation* dans l'Arctique, conformément au paragraphe 6(3) du *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires*, il faut remplir un rapport postérieur aux opérations et l'envoyer au plus tard 30 jours après avoir quitté le secteur visé. Ce rapport peut être sommaire, mais dans les cas où le navire a rencontré des difficultés ou des conditions inattendues, le capitaine pourra inclure les renseignements qu'il juge importants. Ces renseignements pourraient être utiles pour l'amélioration du système et pour la sécurité générale de la navigation dans l'Arctique.

Contrairement au message de routage, le *Rapport postérieur aux opérations* doit être envoyé au directeur régional, Marine, Région des Prairies et du Nord, qui le reçoit au nom du ministre des Transports. Le *Rapport postérieur aux opérations* contient les renseignements suivants :

Destinataire :

Directeur régional, Marine
Région des Prairies et du Nord – AMNS
Transports Canada
Place de Ville, Tour C
33, rue Sparks, 14^e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0N5

Téléphone : (613) 991-6004

Télécopieur : (867) 979-4236

RAPPORT POSTÉRIEUR AUX OPÉRATIONS

- a) nom du navire,
- b) renforcement contre les glaces (Type / CAC / cote arctique / autre.),
- c) description de la route réelle, y compris les régimes des glaces rencontrés, les vitesses de passage et le numéral glaciaire dans chaque cas,
- d) une copie de l'information sur les glaces utilisée,
- e) de l'information sur l'escorte, s'il y a lieu
 - 1. la durée de l'escorte,
 - 2. le régime de glace traversé avec un navire escorteur,
 - 3. les caractéristiques du parcours
- f) les conditions météorologiques et la visibilité,
- g) tout autre renseignement important.

Nom du capitaine

5.4.7 Tableaux d'analyse des glaces ou images

Pour satisfaire aux exigences précisées en d) ci-dessus relatives à la fourniture d'une « copie de l'information sur les glaces utilisée », il serait bon d'annexer au *Rapport postérieur aux opérations* une copie des tableaux d'analyse des glaces ou des images qui ont été utilisés pendant le voyage. En outre, pour faciliter l'établissement du rapport par les officiers du navire, on peut dessiner les trajets sur les tableaux des glaces et y joindre de brèves observations sur les régimes ou les conditions des glaces. On pourrait ainsi sauver beaucoup de temps.

5.5 TROUSSE D'AIDE À L'UTILISATEUR - TP 12819

À l'été 1998, Transports Canada a publié une *Trousse d'aide à l'utilisateur*. Cette trousse contient des données qui aideront les officiers de navire à appliquer le *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* lorsqu'un navire prévoit se déplacer à l'extérieur du système actuel de zones et de dates du Canada. La trousse comprend ce qui suit :

- a) un document **vidéo** qui présente le Système des régimes de glaces, ainsi que quelques notions de base en reconnaissance des glaces,
- b) un logiciel des régimes de glaces qui permet à l'utilisateur de calculer le **numéral glaciaire** de chaque régime de glaces et qui crée automatiquement le **Message de routage en régimes de glaces** et le *Rapport postérieur aux opérations*,
- c) un document regroupant les *Normes pour le système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* et le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires*, en utilisant une terminologie que comprennent les officiers de navigation et les officiers de navigation dans les glaces,
- d) une liste des documents de référence qui permettra aux officiers de navigation d'accéder à divers produits d'information se rapportant au concept de régimes de glaces. Les documents de référence comprennent entre autres une **carte plastifiée** qui présente d'un côté un tableau des multiplicateurs glaciaires en couleurs et de l'autre, l'information relative au code de l'œuf du Service canadien des glaces.

Le règlement n'exige pas des navigateurs qu'ils aient avec eux la *Trousse d'aide à l'utilisateur* – TP 12819, mais ceux (tant étrangers que Canadiens), qui ont l'intention de naviguer dans l'Arctique canadien sont fortement encouragés à s'en procurer une copie et à utiliser le système pour assurer la sécurité de la navigation. Pour obtenir une copie gratuite de la trousse, communiquer avec Transports Canada à l'adresse suivante :

Région des Prairies et du Nord, Marine (AMNS)

Transports Canada, Place de Ville, Tour C
330, rue Sparks, 14e étage
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0N5

Téléphone : (613) 991-6004

Télécopieur : (613) 991-4818

5.5.1 Caractéristiques du Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique

- On a modifié le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires* afin de procurer une plus grande souplesse aux exploitants et de leur permettre d'augmenter leur efficacité. Ainsi, on a accru la responsabilité des navigateurs à l'égard de la sécurité du navire en créant le *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* qui permet aux navires d'évoluer à l'extérieur de l'actuel système de zones et de dates lorsque les conditions glaciaires s'y prêtent. Par un simple calcul, le système indique si les conditions glaciaires permettent à un navire de circuler en toute sécurité.

- L'application du Système des régimes de glaces doit tenir compte d'une variété d'éléments, à savoir la visibilité, la vitesse du navire, la manœuvrabilité, la disponibilité d'un brise-glace escorteur, de même que les connaissances et l'expérience de l'équipage.
- C'est au capitaine d'un navire arctique ou à l'officier de navigation dans les glaces d'un tel navire qu'il appartiendra d'appliquer le Système des régimes de glaces.

5.5.2 Terminologie relative aux régimes de glaces

L'application du *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique* suppose une comparaison entre les conditions de glaces sur une route précise et la capacité structurale du navire. Pour ce faire, on détermine le type de glace dans un régime (épaisseur), la quantité de chaque type de glace (mesurée en dixièmes), et les caractéristiques structurales du navire.

Régime des glaces

Un régime de glaces s'entend de toute combinaison de types de glaces, y compris l'eau libre. Un régime de glaces correspond à une région dans les eaux navigables où les conditions des glaces sont habituellement uniformes, c'est-à-dire que la distribution des types et des concentrations de glaces évolue peu d'une zone à l'autre. (TP 9981, page 23) Ainsi, la taille d'un régime de glaces pourrait quand même varier le long du parcours ouvert par un brise-glace jusqu'à la baie de Baffin. Pour faciliter la planification des voyages, on peut utiliser les tableaux des glaces, car les œufs des glaces et leurs régions pourraient représenter des régimes de glaces.

Multiplicateur glaciai

Un des principaux concepts à la base du Système des régimes de glaces veut que « chaque type de glace (y compris l'eau libre) a reçu une valeur numérique en fonction de la cote glace du navire, appelée multiplicateur glaciai (MG). Sa valeur reflète le niveau de risque ou de contraintes opérationnelles posé par le type de glace particulier pour cette catégorie de bateau ». (TP 12259, page 7)

Pour déterminer les multiplicateurs glaciais s'appliquant à votre navire, il suffit de surligner la colonne correspondant à la catégorie du navire. Vous connaîtrez ainsi les multiplicateurs glaciais pour tous les différents types de glace. (Si vous ne connaissez pas la catégorie de votre navire, reportez-vous au certificat de prévention de la pollution dans l'arctique ou à l'annexe V du *Règlement sur la prévention de la pollution dans l'Arctique par les navires*.) Vous n'avez pas à vous préoccuper des autres colonnes.

Numéraux glaciais

Le numéral glaciai (NG) est une évaluation mathématique d'un régime de glaces qui sert à déterminer si le navire peut entrer dans un régime de glaces particulier. Autrement dit, un NG correspond à la somme des produits de la concentration, en dixièmes, de chaque type de glace et aux multiplicateurs glaciais respectifs de chaque régime.

Tableau 21 Tableau des multiplicateurs glaciels

OMM Codes	Types de glace	Multiplicateurs glaciels pour chaque catégorie de navire						
		Type E	Type D	Type C	Type B	Type A	CAC 4	CAC 3
7• ou 9•	Vieille glace, pluriannuelle	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-1
8•	Glace de 2 ^e année	-4	-4	-4	-4	-3	-2	1
6 ou 4•	Glace épaisse 1 ^{re} année > 120 cm	-3	-3	-3	-2	-1	1	2
1•	Glace moyenne 1 ^{re} année 70-120 cm	-2	-2	-2	-1	1	2	2
7	Glace mince 1 ^{re} année 30-70 cm	-1	-1	-1	1	2	2	2
9	Glace mince 1 ^{re} année – 2 ^e couche 50-70 cm	-1	-1	-1	1	2	2	2
8	Glace mince 1 ^{re} année – 1 ^{re} couche 30-50 cm	-1	-1	1	1	2	2	2
3 ou 5	Glace blanchâtre 15-30 cm	-1	1	1	1	2	2	2
4	Glace grise 10-15 cm	1	2	2	2	2	2	2
2	Nilas, croûte de glace < 10 cm	2	2	2	2	2	2	2
1	Glace nouvelle < 10 cm	“	“	“	“	“	“	“
	Glace pâteuse	“	“	“	“	“	“	“
=Δ	Eau bergée	“	“	“	“	“	“	“
	Eau libre	“	“	“	“	“	“	“

Glace décomposée : Pour les types suivants de glaces : MY, SY, TFY et MFY désagrégées, ajouter +1 au multiplicateur glacial.

Glace en crête : Pour les floes de glace dont la crête dépasse les 3/10es, et dont la concentration totale de glace dépasse les 6/10es, soustraire 1 du multiplicateur glacial.

5.5.3 Facteurs qui peuvent influencer sur les multiplicateurs glaciels

Glace décomposée

À l'heure actuelle, ni l'OMM ni le MANICE ne définissent le terme « glace décomposée »; toutefois, pour fins l'application du Système des régimes de glaces, la glace décomposée est de la glace pluriannuelle, de la glace de 2e année, de la glace épaisse de 1re année ou de la glace moyenne de 1re année piquée de trous de fonte ou pourrie. Pour la glace décomposée, on peut ajouter +1 au multiplicateur glacial. Par exemple, si un navire de type B rencontre de la glace décomposée épaisse de 1re année, le multiplicateur glacial passe de -2 à -1.

Glace en crête

Lorsque la concentration de glace totale d'un régime particulier correspond à 6/10^e ou plus, et qu'au moins 3/10e du secteur correspondant à un type de glace (autre que de la glace pâteuse), est déformé par des crêtes, des fragments et des hummocks, il faut soustraire 1 du multiplicateur

glaciel pour ce type de glace. Si, par exemple, un navire de type E rencontre un régime comportant de la glace mince de 1re année en crête, le multiplicateur glacial passe de -1 à -2.

Sarrasins (Brash)

À la suite d'études, on a attribué aux sarrasins (sauf une barrière de sarrasins ou des sarrasins agglomérés), le même multiplicateur glacial que l'eau libre, c'est-à-dire +2. Dans le cadre du SRGNA, ce type de glace devrait correspondre à la glace qui se trouve principalement dans le sillage bien défini des brise-glace.

Trace de vieille glace

On peut faire état des traces de glace dans les prévisions ou les indiquer à gauche des œufs des glaces. On entend par trace une concentration de glace inférieure à $1/10^{\circ}$; par ailleurs, il n'est pas nécessaire d'inclure les traces de glace dans le calcul du numéral glacial. Si on rencontre une trace de vieille glace, il faut naviguer avec prudence.

Taille des floes

Il n'existe actuellement aucun moyen de quantifier directement l'importance de la taille des floes dans le SRGNA.

Figure 42 Ce vraquier de type D a été endommagé par les glaces dans le détroit de Hudson



Vitesse sécuritaire

La vitesse du navire est un élément déterminant de la sécurité de la navigation dans les glaces. On n'a pas encore inclus cette donnée dans le calcul des numéraux glaciels effectué au moyen du *Système des régimes de glaces pour la navigation dans l'Arctique*, mais il s'agit néanmoins d'un élément important pour les navigateurs qui se trouvent dans des eaux encombrées de glaces. Les

navigateurs doivent faire preuve de prudence lorsqu'ils déterminent la vitesse du navire, et ce, pour éviter les impacts néfastes avec des glaces dangereuses.

5.5.4 Calcul des numéraux glaciels

Quel que soit le régime de glaces, le **numéral glacial (NG)** est la somme des produits de ce qui suit :

- a) la concentration, en dixièmes, de chaque type de glace,
- b) les multiplicateurs glaciels correspondant au type ou à la classe de navire visé.

