



Canada

ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE N° 24
(Geographical Paper No. 24)

**Dynamique et caractéristiques des glaces de
dérive de l'estuaire et de la partie nord-est du
golfe Saint-Laurent, hiver 1957-1958**

Michel Brochu

DIRECTION DE LA GÉOGRAPHIE
Ministère des Mines et des Relevés
techniques, Ottawa

Prix: un dollar

GB
131
G4p
no.24
Main
c.1

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.



Canada

SMRSS/SLCT
GB 131 G4p no.24 c.1
Brochu, M.
Dynamique et caracteristiques des g



3 6503 15984719 4

GB
131
G4p
no.24
c.1

ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE N° 24
(Geographical Paper No. 24)

LIBRARY
SURVEYS and MAPPING BRANCH
DEPT. of ENERGY, MINES and RESOURCES
OTTAWA, ONTARIO
CANADA

**Dynamique et caractéristiques des glaces de
dérive de l'estuaire et de la partie nord-est du
golfe Saint-Laurent, hiver 1957-1958**

Michel Brochu

DIRECTION DE LA GÉOGRAPHIE
Ministère des Mines et des Relevés
techniques, Ottawa

Prix: un dollar

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	
PREMIÈRE PARTIE - MÉTHODE	
Délimitation des zones maritimes	5
Technique d'observation	8
DEUXIÈME PARTIE - OBSERVATIONS SUR L'ÉTAT DE LA GLACE	
Décembre	11
Janvier	17
Février	25
Mars	31
Avril	37
TROISIÈME PARTIE - FORMATION ET DYNAMIQUE GÉNÉRALE DES GLACES DE DÉRIVE	
I. Facteurs morphologiques régissant la formation des glaces dans l' Estuaire et le golfe St-Laurent	41
II. Dynamique générale des glaces	50
III. Observations du détroit de Belle-Isle	63
QUATRIÈME PARTIE - ANALYSE DE LA LOCALISATION DES PORTS DE L' ESTUAIRE ET DU GOLFE ST-LAURENT EN FONCTION DE LA GLACE	
I. Les ports du Haut Estuaire	65
II. Les ports du Moyen Estuaire	67
III. Les ports de l' Estuaire Maritime	70
IV. Les ports du littoral gaspésien	76
V. Amélioration possible à la navigation d' hiver dans les ports	76
CONCLUSIONS	80
BIBLIOGRAPHIE	85
APPENDICE	90

PRÉFACE

Cette étude présente la synthèse des observations effectuées au cours de l'hiver 1957-1958, dans l'estuaire et dans la partie nord-est du golfe St-Laurent.

Ces relevés ont pour but une connaissance plus précise de la dynamique générale des glaces de dérive sur le St-Laurent inférieur, ainsi que des facteurs et des lois qui régissent leur formation et leurs mouvements. L'inauguration de ce Service de Signalisation des glaces a coïncidé avec le début de l'utilisation du port de Québec comme terminus de la navigation d'hiver sur le St-Laurent. Les résultats de cette étude sont donc destinés à servir à tous ceux qui s'intéressent aux problèmes de la navigation hivernale sur le fleuve, jusqu'au port de Québec.

Il convient de rendre ici un hommage très sincère au travail magnifique des observateurs attachés à ce Service de Signalisation des glaces, et qui ont rendu possible l'élaboration de cet ouvrage.

N. L. Nicholson,
Directeur,
Direction de la géographie.

INTRODUCTION

Avant la mise sur pied du système d'observation des glaces de dérive du St-Laurent, l'on ne disposait pour l'Estuaire et la partie nord du golfe St-Laurent que d'informations très fragmentaires. La documentation disponible portait seulement sur quelques périodes de l'année: rapports de gardiens de phare, au début et à la fin de la saison de navigation, envolées de reconnaissance aérienne à des intervalles de 5 à 7 jours en mars et avril, de 1940 à 1955 (C.N. FORWARD 1954, 1958) et à partir de février en 1956 (W.A. BLACK et C.N. FORWARD, 1957 et W.A. BLACK 1957, 1958). Ces relevés de glaces, déjà fragmentaires dans l'échelle du temps, ne couvrent pas l'ensemble de l'estuaire et du golfe St-Laurent. En effet, les données des gardiens de phare se limitent à la côte de la Gaspésie et en certains cas, à celle de l'île Anticosti. Jusqu'en 1955, les relevés aériens n'ont touché que l'extrémité est de la péninsule de Gaspé et les côtes sud de l'île Anticosti. A partir de 1956, ces reconnaissances ont couvert une aire plus grande, comprenant tout le pourtour de l'île Anticosti, la Côte Nord entre Natashquan et pointe des Monts et les côtes de la Gaspésie, de Matane au Cap-des-Rosiers. Seulement quelques envolées ont été faites jusqu'à Québec et au détroit de Belle-Isle.