Équation : $NG = (C_a \times MG_a) + (C_b \times MG_b) + \dots$

Où : NG Numéral glacial

C_a concentration en dixièmes de glace de type « a »

MG_a Multiplicateur glacial pour de la de glace de type « a » (se reporter au *Tableau des multiplicateurs glaciels*)

Les éléments qui se trouvent à droite de l'équation (a, b, c, ainsi de suite), sont répétés pour chacun des types de glace et chacune des concentrations respectives, y compris l'eau libre. On peut calculer les numéraux glaciels à partir des conditions des glaces telles qu'elles sont décrites dans le code de l'oeuf de la publication MANICE/OMM du Service canadien des glaces ou en utilisant les données provenant d'autres sources.

Le numéral glacial est donc unique à un régime de glaces et au navire qui évolue dans ces glaces. Le numéral correspondant à chaque régime doit être nul (zéro) ou positif pour qu'un transit dans un régime soit pris en compte, et l'application du SRGNA doit être indiquée au moyen d'un Message de routage en régimes de glaces et d'un accusé de réception du Système de trafic de l'Arctique (NORDREG).

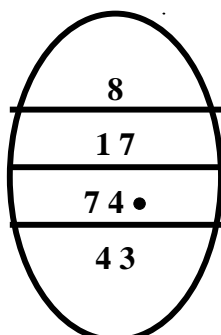
NOTA : Lorsqu'on calcule un numéral glacial, il importe de se rappeler que chaque régime se compose d'un agrégat d'une concentration maximale de 10/10e de divers types de glaces. Par exemple, si un « œuf » de glaces présente une concentration totale de 6/10^e, cela signifie que les 4/10^{es} restants correspondent à de l'eau libre qu'il faut inclure dans le calcul.

5.5.5 Exemples : Régimes de glaces et numéraux glaciels correspondants

Les exemples ci-après correspondent à des calculs concrets de numéraux glaciels fondés sur les « œufs » des glaces figurant sur des cartes d'analyse quotidienne des glaces ou, dans le cas de l'exemple 4, sur une carte de reconnaissance tactique des glaces. Dans chaque cas, on a utilisé deux navires différents pour illustrer les variations des numéraux glaciels.

Exemple 1

Oeuf



Interprétation

Le régime de glaces de mi-été est composé de 8/10^e de concentration totale de glace constitué comme suit : 1/10^e = vieille glace et 7/10^e = glace épaisse de 1^{re} année.

Pour le calcul, ne pas oublier d'ajouter les 2/10^{es} d'eau libre.

Calcul des numéraux glaciels

Navire de type **A** : $(1 \times -4) + (7 \times -1) + (2 \times 2 \text{ pour eau libre}) = -7$ [régime négatif]

Navire CAC **4** : $(1 \times -4) + (7 \times +1) + (2 \times 2 \text{ pour eau libre}) = +7$ [régime positif]

ou s'il s'agit d'un régime de **glace en crête** :

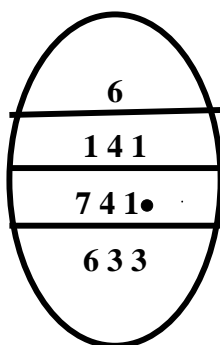
Dans le cas de la **glace en crête** épaisse de 1^{re} année, les calculs sont les suivants :

3 Navire de type **A** : $(1 \times -4) + (7 \times -2) + (2 \times 2 \text{ pour eau libre}) = -14$ [régime négatif]

Navire CAC **4** : $(1 \times -4) + (7 \times 0) + (2 \times 2 \text{ pour eau libre}) = 0$ [régime positif]

Exemple 2

Oeuf



Interprétation

Le 9 juillet, le régime de glaces est constitué de 6/10^e de glaces comme suit :

1/10^e = vieille glace, 4/10^e = glace épaisse de 1^{re} année et 1/10^e = glace moyenne de 1^{re} année

Calcul des numéraux glaciels

Navire de type **E** : $(1 \times -4) + (4 \times -3) + (1 \times -2) + (4 \times +2 \text{ pour eau libre}) = -10$ [négatif]

Navire de type **A** : $(1 \times -4) + (4 \times -1) + (1 \times +1) + (4 \times +2 \text{ pour eau libre}) = +1$ [positif]

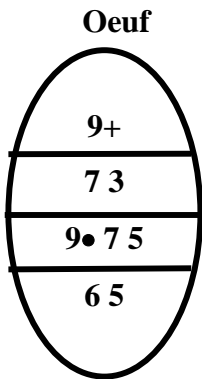
ou si le régime est *désagrégée* selon les données d'une carte des glaces :

5 Avec la glace décomposée (tous types de glace), le calcul des numéraux glaciels est effectué comme suit :

Navire de type **E** : $(1 \times -3) + (4 \times -2) + (1 \times -1) + (4 \times +2 \text{ pour eau libre}) = -4$ [négatif]

Navire de type **A** : $(1 \times -3) + (4 \times 0) + (1 \times +2) + (4 \times +2 \text{ pour eau libre}) = +7$ [positif]

Exemple 3



Interprétation

Le 11 novembre, le régime de glaces est constitué de plus de 9/10^e de glaces comme suit :

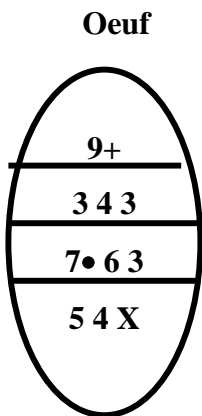
Il y a une trace de glace pluriannuelle, 7/10^e de glace mince de 1^{re} année et 3/10^e de glace blanchâtre

NOTA : Une trace de glace pluriannuelle ou de vieille glace crée un sillage à risques élevés.

Calcul des numéraux glaciels

Navire CAC 4	$(7 \times 2) + (3 \times 2) = +20$	[positif]	(Traces de glace non incluses dans le calcul, c.-à-d. inférieures à 1/10 ^e)
Navire de type C	$(7 \times -1) + (3 \times 1) = -4$	[négatif]	

Exemple 4



Interprétation

Ces données, obtenues à partir d'images de télédétection (radar/NOAA, etc.) indiquent que ce régime de plus¹ de 9/10^e de glaces, est constitué de 3/10^e de vieille glace, de 4/10^e de glace de 1^{re} année (épaisse) et de 3/10^e de jeune glace (blanchâtre).

Calcul des numéraux glaciels

Navire de type B :	$(3 \times -4) + (4 \times -2) + (3 \times +1) = -17$	[régime négatif]
Navire CAC 3 :	$(3 \times -1) + (4 \times +2) + (3 \times +2) = +11$	[régime positif]

5.5.6 Exploitation des navires

Lorsqu'on utilise le Système des régimes de glaces, on ne peut pas entrer intentionnellement dans un régime de glaces à l'extérieur des limites de zone et de date. Le capitaine ou l'officier de navigation dans les glaces d'un navire arctique doit envisager plusieurs options pour éviter les régimes négatifs :

- a) choisir une route sûre entièrement composée de régimes positifs,
- b) obtenir les données les plus récentes et les plus fiables sur les glaces,

¹ « Les concentrations de glaces supérieures à 9/10e (9+) sont considérées comme des concentrations de 10/10e pour le calcul des numéraux glaciels. » (Projet RPPEAN sur les régimes de glaces - Études de cas du concept NG, TP 8890 p. 5)

- c) attendre l'amélioration des conditions météorologiques ou des conditions des glaces,
- d) demander l'aide d'un brise-glace en utilisant le Système de trafic de l'Arctique canadien.

Ce système permettra d'obtenir des renseignements additionnels pour faciliter la prise de décision dans ces circonstances et contiendra des données à jour sur la position des brise-glace.

Déplacements avec escorte

Lorsque les conditions des glaces empêchent un navire de circuler ou nuisent considérablement à son déplacement, il peut être souhaitable, voire nécessaire, de manœuvrer avec un autre navire ou d'obtenir les services d'un navire escorteur. Les déplacements avec escorte sont prévus par le Système des régimes de glaces et ils doivent être envisagés lors de la planification de chaque route et de la détermination des régimes de glaces. Dans certains cas, une escorte peut améliorer les conditions des glaces le long de la route; toutefois, si le passage ouvert derrière le navire escorteur est trop étroit ou si la glace est soumise à la pression, l'efficacité du navire escorteur peut être grandement réduite.

C'est le capitaine du brise-glace qui décidera s'il peut ouvrir un passage en toute sécurité, mais le capitaine du navire escorté doit continuer d'évaluer les conditions pour être en mesure de déterminer s'il peut suivre le navire escorteur en toute sécurité et, le cas échéant, à quelle vitesse il peut le faire. Il faut définir des méthodes de communication et d'exploitation avant le début d'une escorte et les appliquer jusqu'à la fin de l'opération. Il faut tenir compte des facteurs suivants en ce qui concerne l'escorte :

- la largeur du passage ouvert, par rapport à la largeur du navire escorté,
- la taille, l'épaisseur et la force des fragments de glace laissés derrière,
- la pression qui pourrait être exercée sur les glaces, causant la fermeture rapide du passage.

Le passage ouvert par un navire escorteur et les conditions environnantes devraient être considérés comme un régime de glaces distinct. Il faut être extrêmement prudent lorsqu'on suit un brise-glace, compte tenu de l'étroitesse du passage.

Voyage en début de saison

On peut décrire un voyage en début de saison comme un voyage au cours duquel le navire entre dans l'Arctique avant le début de la principale période de fonte et prévoit pénétrer dans une zone qui se trouve à l'extérieur du système de zones et de dates. Le navire pourrait entrer dans la zone si le Système des régimes de glaces indique des numéraux glaciels positifs. Dans un cas pareil, un officier de navigation dans les glaces devra se trouver à bord et il faudra envoyer un *Message de routage en régimes de glaces* au Système de trafic de l'Arctique canadien. Après le voyage, il faut envoyer un *Rapport postérieur aux opérations*, et ce, même si tous les numéraux glaciels étaient positifs.

Voyage en fin de saison

Les voyages en fin de saison méritent une attention particulière. En effet, en fin de saison, les conditions des glaces sont plus difficiles et se détériorent rapidement. Les violentes tempêtes

peuvent causer une pression sur les glaces et entraîner le déplacement de grandes quantités de glace pluriannuelle vers les canaux de navigation.

Lors d'un tel voyage, il se peut qu'un navire veuille entrer dans une zone qui se trouve à l'extérieur du système de zones et de dates. Il ne pourra le faire que si un officier de navigation dans les glaces se trouve à bord et si on envoie au Système de trafic de l'Arctique canadien un Message de routage en régimes de glaces dans lequel sont illustrés les régimes de glaces positifs. Pendant un voyage de fin de saison, il est très important de fournir ces données au Système de trafic de l'Arctique canadien, car le soutien des brise-glace peut être crucial si les conditions des glaces se détériorent rapidement.

COPIE NON-CONTROLÉE

CHAPITRE 6 CONCEPTION ET CONSTRUCTION DES NAVIRES POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES

6.1 CONCEPTION DE LA FORME DE LA COQUE

<i>Angle d'étrave</i>	Angle entre l'étrave et la ligne de flottaison d'un navire.
<i>Angle de dévers</i>	Angle entre la verticale et la muraille d'un navire.
<i>Angle de section longitudinale</i>	Angle entre la tangente à un point quelconque d'une section longitudinale et la ligne de flottaison d'un navire.
<i>Angle de ligne de flottaison</i>	Angle entre une tangente à un point quelconque d'une ligne d'eau et une ligne horizontale dans un navire.
<i>Forme droite (cylindrique) de la coque</i>	Partie de la coque d'un navire qui se caractérise par l'emploi d'un bordé extérieur droit ou plat et qui ne change pas de forme sur une distance longitudinale.
<i>Effilement longitudinal</i>	Variation progressive de la forme de la coque sur la longueur d'un navire, de la partie large de l'avant à la partie étroite de l'arrière.
<i>Navire de type</i>	Catégorie de navires comme la définit le Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires; il s'agit de navires uniquement conçus pour la navigation dans des eaux couvertes de glaces, et non pas pour un travail de brise-glace.
<i>Oreille antiglace</i>	Ouvrage en forme de coin au-dessus du gouvernail qui contribue à le protéger contre les glaces en marche arrière.

6.1.1 Forme de l'avant

La forme de l'avant d'un navire dit de type (type glacier) est caractéristique des navires conçus pour la navigation en eau libre. Comme telle, elle ne sert qu'à **chasser** la glace, c'est-à-dire à la pousser loin du bâtiment. C'est pourquoi les exploitants de navires de cette catégorie **ne devraient pas tenter de briser** la glace. On peut décrire la forme de l'avant des brise-glace par les angles d'étrave, de dévers, de section longitudinale et de flottaison, qui contribuent au rendement de la rupture, de la submersion et du dégagement des glaces. Dans la conception des brise-glace, on a récemment eu tendance à augmenter les angles de dévers, à diminuer les angles de flottaison et à refermer les angles d'étrave et de section longitudinale.

On peut qualifier certaines formes de l'avant de classiques ou régulières, en ce qu'elles représentent une amélioration progressive de la résistance de rupture, tout en conservant la coque unie qui offre le moins de résistance en eau libre (figure 43). D'autres proues peuvent être considérées comme non classiques ou irrégulières, puisqu'elles s'écartent nettement d'une forme

unie de la coque (figure 44). L'expérience semble nous montrer que les meilleures formes classiques ont eu dans de la glace plane un rendement presque égal à celui des meilleures formes non classiques.

Figure 43 Forme classique de l'avant

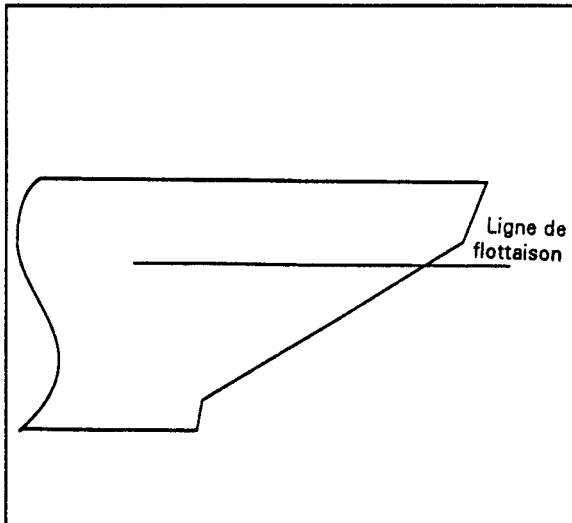
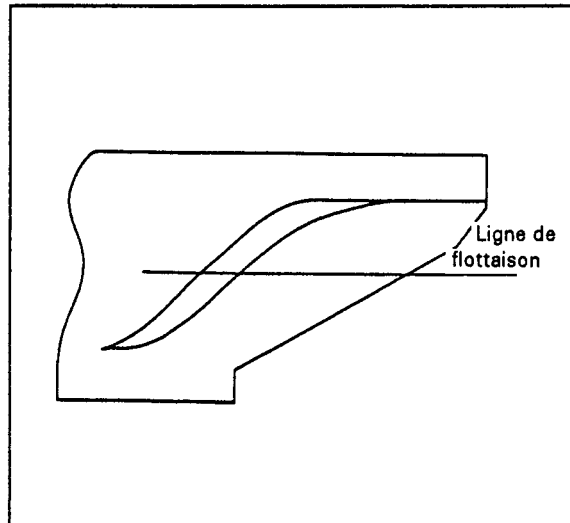


Figure 44 Forme non-classique de l'avant



6.1.2 Forme du milieu

Quand on choisit la forme du milieu du navire, on doit considérer l'effet de ce choix sur la résistance, la manœuvrabilité, les coûts de construction et le port en lourd exigé. La section médiane de la coque peut se caractériser par un angle de dévers (général sur toute la profondeur ou local), une forme droite ou cylindrique et un effilement longitudinal.

6.1.3 Forme de l'arrière

La forme de l'arrière des brise-glaces est principalement dictée par le nombre d'hélices, qui est lui-même fonction de la puissance requise et des besoins opérationnels. La poupe doit assurer la meilleure protection possible au gouvernail et aux hélices. Un certain nombre de possibilités s'offrent aux concepteurs pour ménager cette protection. L'arrière classique, qui est caractéristique des brise-glaces de la Garde côtière canadienne, est arrondi pour améliorer le travail de brise-glace de l'arrière, et est habituellement muni d'une oreille antiglace qui protège le gouvernail. Plusieurs brise-glaces ont une poupe inclinée à tableau qui permet aux fragments de glace de monter à la surface bien en avant des hélices.

On peut ajouter plusieurs caractéristiques techniques à l'arrière d'un bâtiment pour protéger gouvernail et hélices :

- une oreille antiglace fixée à la coque immédiatement à l'arrière d'un bâtiment protège celui-ci en manœuvre de recul;

- on peut recourir à des butées de débattement pour protéger le gouvernail et l'appareil à gouverner en manœuvre de recul;
- des buses d'hélice assurent une certaine protection aux hélices; et
- on assujettit parfois des ailerons de déflexion à la coque en vue de faire dévier les fragments de glace loin des hélices;
- la plage de dégagement des glaces (ou jupe antiglace) fait saillie en coin à la ligne de flottaison (sous la coque du bâtiment) en avant des hélices et remonte suivant une pente vers la ligne de flottaison en arrière de celles-ci en éloignant les fragments de glace.

6.2 CONCEPTION DE LA CHARPENTE

<i>Déjettement</i>	Affaissement d'une membrure contre le bordé extérieur latéral.
<i>Ductile</i>	Qui peut être étiré, effilé et plié sans se rompre.
<i>Module</i>	Constante qui exprime le rapport d'ordre de grandeur entre une force et son effet matériel.
<i>Navire de cote arctique</i>	Navire conçu suivant le <i>Règlement sur la prévention de pollution des eaux arctiques par les navires</i> (article 8)

6.2.1 Charges

Pour concevoir la charpente de brise-glace ou d'autres navires aptes à la navigation dans les glaces, il faut connaître l'ordre de grandeur des charges de glace sur lequel influent la forme de la coque, le déplacement, la puissance, la vitesse, le confinement dans les glaces et le type glacial.

Les charges glacielles qui s'exercent sur la coque d'un bâtiment varieront selon les parties de la coque touchées. Les charges seront plus grandes à l'avant et généralement plus petites sur le fond. La figure 45 présente les sections de la coque d'un navire de type. La recherche dans le domaine démontre que ces charges ne se répartissent pas également sur la surface de contact entre la coque et la glace. On pense que la forme de cette zone est elliptique et que le grand axe dépasse huit fois environ le petit axe. Pour la zone de contact de la proue, on suppose que cette forme elliptique est pour ainsi dire symétrique des deux côtés de l'étrave.

6.2.2 Disposition de la charpente

On doit concevoir et disposer la charpente d'un navire pour qu'elle puisse résister aux charges qui s'y exercent généralement et localement. Le facteur général le plus courant à prendre en considération est un bon module de résistance des supports de la coque en « situation d'échouement » pour les navires de cote arctique élevée. C'est la situation qui se présente quand un bâtiment éperonne un floe et que son avant sort de l'eau pour reposer sur le floe. Les navires de cote arctique plus basse, les navires de type et ceux qui ne sont pas uniquement destinés à la navigation dans les eaux arctiques, comme ceux qui sont exploités dans les Grands Lacs ou d'autres eaux intérieures, n'ont pas nécessairement besoin d'un module plus élevé que les

bâtiments naviguant en eau libre, puisque les contraintes de flexion qui s'exercent dans une exploitation normale n'excèdent pas celles d'une navigation par grosse mer. La charpente doit pouvoir résister localement aux ruptures de flexion, de cisaillement, de flambage et de déjettement. Bien que les ruptures de flexion aient toujours été considérées comme les plus probables, l'expérience de la navigation dans l'Arctique nous enseigne que le flambage et le déjettement de membrures sont des modes de rupture plus critiques.

Dans une charpente classique de brise-glace, des couples principaux espacés d'environ 40 cm soutiennent le bordé extérieur. Ces membrures s'appuient sur des serres longitudinales que supportent des porques ou des cloisons. Le système de grande charpente supporte ainsi les charges générales et les couples principaux, les charges locales. Cette disposition est fondée sur l'hypothèse suivant laquelle la rupture initiale viendra de l'affaissement de flexion des couples principaux, d'où la nécessité de réduire la portée de ces membrures et de disposer les serres comme on le fait. Dans ce genre de charpente, les ruptures prennent d'ordinaire la forme de défauts de flambage et de déjettement de couples.

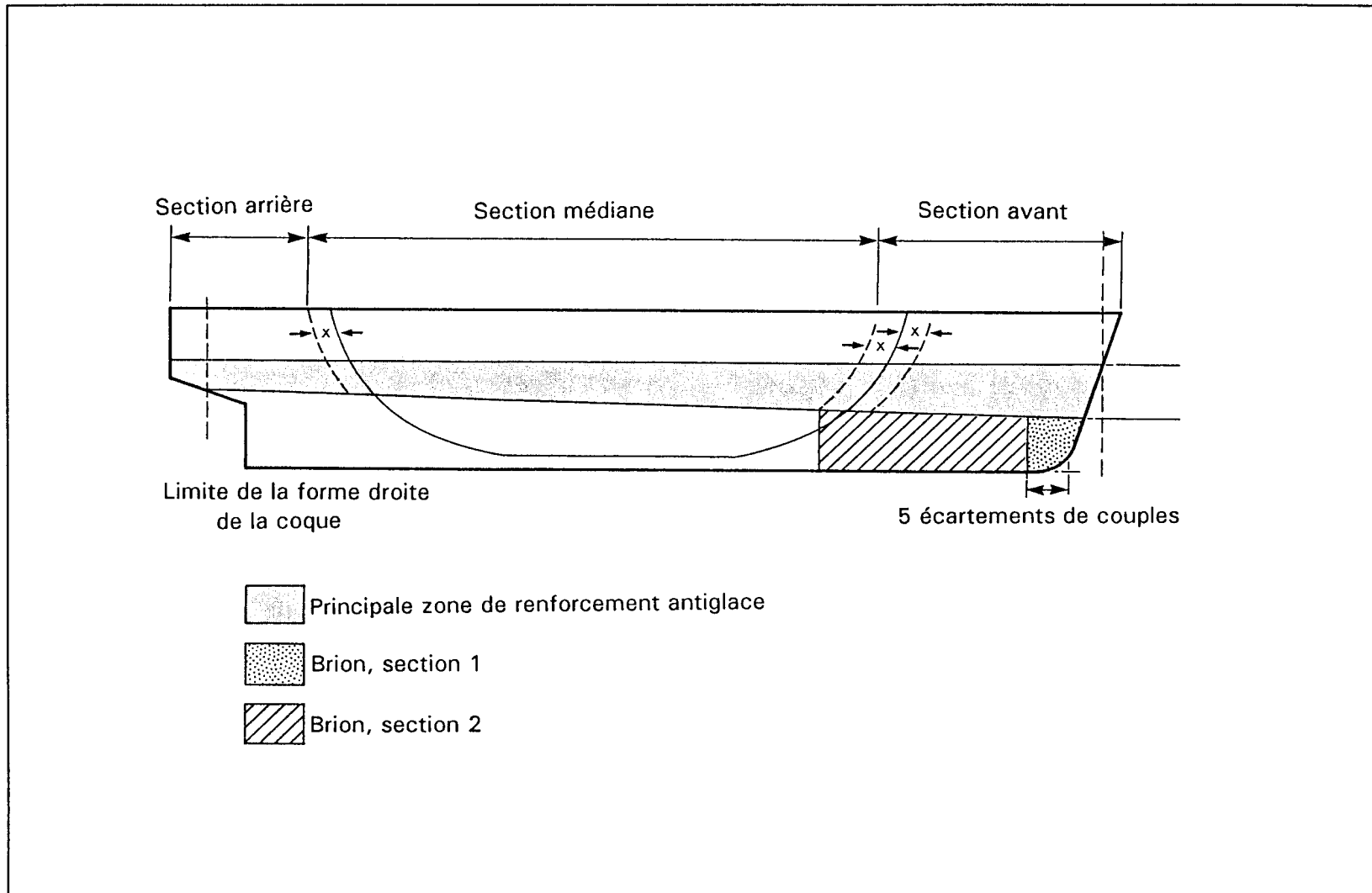
Des dispositions plus simples sont nées de la constatation que le flambage et le déjettement étaient les modes critiques de rupture. Elles prévoient que les tôles du bordé entre deux ponts reposeront sur de grosses membrures dont l'espacement sera plus grand que dans la disposition classique, dans l'hypothèse où on peut prendre en compte la résistance de la membrane de bordé dans les calculs de la résistance. Les couples principaux sont conçus pour résister à la flexion, au flambage et au déjettement, ce qui donne des membrures plus lourdes et rend les serres inutiles. On obtient ainsi une disposition structurale avec un bordé plus mince et des membrures principales plus grosses, mais avec très peu de composantes et de ligatures, ce qui facilite la construction et en réduit le coût.