Au cours de l'hiver 1956, le brise-glaces Labrador a participé à une campagne de recherches océanographiques dans l'Estuaire Maritime et dans le golfe St-Laurent, laquelle a donné lieu à quelques études (W.B. BAILEY et L.M. LAUZIER 1956, L.M. LAUZIER 1956, 1958, L.M. LAUZIER et R.D. GRAHAM 1958) portant principalement sur les propriétés physiques des eaux en hiver, le problème de la glace n'y étant abordé que de façon assez générale.

En ce qui concerne la zone en amont de l'embouchure du Saguenay, deux études sont disponibles: la première, due à Benoît ROBITAILLE (1957), porte sur

l'état de la glace au large d'un point très localisé (île Cacouna) de la rive sud du St-Laurent; la deuxième est le résultat d'un travail d'équipe effectué pour le Bureau de l'Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain concernant les aspects physiques, économiques et administratifs de la navigation d'hiver jusqu'à Québec (P. BOUSQUET, P. CAMU, G. CARON, R. GAGNÉ et M. BROCHU, 1958). La partie physique de cette étude apporte des données sur l'état des glaces par rapport aux vents et aux marées, fondées, d'une part, sur une enquête le long des rives du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent, et d'autre part, sur l'étude de statistiques météorologiques. Ce rapport conclut à la possibilité de naviguer jusqu'à Québec en hiver; cependant, le manque de données numériques sur la glace elle-même y est souligné et regretté.

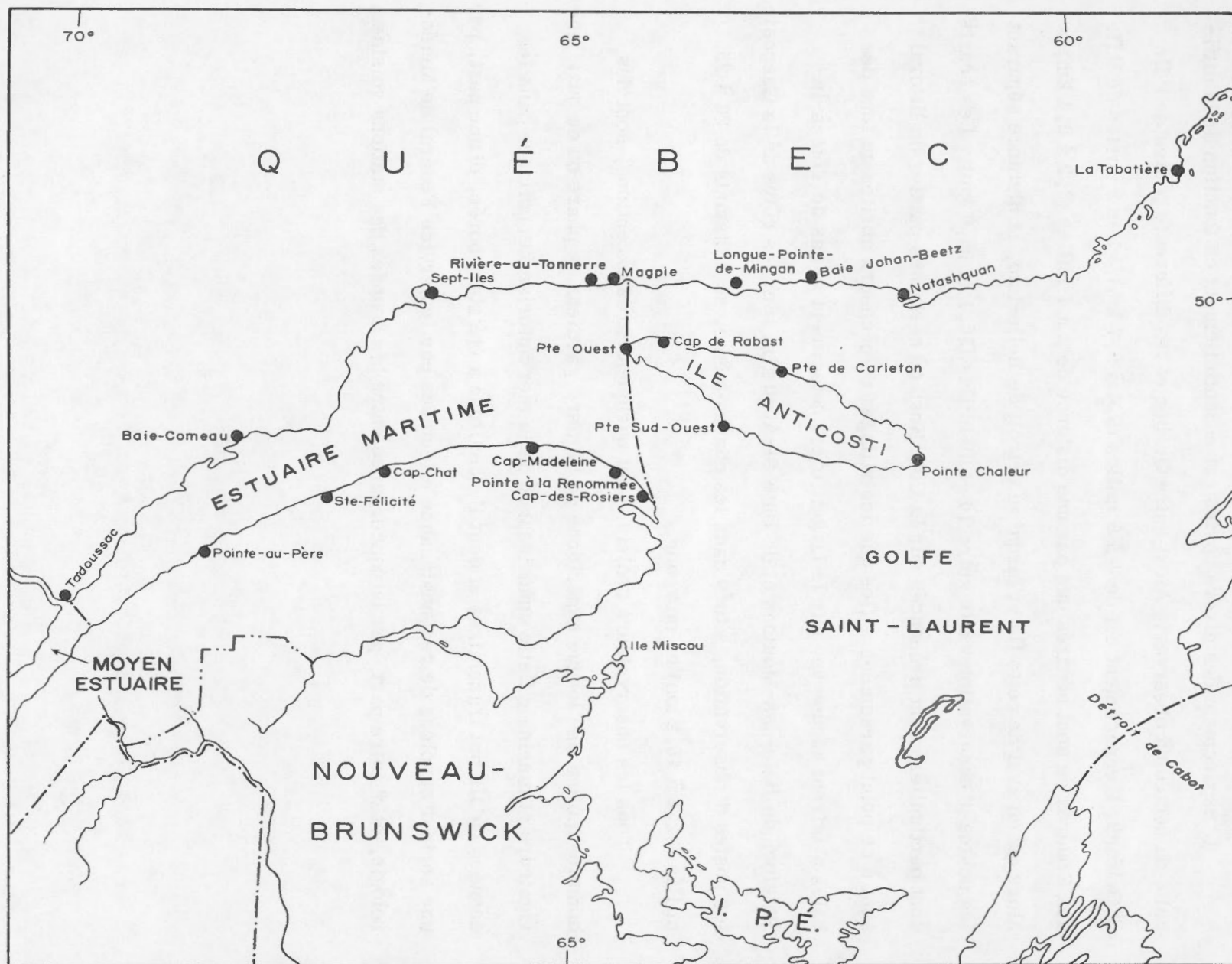
Le Système de Signalisation des glaces du St-Laurent, organisé au début de l'hiver 1958, a pour but de contribuer à la connaissance des caractéristiques et de la dynamique des glaces de dérive du St-Laurent. Ce service a été conçu de façon à fournir des données quotidiennes sur la répartition des glaces dans l'ensemble de l'Estuaire et de la partie nord-est du golfe St-Laurent.