6.2.3 Matériaux de construction et comportement à basse température

Pour sauvegarder l'intégrité de la charpente, on doit bien choisir les matériaux de la coque. Les deux principales catégories d'acier utilisées en construction navale sont les aciers de résistance normale et de grande résistance (la résistance étant dans ce cas la limite inférieure d'élasticité). Dans ces deux familles, il existe plusieurs types d'acier qui se distinguent par leur composition chimique et d'autres propriétés mécaniques.

L'expérience nous enseigne que le facteur critique des propriétés de la tôlerie des navires arctiques est la résistance aux ruptures de fragilité dans des situations de basse température et de charge élevée comme il s'en présente dans une navigation dans les glaces. Les basses températures sont la condition ambiante la plus importante pour la sélection de matériaux résistant aux ruptures de fragilité. De plus, elles jouent un rôle primordial dans le choix de matériaux résistant aux ruptures de fragilité. À basse température, la ductilité et la résistance aux ruptures diminuent. L'acier se fragilise, d'où la possibilité de ruptures de fragilité catastrophiques. Ce phénomène est plus fréquent au-dessus de la ligne de flottaison quand l'acier est exposé à des températures de l'air très basses. La figure 46 donne un exemple de rupture de fragilité de la charpente d'un navire.

Figure 45 Sections de la coque d'un navire de type



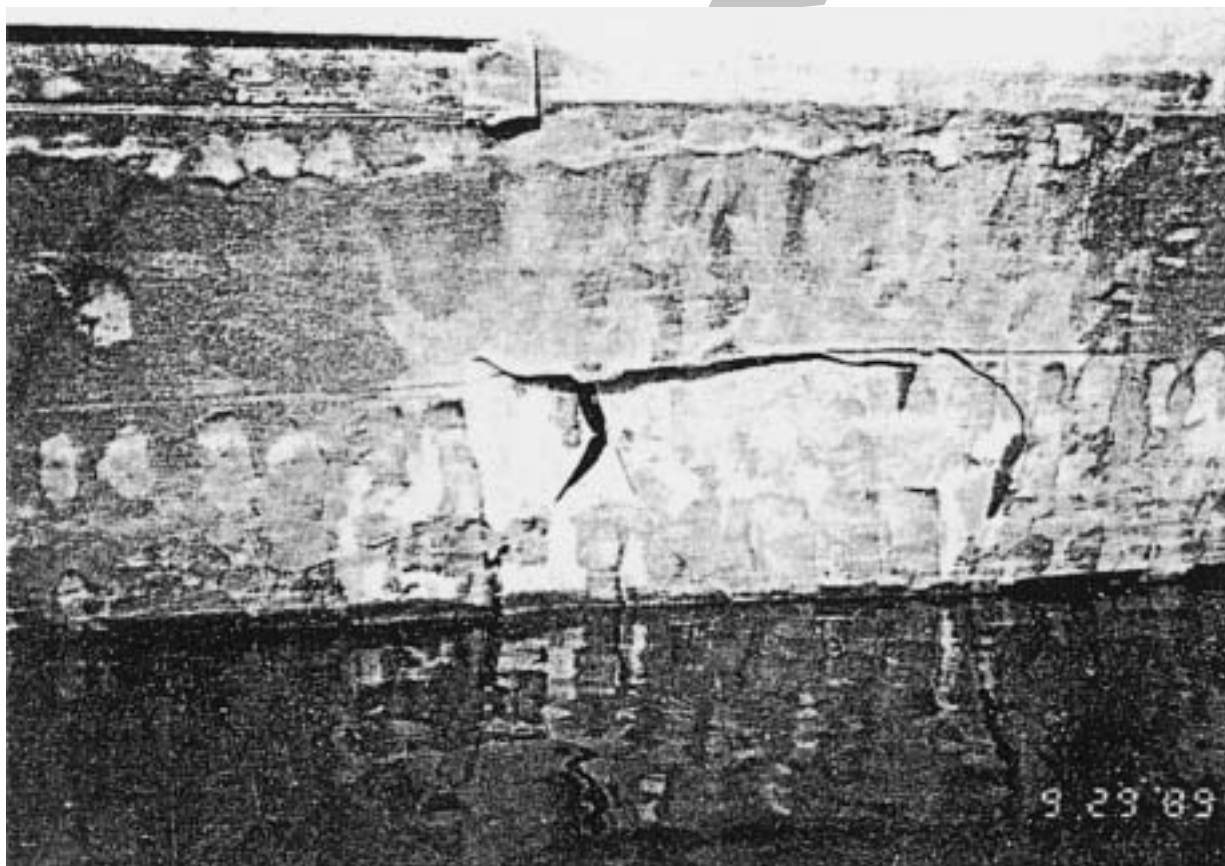
Les officiers d'un navire qui va dans les glaces doivent connaître le type d'acier utilisé dans la construction du bâtiment. Le plan d'établissement du bordé extérieur doit être à bord et clairement indiquer les qualités d'acier employées. Si un navire n'a pas d'acier résistant aux basses températures, il importe d'éviter les collisions avec des glaces dures par température de l'air très basse.

6.3 APPAREILS DE PROPULSION

CA-CC Type d'appareil de transmission électrique où un alternateur (c.a.) entraîne un moteur à courant continu (c.c.) relié à l'hélice du navire.

CA-RTF-CA Type d'appareil de transmission électrique où un alternateur (c.a.) entraîne un moteur à courant alternatif (c.a.) relié à l'hélice du navire. Entre l'alternateur et le moteur, un régulateur toutes fréquences convertit les signaux venant de l'alternateur.

Figure 46 Exemple de rupture de fragilité de la charpente d'un navire



Les appareils de propulsion des navires exploités dans les glaces doivent être sûrs, souples avec marge de redondance, et faciles d'entretien. Ils doivent également présenter un rapport élevé puissance-poids et puissance-espace. Les deux systèmes de propulsion qui prédominent dans les

navires des glaces sont la transmission diesel-électrique avec hélice à pas fixe (caractéristique des brise-glace) et la transmission diesel-mécanique avec hélice à pas variable. Les navires sans vocation de brise-glace seraient normalement pourvus d'une transmission diesel-mécanique avec ou sans hélices à pas variable.

6.3.1 Machine motrice

Le choix de la machine motrice dépend de la tâche à accomplir, de la zone d'exploitation et de facteurs économiques. On trouve actuellement des moteurs diesel, des turbines à vapeur et des turbines à gaz dans les brise-glace ou les navires exploités dans les glaces.

Les moteurs diesel à régime moyen sont habituellement unidirectionnels et il faut prévoir un appareil distinct pour la marche arrière, qui peut consister en une hélice à pas variable ou des organes d'entraînement électrique. L'inconvénient majeur de ce système est l'absence de protection contre l'excès de couple, mais on a installé dans beaucoup de brise-glace des génératrices diesel à régime moyen reliées à des moteurs de propulsion électrique ou avec des attelages d'entraînement d'une hélice à pas variable. Les diesels lents sont d'ordinaire accouplés directement à une hélice à pas fixe, bien que certains le soient à une hélice à pas variable. On pose d'habitude ce genre de moteurs dans des navires appelés uniquement à naviguer dans des conditions glacielles légères ou dans des glaces fragmentées ou encore sous escorte. Par ailleurs, les turbines à vapeur sont unidirectionnelles et, dans les brise-glace, un appareil de transmission électrique assure généralement la marche arrière. En dehors des navires à propulsion nucléaire, il y a très peu de brise-glace dotés de turbines à vapeur. Les turbines à gaz sont également unidirectionnelles et la marche arrière se fait par des engrenages de renversement de marche ou une hélice à pas variable.

6.3.2 Transmissions électriques

Les brise-glace de la Garde côtière canadienne ont habituellement des transmissions électriques. Auparavant, il s'agissait le plus souvent de systèmes CA-CC, mais depuis peu, on recourt au système CA-RTF-CA, où RTF désigne un régulateur toutes fréquences. Les brise-glace à vocation commerciale et les cargos sont généralement dotés de transmissions mécaniques.

6.3.3 Transmissions mécaniques

Les transmissions mécaniques se composent de réducteurs, d'embrayages et (peut-être) de volants. Dans les navires des glaces dotés de moteurs diesels à régime moyen, de réducteurs et d'hélices à pas variable, il est normal de relier le moteur et le réducteur par un embrayage à disques multiples ou un accouplement hydraulique ou encore les deux. Les volants ajoutent de l'inertie au système et sont utilisés aussi bien entre le « moteur primaire » et le réducteur qu'à l'arrière du réducteur.

6.3.4 Arbres et organes de ligne d'arbres

Les accouplements par arbre sont habituellement de deux types. Dans le cas des hélices à pas fixe, on trouvera le plus souvent des brides intérieures incorporées à l'arbre. Quand l'hélice est

boulonnée à l'arbre comme dans le cas des hélices à pas variable, on utilise une bride extérieure et l'accouplement intérieur est du type à manchon avec injection de lubrifiant.

Habituellement, les brise-glace de la Garde côtière canadienne ont des roulements à douves de caoutchouc qui sont lubrifiés à l'eau. Des roulements à revêtement antifriction lubrifiés à l'huile ont été installés dans beaucoup de navires canadiens de cote arctique appartenant au secteur privé. Ces paliers n'ont pas posé de problèmes importants, mais il y a danger de rupture si le joint d'huile s'abîme et qu'il y a fuite d'huile.

D'après les statistiques, les garnitures d'arbre arrière ont immobilisé plus de navires que tout autre facteur. On fait grand usage de garnitures du type radial dans les navires de cote arctique munis d'arbres de taille moyenne (jusqu'à 120 cm de diamètre environ) et à petit jeu de palier à l'arrière. On emploie des garnitures du type axial dans un certain nombre de brise-glace et de navires de cote glace. On en a fait l'essai sur des arbres ayant jusqu'à 160 cm de diamètre.

MISE EN GARDE : LES PROBLÈMES DE GARNITURE D'ARBRE ARRIÈRE ONT IMMOBILISÉ PLUS DE NAVIRES QUE TOUT AUTRE FACTEUR.

6.3.5 Hélices

On emploie des hélices à pas fixe dans la plupart des brise-glace, mais depuis 1966 on trouve des hélices à pas variable dans un large éventail de brise-glace et de cargos brise-glace. Les pales d'hélice des navires de cote glace sont habituellement en acier inoxydable et en nickel-bronze d'aluminium. Les systèmes à machine motrice sans renversement comme des moteurs diesels à régime moyen ou des turbines à gaz seront généralement dotés d'hélices à pas variable pour la marche arrière. Les appareils d'entraînement électrique et les diesels lents utilisent en général des hélices à pas fixe et la marche arrière se fait par inversion de la rotation des arbres.

Les buses d'hélice augmentent souvent la propulsion et la protection des hélices et peuvent réduire les exigences de résistance des pales. Disons toutefois que les navires à faible tirant d'eau qui naviguent dans la mer de Beaufort ont vu ces buses s'obstruer dans de la glace épaisse ou déformée (chevauchement ou formation de crêtes).

6.4 APPAREILS À GOUVERNER

Une analyse récente des avaries d'appareil à gouverner de navires exploités dans les glaces indique que, dans plus de la moitié des cas, ce sont les mèches de gouvernail qui se sont brisées, contre des proportions de 20 %, respectivement, pour l'appareil à gouverner proprement dit et des organes comme les aiguillots, les coussinets, les clavettes et les roulements. Les charges les plus élevées sur les appareils à gouverner s'exercent en marche arrière. Le rythme de montée de la charge peut être tel que les soupapes de décharge pour la navigation en eau libre n'aient pas une vitesse de réaction suffisante et laissent les charges atteindre des niveaux excessifs avant d'entrer en fonction.

MISE EN GARDE : IL FAUT METTRE LA BARRE À ZÉRO EN MARCHE ARRIÈRE POUR ÉVITER QUE DES CHARGES ÉLEVÉES NE S'EXERCENT SUR L'APPAREIL À GOUVERNER.

Dans la plupart des brise-glace, une oreille antiglace installée à l'arrière protège le gouvernail. Des butées fixées à la coque pourraient aussi servir à immobiliser le gouvernail à deux degrés au moins de la portée maximale de l'appareil à gouverner. Les brise-glace de la Baltique utilisent deux gouvernails quand il y a deux hélices, contrairement aux navires de la Garde côtière canadienne qui en ont un seul quand l'appareil de propulsion est à deux ou à trois hélices.

6.5 SYSTÈMES AUXILIAIRES

MISE EN GARDE : LE GEL DES SYSTÈMES DU PONT ET DE LA SALLE DES MACHINES EST LE PROBLÈME LE PLUS FRÉQUENT DANS LES NAVIRES ÉTRANGERS QUI NAVIGUENT PAR CLIMAT FROID ET DANS DES EAUX COUVERTES DE GLACES.

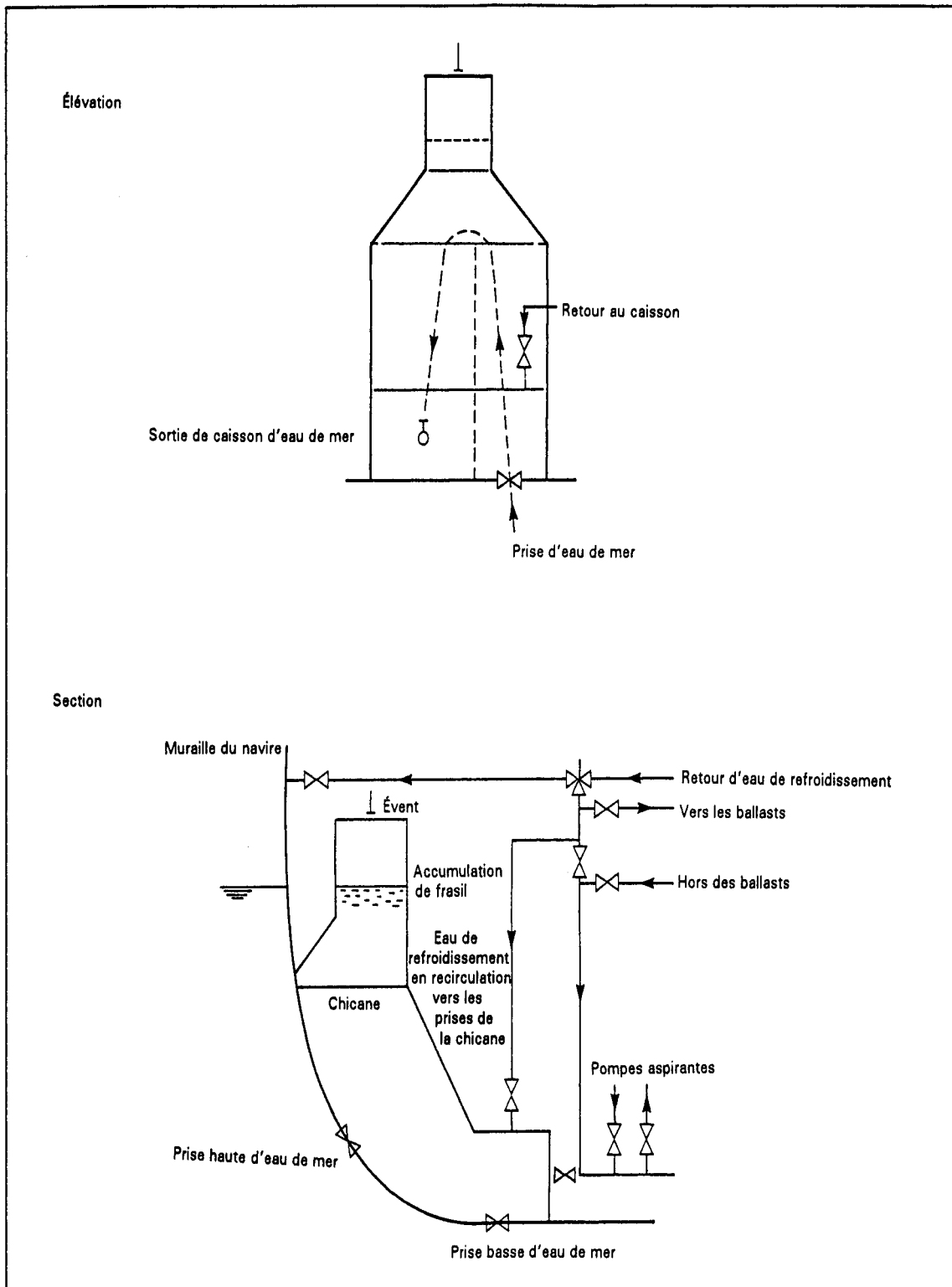
<i>Frasil</i>	Fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.
<i>Caisson d'eau</i>	Enceinte, fixée à l'intérieur du bordé extérieur des œuvres vives, qui s'ouvre sur la mer et est munie d'une crépine amovible. Des robinets et des tuyaux reliés à cette enceinte amènent l'eau de mer dans le navire à des fins de refroidissement, de lutte contre les incendies ou d'hygiène.

6.5.1 Refroidissement

La glace ou la boue glaciaire peut pénétrer dans les caissons ou les réservoirs d'eau de mer, empêchant l'écoulement vers le système de refroidissement. C'est un problème que connaissent la majorité des navires abordant des eaux couvertes de glaces. Sans eau pour le réseau de refroidissement, la machine motrice fonctionne mal et risque de surchauffer, d'où des possibilités d'arrêt ou d'avarie sérieuse. Les navires exploités dans les glaces doivent être conçus de façon à empêcher la glace d'obstruer les conduits du réseau de refroidissement.

MISE EN GARDE : L'OBSTRUCTION DES CAISSONS D'EAU DE MER PEUT CAUSER UNE SURCHAUFFE DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR PRINCIPAL EXIGEANT DE RÉDUIRE LE RÉGIME OU D'ARRÊTER LE MOTEUR.

Figure 47 Aménagements de prise d'eau de mer



On doit pouvoir dégager les caissons d'eau de mer s'ils sont envahis par la glace. Plusieurs particularités techniques peuvent atténuer ou éliminer la difficulté :

- a) Des bouches d'eau de mer placées au haut et au bas de la coque le plus loin possible les unes des autres.
- b) Des caissons d'eau de mer du type « chicane »; les brise-glace de la Baltique (voir la figure 47) en sont couramment dotés. La zone d'aspiration est séparée des prises d'eau par les tôles d'une chicane verticale. La glace qui pénètre dans le caisson flotte vers le haut et ne devrait donc pas se diriger vers la zone d'aspiration.
- c) Des retours de dégivrage pour amener la vapeur ou l'eau chaude d'alimentation au haut du caisson où du frasil a pu s'accumuler, ou directement à la zone d'aspiration du réseau de refroidissement obstrué.
- d) La recirculation de l'eau des ballasts dans le réseau de refroidissement pour pallier un problème de blocage des caissons d'eau de mer. On notera toutefois que, si elle est efficace, cette solution ne vaut habituellement qu'à court terme à moins qu'on ne dispose de vastes quantités d'eau de ballasts ou que le navire ne soit doté d'un réseau de circulation périphérique (bordé extérieur), l'eau des ballasts recirculée risquant de devenir trop chaude pour agir en tant que liquide de refroidissement.
- e) On devrait avoir des moyens de dégager manuellement les circuits de toute obstruction par la glace.

Les navigateurs et les mécaniciens devraient être conscients de ces problèmes possibles et des solutions qui s'offrent à bord.

6.5.2 Gel de tuyaux, de soupapes et de réservoirs

L'eau peut geler dans les tuyaux, les soupapes et les réservoirs, empêchant l'assèchement de la cale et la purge des réservoirs de ballast, et entraîner des avaries structurales. Le navire devrait être conçu pour que les risques de gel soient réduits au minimum ou éliminés par une judicieuse disposition des réservoirs et des tuyaux et un bon choix de soupapes et de systèmes de chauffage. Quand on prévoit des températures de l'air très basses, on devrait tout mettre en œuvre pour purger les réservoirs et les canalisations qui pourraient geler.

MISE EN GARDE : L'EAU PEUT GELER DANS LES CANALISATIONS DE BALLAST ET LA TUYAUTERIE D'ASSÈCHEMENT ET CAUSER DES DOMMAGES STRUCTURAUX AUX RÉSERVOIRS.

Le système de lutte contre l'incendie est souvent exposé aux intempéries et doit être disponible en cas de besoin. Les choix possibles sont les suivants :

- purger le collecteur principal d'incendie; c'est la meilleure protection contre le gel, mais c'est parfois impossible à réaliser;
- assécher le collecteur principal d'incendie à air comprimé;
- remplir le collecteur d'un liquide (comme du glycol et de l'eau) dont le point de congélation est bas; c'est la solution la moins pratique;
- laisser le collecteur se déverser constamment à la mer pour maintenir la circulation; applicable seulement pour des périodes relativement courtes à cause de l'accumulation de glace aux points de déversement lorsque des prises d'eau sont laissées ouvertes.

Les navigateurs et les mécaniciens devraient être conscients de ces problèmes éventuels et des possibilités de solutions à bord du navire.

6.5.3 Évacuation des déchets

Tous les navires produisent des déchets, qu'il s'agisse d'eau de ballasts contaminée, d'huiles usées, d'ordures ménagères ou d'excréments humains. On doit évacuer ces déchets en toute sécurité et efficacité ou les garder à bord jusqu'à ce qu'on puisse s'en débarrasser à terre.

L'eau de fond de cale, l'eau sale des ballasts, l'eau de purge des réservoirs et les boues de purificateur sont de bons exemples d'eaux huileuses. On rejette habituellement l'eau de fond de cale à l'aide d'un séparateur d'eau huileuse conçu pour limiter à 15 parties par million la teneur en huile des eaux ainsi évacuées. Il faut ajouter toutefois qu'une telle teneur huileuse des rejets dans les eaux de l'Arctique va à l'encontre du Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires. Pour les huiles isolées et les boues de purification, on doit disposer d'une capacité suffisante d'entreposage à bord ou on peut brûler ces déchets dans des chaudières ou des incinérateurs embarqués.

MISE EN GARDE : UNE TENEUR EN HUILE DES REJETS DE 15 PARTIES PAR MILLION VA À L'ENCONTRE DU RÈGLEMENT SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION DES EAUX ARCTIQUES PAR LES NAVIRES.

Aux termes du Règlement, les rejets d'ordures ménagères sont interdits, mais on peut diviser ces déchets en matières combustibles et non combustibles. Dans les petits navires, ce serait sans doute pratique d'installer des incinérateurs et de prévoir un espace d'entreposage suffisant à bord.

Le Règlement permet actuellement les rejets d'eaux usées, mais on peut décider de brûler ces boues dans un incinérateur ou de les garder dans un réservoir.

6.5.4 Chauffage du mazout

Dans les navires qui utilisent du mazout lourd ou intermédiaire pour leur moteur principal, il est normal de chauffer le fuel dans les grandes soutes. On emploie habituellement des serpentins à vapeur, mais on peut aussi utiliser un fluide thermique. On calibre habituellement ces serpentins en fonction des basses températures de la navigation dans l'Arctique ou dans des eaux froides et un régulateur de température protège le circuit contre la surchauffe. On doit toutefois veiller à ce que les installations de chauffage du mazout ne surchauffent pas quand on gagne des eaux plus tempérées.

MISE EN GARDE : ON DOIT VEILLER À CE QUE LES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE DU MAZOUT NE SURCHAUFFENT PAS QUAND LE NAVIRE GAGNE DES EAUX PLUS TEMPÉRÉES.

COPIE NON-CONTRÔLÉE

COPIE NON-CONTROLÉE

ANNEXE A TERMINOLOGIE DES GLACES, DE LA NAVIGATION ET DE LA CONCEPTION DE NAVIRES

A.1 Terminologie des glaces

A.2 Terminologie de la navigation

A.3 Terminologie de la conception de navires

A.1 TERMINOLOGIE DES GLACES

Il existe une terminologie internationalement reconnue des formes et des conditions glacielles. L'Organisation météorologique mondiale a coordonné ces travaux terminologiques. Le vocabulaire ainsi établi sert de base à la description de l'état des glaces par la Direction des glaces d'Environnement Canada. La dernière édition de MANICE (1989) présente toute cette terminologie. Dans cette annexe, nous dresserons une liste de termes courants avec leur définition. Le lecteur pourra s'y reporter dans la lecture du présent guide.

A) TYPES DE GLACE DE MER

Glace de mer Toute forme de glace trouvée en mer qui résulte du gel de l'eau de mer.

Nouvelle glace Terme général s'appliquant à toute glace formée récemment et recouvrant ceux de frasil, sorbet, gadoue et shuga, qui correspondent à différents aspects de la glace formés par des cristaux qui ne sont encore que faiblement soudés entre eux par le gel (s'ils le sont) et n'ont un aspect défini que lorsqu'ils flottent en surface.

Frasil Fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.

Sorbet Stade de congélation postérieur au frasil; les cristaux commencent à s'agglutiner pour former en surface une couche épaisse comme de la soupe; à ce stade, la mer réfléchit peu la lumière et prend une apparence mate.

Gadoue Neige saturée et mêlée d'eau reposant sur la terre ou la glace, ou masse visqueuse flottant sur l'eau après une forte chute de neige.

Shuga Accumulation de morceaux de glace blanche et spongieuse ayant quelques centimètres de diamètre; ils se forment à partir de sorbet ou de gadoue et, quelquefois, de glace de fond remontant à la surface.

A) TYPES DE GLACE DE MER

<i>Nilas</i>	Couche de glace mince et élastique, ondulant facilement sur les vagues et la houle ou sous la pression, et formant sous cette dernière des avancées en forme de «doigts» entrecroisés; cette couche a une surface mate et peut atteindre 10 cm d'épais; on peut distinguer le nilas sombre et le nilas clair.
<i>Nilas sombre</i>	Nilas ayant jusqu'à 5 cm d'épaisseur et une couleur très sombre.
<i>Nilas clair</i>	Nilas ayant plus de 5 cm d'épaisseur et qui est plus clair de couleur que le nilas sombre.
<i>Jeune glace</i>	Glacé au stade de transition entre le nilas et la glace de première année, d'une épaisseur de 10 à 30 cm; elle peut être divisée en glace grise et en glace blanchâtre.
<i>Glacé grise</i>	Jeune glace de 10 à 15 cm d'épais, moins souple que le nilas et se brisant sous l'effet de la houle; en général, les fragments se chevauchent sous la pression.
<i>Glacé blanchâtre</i>	Jeune glace de 15 à 30 cm d'épaisseur qui, sous l'effet de la pression, aura plus tendance à faire des crêtes que des chevauchements.
<i>Glacé de première année</i>	Glacé n'ayant qu'un seul hiver de croissance et provenant de jeune glace; son épaisseur varie entre 30 cm et 2 m; on peut la subdiviser en glace mince de première année/glace blanche, glace moyenne de première année et glace épaisse de première année.
<i>Glacé mince de première année</i>	Glacé de première année de 30 à 70 cm d'épais.
<i>Glacé moyenne de première année</i>	Glacé de première année de 70 à 120 cm d'épais.
<i>Glacé épaisse de première année</i>	Glacé de première année de plus de 120 cm d'épais.
<i>Vieille glace</i>	Glacé de mer ayant survécu à au moins un été de fonte; la plupart des accidents topographiques sont plus arrondis que sur la glace de première année; elle peut se diviser en glace de deuxième année et en glace de plusieurs années.
<i>Glacé de deuxième année</i>	Vieille glace n'ayant subi qu'un été de fonte; comme elle est plus épaisse et moins dense que la glace de première année, elle flotte plus haut sur l'eau; contrairement à ce qui se passe avec la glace vieille de plusieurs années, la fonte d'été produit un dessin régulier de nombreuses petites mares d'eau. Les endroits mis à nu et les mares sont généralement d'un bleu vert.

A) TYPES DE GLACE DE MER

Glace de plusieurs années Vieille glace qui a survécu à au moins deux étés de fonte; les hummoks sont encore plus arrondis que dans le cas d'une glace de deuxième année, et la glace est presque exempte de sel; là où la glace est vive, sa couleur est généralement bleue; la fonte détermine une configuration qui se caractérise par de grandes mares irrégulières liées entre elles et un réseau de drainage bien développé.

B) TYPES DE GLACE DE LAC

Glace de lac Glace formée sur un lac, quel que soit l'endroit où on l'observe.

Nouvelle glace de lac Glace formée récemment et de moins de 5 cm d'épais.

Glace de lac mince Glace de couleur variable et de 5 à 15 cm d'épais.

Glace de lac moyenne Stade de formation suivant des floes ou de la banquise côtière; ces glaces ont une épaisseur de 15 à 30 cm.

Glace de lac épaisse Glace de 30 à 70 cm d'épais.

Glace de lac très épaisse Floe ou banquise côtière qui a atteint une épaisseur de plus de 70 cm.

C) FORMES DE GLACE

Glace en crêpes Morceaux de glace de forme circulaire ayant de 30 cm à 3 m de diamètre et jusqu'à 10 cm d'épaisseur, avec des bords relevés du fait du frottement des morceaux les uns contre les autres; ils peuvent se former par houle faible à partir de sorbet, de gadoue ou de shuga ou du fait de la fragmentation de glace vitrée ou de nilas, ou encore à partir de glace grise s'il y a une forte houle ou de grosses vagues; la glace en crêpes se forme aussi parfois en profondeur, à l'interface de deux masses d'eau ayant des caractéristiques physiques différentes, d'où elle remonte en surface; elle peut rapidement couvrir de grandes étendues d'eau.

Glaçon Tout fragment relativement plat de glace ayant moins de 20 m d'extension horizontale.

Petit glaçon Glaçon de moins de 2 m d'extension horizontale.

Floe Tout fragment de glace relativement plat ayant 20 m ou plus d'extension horizontale; selon leur extension horizontale, les floes se subdivisent ainsi :

C) FORMES DE GLACE

<i>Petits floes</i>	De 20 à 100 m d'extension.
<i>Floes moyens</i>	De 100 à 500 m d'extension.
<i>Grands floes</i>	De 500 à 2 000 m d'extension.
<i>Floes immenses</i>	De 2 à 10 km d'extension.
<i>Floes géants</i>	De plus de 10 km d'extension.
<i>Floes de batture</i>	Grands floes épais, inégaux et décolorés, mesurant souvent plus de 8 km de long, qui se forment en amont des hauts-fonds et des petites îles du fleuve Saint-Laurent lorsqu'une température froide précède ou accompagne les marées de mortes eaux; les floes de batture se composent de glaces de différentes épaisseurs formées sous la pression à marée descendante; cette masse se soude sous l'action du gel et croît à chaque marée successive; comme l'amplitude des marées augmente entre les mortes eaux et les vives eaux, de grands pans de glace de fond se détachent et dérivent au gré du courant vers la partie nord-ouest du golfe du Saint-Laurent; il s'agit là d'une description canadienne que l'on ne retrouve pas dans la nomenclature de l'OMM.
<i>«Brash» (sarrasins)</i>	Accumulation de glace flottante composée de fragments qui n'ont pas plus de 2 m d'extension et qui viennent de la destruction d'autres formes de glace.
<i>Banquise côtière</i>	Glacé de mer qui se forme et reste fixe le long de la côte, où elle est attachée soit au rivage, soit à un mur ou à une falaise de glace, soit entre des hauts-fonds ou des icebergs échoués; des fluctuations verticales peuvent être observées quand le niveau de la mer varie; la banquise côtière peut être formée sur place à partir de l'eau de mer ou d'une banquise de n'importe quel âge retenue au rivage par le gel; elle peut s'étendre à quelques mètres comme à plusieurs centaines de kilomètres de la côte; il peut s'agir de glace de plus d'un an et on peut alors la désigner en employant l'expression correspondant à son âge (vieille, de deuxième année ou de plusieurs années); si elle s'élève à plus de 2 m au-dessus du niveau de la mer, on l'appelle un plateau de glace.
<i>Glacé échouée</i>	Glacé flottante qui est échouée dans des eaux peu profondes.

D) **RÉPARTITION DES GLACES**

- Banquise** Terme utilisé dans un sens très large et désignant toute étendue de glace autre que la banquise côtière, quelle que soit sa forme ou la façon dont elle est disposée; lorsque sa concentration est élevée, c'est-à-dire de 7/10 et plus, le terme banquise peut être remplacé par le terme pack.
- Couverture de glace** Rapport entre une surface de glace de concentration quelconque et la surface totale de la mer dans un grand secteur géographique, qui peut être le globe tout entier, un hémisphère ou une entité océanographique déterminée comme la baie de Baffin ou la mer de Barents.

E) **CONCENTRATION DES GLACES**

- Concentration** Rapport exprimé en dixièmes qui indique quelle proportion de la surface de la mer, dans la zone étudiée, est couverte de glace; la concentration totale vise les glaces présentes à tout stade de formation; la concentration partielle intéresse les glaces d'une phase ou d'une forme particulières et représente seulement une partie de la concentration totale.
- Banquise consolidée** Banquise dont la concentration est de 10/10 et où les floes ont été soudés par le gel.
- Banquise compacte** Banquise dont la concentration est de 10/10 et où il n'y a pas d'eau visible.
- Banquise très serrée** Banquise dont la concentration est de 9/10 à moins de 10/10.
- Banquise serrée** Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui se compose de floes dont la plupart sont en contact.
- Banquise lâche** Banquise dont la concentration est de 4/10 à 6/10 avec de nombreux chenaux et polynies; les floes ne sont généralement pas en contact les uns avec les autres.
- Banquise très lâche** Banquise dont la concentration est de 1/10 à 3/10 et où il y a plus d'eau que de glace.
- Eau libre** Grande étendue d'eau librement navigable dans laquelle la glace de mer est présente à des concentrations inférieures à 1/10; aucune glace d'origine terrestre n'est présente.
- Bergy Water** Zone d'eau librement navigable dans laquelle il y a des glaces d'origine terrestre; il peut y avoir d'autres types de glaces, mais leur concentration totale est inférieure à 1/10.
- Eau libre de glace** Aucune glace n'est présente; s'il y a de la glace de quelque espèce que ce soit, ce terme ne doit pas être employé.

F) DISPOSITION DES GLACES

<i>Champ de glace</i>	Étendue de banquise formée de floes de n'importe quelle taille et qui est de plus de 10 km.
<i>Grand champ de glace</i>	Champ de glace ayant plus de 20 km d'étendue.
<i>Champ de glace moyen</i>	Champ de glace ayant de 15 à 20 km d'étendue.
<i>Petit champ de glace</i>	Champ de glace ayant de 10 à 15 km d'étendue.
<i>Banc de glace</i>	Étendue de glace ayant moins de 10 km.
<i>Mer de glace</i>	Étendue variable de banquise serrée ou très serrée couvrant des centaines de kilomètres carrés, que l'on trouve dans la même région tous les étés.
<i>Ceinture</i>	Vaste zone de banquise plus longue que large; la largeur peut aller de 1 à plus de 100 km.
<i>Langue</i>	Avancée de la lisière des glaces qui peut avoir plusieurs kilomètres de long et qui est causée par le vent ou le courant.
<i>Cordon</i>	Longue et étroite bande de banquise ayant 1 km ou moins de large, ordinairement composée de petits fragments détachés de la masse de glace principale sous l'effet du vent, de la houle ou du courant.
<i>Baie</i>	Grande échancrure, en forme de croissant, de la lisière des glaces formée soit par le vent, soit par le courant.
<i>Embâcle</i>	Accumulation de glace brisée coincée dans un chenal étroit.
<i>Fracture</i>	Toute cassure ou rupture dans une banquise très serrée, compacte, consolidée ou côtière ou dans un simple floe et qui est provoquée par des phénomènes de déformation; les fractures peuvent contenir du «brash» ou être recouvertes de nilas ou de jeune glace; leur longueur peut varier de quelques mètres à de nombreux kilomètres.
<i>Zone de fracture</i>	Région où il y a un grand nombre de fractures; on subdivise ainsi ces fractures :
<i>Fracture très étroite</i>	De 0 à 50 m de largeur.
<i>Fracture étroite</i>	De 50 à 200 m de largeur.
<i>Fracture moyenne</i>	De 200 à 500 m de largeur.
<i>Fracture large</i>	Plus de 500 m de largeur.

F) DISPOSITION DES GLACES

<i>Fissure</i>	Toute fracture dans une banquise côtière, une banquise consolidée ou un simple floe qui peut avoir donné lieu à une séparation variant entre quelques centimètres et 1 m.
<i>Fissure de marée</i>	Fissure à la ligne de jonction entre la banquette de glace ou un mur de glace et une banquise côtière, cette dernière étant soumise aux mouvements de marée.
<i>Brèche de séparation</i>	Étroite zone de séparation entre la banquise et une banquise côtière où les morceaux de glace sont dans un état chaotique; elle se forme quand la banquise subit un cisaillement le long de la ligne de démarcation de la banquise côtière sous l'effet d'un vent ou d'un courant fort.
<i>Chenal</i>	Toute fracture ou passage à travers la glace accessible à un navire de surface.
<i>Chenal côtier</i>	Chenal entre la banquise et le rivage ou entre la banquise et une falaise de glace.
<i>Chenal de séparation</i>	Passage entre la banquise et une banquise côtière accessible aux navires de surface.
<i>Polynie</i>	Toute ouverture de forme non linéaire dans la glace; les polynies peuvent contenir du «brash» (sarrasins) ou être couvertes de nouvelle glace, de nilas ou de jeune glace; les sous-marinières les appellent des claires-voies.
<i>Polynies récurrentes</i>	Polynies réapparaissant à la même position tous les ans.
<i>Lisière des glaces</i>	Démarcation à un moment quelconque entre l'eau libre et n'importe quelle espèce de glace de mer, de lac ou de rivière, qu'elle soit fixe ou dérivante; cette lisière peut être serrée ou lâche.
<i>Lisière serrée</i>	Lisière des glaces bien définie délimitant une région de glace rendue compacte par le vent ou le courant, ordinairement du côté au vent d'une zone de banquise.
<i>Lisière lâche</i>	Lisière des glaces mal définie délimitant une région de glace flottante dispersée, ordinairement du côté sous le vent d'une zone de banquise.
<i>Limite des glaces</i>	Terme de climatologie désignant la position extrême minimale ou maximale de la lisière des glaces pour un mois ou toute autre période, valeur déterminée sur la base d'observations sur un certain nombre d'années; cette expression devrait être précisée par l'emploi du terme «minimal» ou «maximal».

F) DISPOSITION DES GLACES

Lisière de la banquise côtière Démarcation à un moment quelconque entre la banquise côtière et l'eau libre.

G) CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES DE LA SURFACE

Glace plane Glace qui n'a subi aucune déformation.

Glace déformée Terme général désignant des glaces qui ont été serrées les unes contre les autres et, de ce fait, soulevées ou enfoncées par endroits; les subdivisions de cette catégorie sont : glace entassée ou empilée (en chevauchement), glace tourmentée et glace hummockée.

Glace entassée ou empilée (en chevauchement) Type de déformation dans lequel les plaques de glace se chevauchent.

Glace imbriquée Type de glace en chevauchement dans lequel les floes forment sur leur bord des avancées en forme de «doigts» qui s'imbriquent alternativement en dessus ou en dessous d'autres; il est fréquent dans le nilas et la glace grise.

Crête Ligne ou mur de glace brisée qui est soulevée par la pression; elle peut être récente ou érodée; le volume correspondant de glace brisée poussée vers le bas par la pression au-dessous d'une crête est appelé quille de glace.

Glace tourmentée Glace empilée au hasard, un fragment sur un autre, et formant des crêtes ou des murs; elle se trouve habituellement dans la glace de première année.

Hummock Monticule de glace brisée qui a été soulevée par la pression; il peut être récent ou érodé; le volume de glace brisée qui s'est enfoncée sous l'effet de la pression et se trouve submergée sous le hummock est appelé un bummock.

Glace hummockée Glace empilée au hasard, un fragment sur un autre, et formant une surface irrégulière; quand elle est érodée, cette glace semble faite de monticules arrondis.

H) PROCESSUS DE MOUVEMENT DE LA BANQUISE

<i>Formation de fractures</i>	Phénomène de pression par lequel la glace est soumise à une déformation permanente qui amène sa rupture; cette expression sert généralement à décrire des cassures à travers une banquise très serrée, compacte ou consolidée.
<i>Formation de hummocks</i>	Phénomène de pression par lequel la glace est amenée à former des hummocks; lorsque ce phénomène s'accompagne d'une rotation des floes, on dit qu'il y a «torsion».
<i>Formation de crêtes</i>	Phénomène de pression par lequel la glace est amenée à former des crêtes.
<i>Chevauchement des glaces</i>	Phénomène de pression par lequel un fragment de glace monte sur un autre; il se produit surtout dans la nouvelle glace et la jeune glace.
<i>Chevauchement avec imbrications</i>	Type de chevauchement dans lequel chaque floe comporte des «doigts» qui s'imbriquent alternativement au-dessus et au-dessous d'autres floes; il est fréquent dans le nilas et la glace grise.
<i>Érosion</i>	Phénomène d'ablation et d'accumulation qui fait peu à peu disparaître les irrégularités de la surface de la glace.
<i>Divergence</i>	Champ de glace ou floes qui, à l'intérieur d'une zone donnée, sont soumis à des mouvements de divergence ou de dispersion qui réduisent la concentration des glaces ou diminuent les contraintes dans les glaces.
<i>Tassement</i>	On dit que des morceaux de glace flottante sont soumis au tassement quand ils sont entraînés par un mouvement de convergence qui a pour effet d'augmenter la concentration de la glace ou de produire des contraintes pouvant amener des déformations de la glace.
<i>Cisaillement</i>	Une zone de banquise est soumise au cisaillement quand le mouvement de certains floes varie grandement en vitesse ou en direction par rapport au mouvement de la banquise, ce qui soumet la glace à des forces de rotation qui peuvent provoquer un phénomène comparable à celui de la brèche de séparation.

I) GLACES D'ORIGINE TERRESTRE

- Glace de glacier** Glace faisant partie ou provenant d'un glacier, qu'elle soit sur terre ou flotte dans la mer sous la forme d'un iceberg, d'un fragment d'iceberg ou d'un bourguignon.
- Glacier** Masse de neige et de glace se déplaçant constamment d'un niveau continental supérieur à un niveau inférieur ou s'étalant continuellement si elle flotte; les principales formes de glacier sont : les inlandsis, les plateaux de glace, les coulées de glace, les calottes glaciaires, les glaciers de piémont, les cirques glaciaires et les divers types de glaciers de montagne (ou de vallée).
- Plateau de glace** Glacier plat flottant, d'une épaisseur considérable, qui émerge de 2 à 50 m ou plus, et est fixé à la côte; il est généralement très étendu et sa surface est plane ou légèrement ondulée; il est alimenté par l'accumulation annuelle de neige et souvent aussi par l'avancée vers la mer des glaciers; quelques parties peuvent être échouées; le bord qui fait face à la mer est appelé falaise de glace.

J) FORMES ET TAILLES DE GLACE DE GLACIER

- Vêlage** Séparation par rupture d'une masse de glace qui se détache ainsi d'un mur ou d'une falaise de glace ou d'un iceberg.
- Iceberg** Importante masse détachée d'un glacier, de forme très variable, émergeant de plus de 5 m et qui peut être flottante ou échouée; les icebergs peuvent être tabulaires, arrondis, pointus, biseautés, érodés ou en bloc, comme ils peuvent être petits, moyens, gros ou très gros.
- Iceberg tabulaire** Iceberg à sommet plat et qui présente le plus souvent des bandes horizontales.
- Iceberg arrondi** Iceberg lisse et arrondi sur le dessus.
- Iceberg pointu** Iceberg doté en son milieu d'une pointe ou d'une pyramide formée d'une ou de plusieurs pointes.
- Iceberg biseauté** Iceberg plutôt plat sur le dessus et dont les parois verticales sont plus hautes l'une que l'autre.
- Iceberg érodé** Iceberg érodé de façon à former une fente en U au niveau de l'eau ou à proximité, avec deux colonnes ou pointes.
- Iceberg en bloc** Iceberg à dessus plat et aux parois verticales abruptes.

J) FORMES ET TAILLES DE GLACE DE GLACIER

<i>Bourguignon</i>	Bloc de glace plus petit qu'un fragment d'iceberg, souvent transparent, mais paraissant vert ou presque noir; il émerge de moins de 1 m, possède une longueur de moins de 5 m et s'étend habituellement sur une superficie de 20 m ² environ.
<i>Fragment d'iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge généralement de 1 à moins de 5 m et qui mesure 5 à moins de 15 m de long et normalement 100 à 300 m ² de superficie.
<i>Petit iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge de 5 à 15 m et qui mesure de 15 à 60 m de long.
<i>Iceberg moyen</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge de 16 à 45 m et qui mesure de 61 à 120 m de long.
<i>Gros iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge de 46 à 75 m et mesure 121 à 200 m de long.
<i>Très gros iceberg</i>	Morceau de glace de glacier qui émerge de plus de 75 m et qui mesure plus de 200 m de long.
<i>Île de glace</i>	Grand morceau de glace flottante qui émerge d'environ 5 m et provient d'un plateau de glace arctique; son épaisseur est de 30 à 50 m et sa superficie va de quelques milliers de mètres carrés à plus de 500 km ² ; sa surface se caractérise ordinairement par une ondulation régulière qui lui donne, vue d'avion, une apparence côtelée.

K) CONCENTRATION ET LIMITE DES ICEBERGS

<i>Limite de toutes les glaces connues</i>	Ligne de démarcation entre les eaux contenant des icebergs ou de la glace de mer et les eaux libres de glace.
<i>Limite maximale des icebergs</i>	Position maximale de la limite des icebergs sur la base d'observations portant sur un certain nombre d'années.

A.2 TERMINOLOGIE DE LA NAVIGATION

On retrouvera dans le texte de ce manuel les définitions suivantes appartenant au domaine de la navigation dans les glaces :

<i>Coincement</i>	Situation d'un navire entouré par les glaces et incapable de se mouvoir.
<i>Écho parasite (retour)</i>	Renvoi du signal radar par une cible répartie (comme la surface de la mer ou la glace) qui peut masquer l'écho d'une cible ponctuelle (comme un iceberg, un fragment d'iceberg ou un bourguignon).
<i>Zone de renforcement antiglace</i>	Zone du navire renforcée pour supporter les charges de glace à la ligne de flottaison en tirant d'eau «glaciel».
<i>Tirant d'eau glacial</i>	Tirant d'eau d'un navire qui peut tirer parti du renforcement antiglace de la structure de la coque.
<i>Oreille antiglace</i>	Ouvrage en coin au-dessus du gouvernail qui protège celui-ci contre les glaces en marche arrière.
<i>Renforcement antiglace</i>	Renforcement de la coque pour la navigation dans des eaux couvertes de glaces.
<i>Quille</i>	Partie submergée de glace brisée sous une crête et qui y a été enfoncée par la pression.
<i>Éperonnage</i>	Tentative de briser la glace en poussant le navire en avant le plus loin possible à plusieurs reprises, en reculant et en répétant la manoeuvre.
<i>Planification stratégique</i>	Planification à petite échelle (grand secteur) dans l'hypothèse où le navire se trouverait en dehors d'eaux couvertes de glaces des jours ou des semaines avant de rencontrer des glaces.
<i>Planification tactique</i>	Planification à grande échelle (petit secteur) et à court terme comportant une prise de décision dans des eaux couvertes de glaces.

A.3 TERMINOLOGIE DE LA CONCEPTION DE NAVIRES

On retrouvera dans le texte de ce manuel les définitions suivantes se rapportant à la conception de navires :

CA-CC	Type d'appareil de transmission électrique où un alternateur (CA) entraîne un moteur à courant continu (CC) relié à l'hélice du navire.
CA-FFC-CA	Type d'appareil de transmission électrique où un alternateur (CA) entraîne un moteur à courant alternatif (CA) relié à l'hélice d'un navire; entre l'alternateur et le moteur, il existe un stabilisateur toutes fréquences (FFC) qui contrôle les signaux de l'alternateur.
Navire de cote arctique	Navire conçu selon le Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires (article 8).
Angle de section longitudinale	Angle entre la tangente à un point quelconque d'une section longitudinale et la ligne de flottaison.
Ductile	Qui peut être étiré, effilé et plié sans se rompre.
Angle de dévers	Angle entre la verticale et la muraille du navire.
Oreille antiglace	Ouvrage en forme de coin au-dessus du gouvernail qui protège celui-ci contre les glaces en marche arrière.
Effilement longitudinal	Variation progressive de la forme de la coque sur la longueur du navire, de la partie large de l'avant à la partie étroite de l'arrière.
Module	Constante qui établit le rapport d'ordre de grandeur entre une force et son effet matériel.
Forme droite (cylindrique) de la coque	Partie de la coque d'un navire qui se caractérise par un bordé extérieur droit ou plat et qui ne change pas de forme sur une distance longitudinale.
Caisson d'eau de mer	Enceinte pratiquée à l'intérieur du bordé extérieur sous l'eau et qui s'ouvre sur la mer par une crépine amovible; un robinet et de tuyaux reliés au caisson amènent l'eau de mer dans le navire à des fins de refroidissement, de lutte contre les incendies ou d'hygiène.
Angle d'étrave	Angle entre l'étrave du navire et la ligne de flottaison.
Déjettement	Affaissement d'un couple contre le bordé de la muraille.

- Navire de type*** Catégorie de navires définie par le Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires; ces navires sont uniquement conçus pour la navigation dans des eaux couvertes de glaces et n'ont aucune vocation de brise-glace.
- Angle de ligne d'eau*** Angle entre la tangente à un point quelconque d'une ligne d'eau et une ligne horizontale.

COPIE NON-CONTROLÉE

ANNEXE B DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE POUR LA NAVIGATION DANS LES GLACES EN EAUX CANADIENNES

- B.1 Avis aux navigateurs, aides radio, listes de feux et instructions nautiques**
- B.2 Environnement**
- B.3 Glaces**
- B.4 Navigation**
- B.5 Conception des navires**

B.1 AVIS AUX NAVIGATEURS, AIDES RADIO, LISTES DE FEUX ET INSTRUCTIONS NAUTIQUES

Publication	Source
AVIS AUX NAVIGATEURS	
Avis aux navigateurs - Édition annuelle	Hydrographic Chart Distribution Office Fisheries and Oceans Canada 1675 Russell Road P.O. Box 8080 Ottawa, Ontario Canada K1G 3H6

AIDES RADIO À LA NAVIGATION

- a) Grande-Bretagne
- | | |
|--|---|
| Admiralty List of Radio Stations | Amirauté britannique et distributeurs de cartes autorisés |
| Vol. 1, Coast Radio Stations | |
| Vol. 2, Radio Beacons, Radio Direction-finding Stations, Radar Beacons | |
| Vol. 6, Port Operations, Pilot Services and Traffic Management | |

Publication	Source
b) <u>Canada</u> Aides radio à la navigation maritime Atlantique - Grands Lacs (y compris le détroit et la baie d'Hudson et l'Arctique) Aides radio à la navigation maritime Pacifique (y compris l'ouest et le centre de l'Arctique)	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.), Canada K1A 0S9
c) <u>États-Unis</u> Radio Navigational Aids - Atlantic and Mediterranean, No. 117A	U.S. Naval Oceanographic Office Washington, D.C., É.-U.
LISTES DE FEUX	
a) <u>Grande-Bretagne</u> Admiralty List of Lights, Vol. H Admiralty List of Lights, Vol. M	Amiraute britannique et distributeurs de cartes autorisés
b) <u>Canada</u> Liste des feux, des bouées et des signaux de brume de Terre-Neuve (y compris le Labrador) Liste des feux, des bouées et des signaux de brume Côte atlantique (y compris le golfe et le fleuve Saint-Laurent jusqu'à Montréal)	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.), Canada K1A 0S9
c) <u>États-Unis</u> H.O. Publication No. 111A Greenland and East Greenland and East Coasts of North and South America	U.S. Naval Oceanographic Office Washington, D.C., É.-U.
INSTRUCTIONS NAUTIQUES	
a) <u>Grande-Bretagne</u> Admiralty Pilot No. 12, Arctic Pilot Vol. 3 Admiralty Pilot No. 50 A Newfoundland - Labrador Vol. 1 Admiralty Pilot No. 80 B Newfoundland - Labrador Vol. 2 Admiralty Pilot No. 65 St. Lawrence Pilot	Amiraute britannique et distributeurs de cartes autorisés

Publication	Source
b) <u>Canada</u>	
Arctique canadien – volume 1, (quatrième édition, 1994)	Hydrographic Chart Distribution Office Fisheries and Oceans Canada 1675 Russel Road P.O. Box 8080 Ottawa, Ontario Canada K1G 3H6
Arctique canadien – volume 2, (quatrième édition, 1985)	
Arctique canadien – volume 3, (cinquième édition, 1994)	
ATL 100 Renseignements Generaux – Cote Atlantique, (première édition, 1992)+ CARTABLE	
ATL 101 – Terre-Neuve – Cotes Nord-Est et Est, (première édition, 1997)	
ATL 102 – Terre-Neuve – Cotes Est et Sud, (première édition, 1995)	
ATL 103 – Terre-Neuve – Côtes Sud-Ouest, (première édition, 1995)	
ATL 107 – Riviere Saint-Jean, (première édition 1994)	
ATL 110 – Fleuve Saint-Laurent – Cap Whittle/Cap Gaspe a Les Escoumins, (première édition 1992)	
ATL 111 – Fleuve Saint-Laurent – Ile Verte a Quebec, (première édition 1992)	
ATL 112 – Fleuve Saint-Laurent – Cap-Rouge a Montreal, (première édition 1992)	
CEN 300 – Renseignements generaux, Grands Lacs, (première édition 1996)	
CEN 301 – Fleuve Saint-Laurent, Montreal a Kingston, (première édition 1996)	
CEN 302 – Lac Ontario, (première édition 1996)	
CEN 303 – Welland Canal et lac Erie, (première édition 1996)	
CEN 304 – Detroit River, lac Sainte-Claire, St. Clair River, (première édition 1996)	
CEN 306 – Baie Georgienne, (première édition 1998)	
Grands Lacs volume 2, (septième édition 1993)	

Publication	Source
Grand lac des Esclaves et fleuve Mackenzie, (septieme edition 1989)	
Colombie Bretagne, volume 1 (15 ^e édition, 1990)	
Colombie Bretagne, volume 2 (12 ^e édition, 1991)	
c) <u>États-Unis</u>	
H.O. Publication No. 13 Gulf and Lower St. Lawrence	U.S. Naval Oceanographic Office, Washington, D.C., É.-U.
H.O. Publication No. 14, Newfoundland	Département du Commerce des États-Unis Coast and Geodetic Survey
H.O. Publication No. 15 Labrador and Hudson Bay	Washington, D.C., É.-U.
H.O. Publication No. 16 West Coast of Greenland	
H.O. Coast Pilot No. 9 Pacific and Arctic Coasts	

B.2 ENVIRONNEMENT

Publication	Source
Annuaire canadien des marées et des courants, vol. 4, Arctique et baie d'Hudson	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.) K1A 0S9
Le climat des îles arctiques et des eaux adjacentes du Canada, J.B. Maxwell No EN57-7/30-2, 1982	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.) K1A 0S9
MANICELAKE	

B.3 GLACES

Publication	Source
Atlas of Pilot Charts N.E. Atlantic January, March, July, and September	U.S. Naval Oceanographic Office Washington, D.C., É.-U.
Aperçu saisonnier des glaces - eaux nordiques canadiennes (édition pour l'année en cours)	Centre des glaces, Environnement Canada 373, promenade Sussex, bâtiment E Ottawa (Ont.) K1A 0H3
Atlas marin des glaces de l'Arctique, hiver 1986-1987	Compagnie de navigation Canarctic Ltée 150, rue Metcalfe, 19e étage Ottawa (Ont.) K1R 7S8
Great Lakes Ice Atlas, R. Assel, F. Quinn, G. Leshkevish et S. Bolsenga, 1983	U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration Washington, D.C., É.-U.
Atlas des glaces, voies d'eau de l'Arctique canadien, W. Markham, n° EN56-54/1981, 1981	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.) K1A 0S9
Atlas des glaces : littoral de l'Est canadien, W. Markham, n° EN56-54/1981, 1980	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.) K1A 0S9
Atlas des glaces : baie d'Hudson et côte du Labrador	Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa (Ont.) K1A 0S9
Le manuel de la voie maritime	Information Officer, The St. Lawrence Seaway Authority 202 Pitt Street Cornwall, Ontario K6J 3P7
Ice Atlas of the Northern Hemisphere, H.O. No. 550	U.S. Naval Oceanographic Office Washington, D.C., É.-U.
Manuel des normes d'observation des glaces (MANICE), 1994	Centre des glaces, Environnement Canada 373, promenade Sussex, bâtiment E-3 Ottawa (Ont.) K1A 0H3
MANICELAKE	Centre des glaces, Environnement Canada 373, promenade Sussex, bâtiment E-3 Ottawa (Ont.) K1A 0H3

B.4 NAVIGATION

Publication	Source
Ice Seamanship, George Parnell, FNI, 1986	Nautical Institute Londres (Royaume-Uni)
Directives conjointes de l'industrie et de la Garde côtière canadienne concernant le contrôle des pétroliers et des transporteurs de produits chimiques en vrac dans les zones de contrôle des glaces de l'est du Canada	Directeur général Prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires Garde côtière canadienne Ottawa (Ont.) K1A 0N7
Manuel de sécurité et d'hygiène pour les pêcheurs	Directeur, Recherche et sauvetage Garde côtière canadienne Ottawa (Ont.) K1A 0N7
Mariner's Handbook, 1989	Hydrographer of the Navy Ministère de la Défense Londres (Royaume-Uni)

B.5 CONCEPTION DE NAVIRES

Publication	Source
Proposed Revisions to the Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations, TP-9981, 1991	Prairie and Northern Region, Marine (AMNS) Transport Canada Place de Ville, Tower C 330 Sparks Street, 14 th Floor Ottawa, Ontario K1A 0N5
Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires, 1972 (avec modifications)	
Arctic Ship Technology (The State of the Art - 1986) Volumes I and II	Melville Shipping Limited 350, rue Sparks, bureau 1007 Ottawa (Ont.) K1R 7S8 Garde côtière canadienne Ottawa (Ont.) K1A 0N7

ANNEXE C RÈGLEMENT SUR LA PRÉVENTION DE LA POLLUTION DES EAUX ARCTIQUES PAR LES NAVIRES

C.1 RÈGLEMENT ACTUEL

Comme divers règlements internationaux et canadiens en matière de navigation maritime, un certain nombre de règlements d'un intérêt particulier pour les navigateurs portent sur la navigation dans l'Arctique canadien. En voici les principaux :

- Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires
- Décret sur les zones de contrôle de la sécurité de la navigation
- Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques
- Règlement sur les appareils et l'équipement de navigation
- Règlement sur les quarts à la passerelle des navires
- Règlement sur les stations radio des navires
- Règlement sur les cartes et les publications
- Règlement sur la protection des aides à la navigation
- Règlement sur les ports publics
- Règlement sur la quarantaine
- Convention internationale sur la protection des câbles sous-marins.

Les navigateurs sauront que cette liste de règlements est loin d'être exhaustive et que les règlements énumérés peuvent avoir fait l'objet d'ajouts et de modifications. On leur conseille de se renseigner sur tous les règlements adoptés qui sont susceptibles de les intéresser. On peut se procurer par la poste les règlements du gouvernement du Canada en s'adressant à :

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnement et Services Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0S9