Un réseau d'observateurs terrestres postés sur les côtes était la seule solution qui permet d'obtenir des données quotidiennes effectuées de façon précise et synchrone pour tous les points. La rive nord du St-Laurent, entre Québec et le détroit de Belle-Isle, compte 23 postes d'observation dont 3 sur l'île d'Orléans et 3 sur l'île aux Coudres; entre Pointe-au-Père et Cap-des-Rosiers, sur la rive sud, il y a 7 observateurs. Pointe-au-Père marque le point amont des observations sur la rive sud. Au cours de l'hiver 1958-1959, le service a été étendu aux régions suivantes: entrée des détroits de Belle-Isle et de Cabot, côte nord-ouest de Terre-Neuve et îles de la Madeleine, y compris plusieurs points proéminents des côtes du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard.

L'espacement des divers postes est essentiellement en fonction de la difficulté du secteur à observer. Ainsi, entre Québec et les différents postes de l'île d'Orléans, l'espacement est de 4 à 6 milles (6,4 à 9,7 km). Les 3 postes de l'île aux Coudres ne sont séparés que par une distance de 2 à 4 milles (3,2 à 6,4 km), alors qu'en aval de cette île et jusqu'au détroit de Belle-Isle, la distance séparant les postes d'observation varie entre 10 et 60 milles (16,1 et 96,6 km). Les écarts sont particulièrement prononcés sur la Côte Nord où certaines parties du littoral sont à ce point parsemées d'îles que les villages de pêcheurs abrités au fond des baies n'offrent aucune vue sur le large: c'est notamment le cas de Tête-à-la-Baleine, de Baie-des-Moutons et de Baie-St-Augustin. Sur les côtes de la Gaspésie, les postes d'observation, situés dans les phares même, sont distants de 20 à 25 milles (32,2 à 40,2 km) en moyenne.

Tous les observateurs choisis, sauf quelques rares exceptions, sont des hommes qui ont une longue expérience de la mer: gardiens de phare ou de quai, navigateurs et marins. Cette connaissance de la mer autorise la confiance dans les données qu'ils ont transmises et dont l'exactitude a été corroborée, d'une part, par une série d'envolées de reconnaissance effectuées par le Service Fédéral de Météorologie, et d'autre part, par la concordance entre les données des stations voisines.

Carte 1. Carte d'ensemble de l'Estuaire Maritime du St-Laurent.



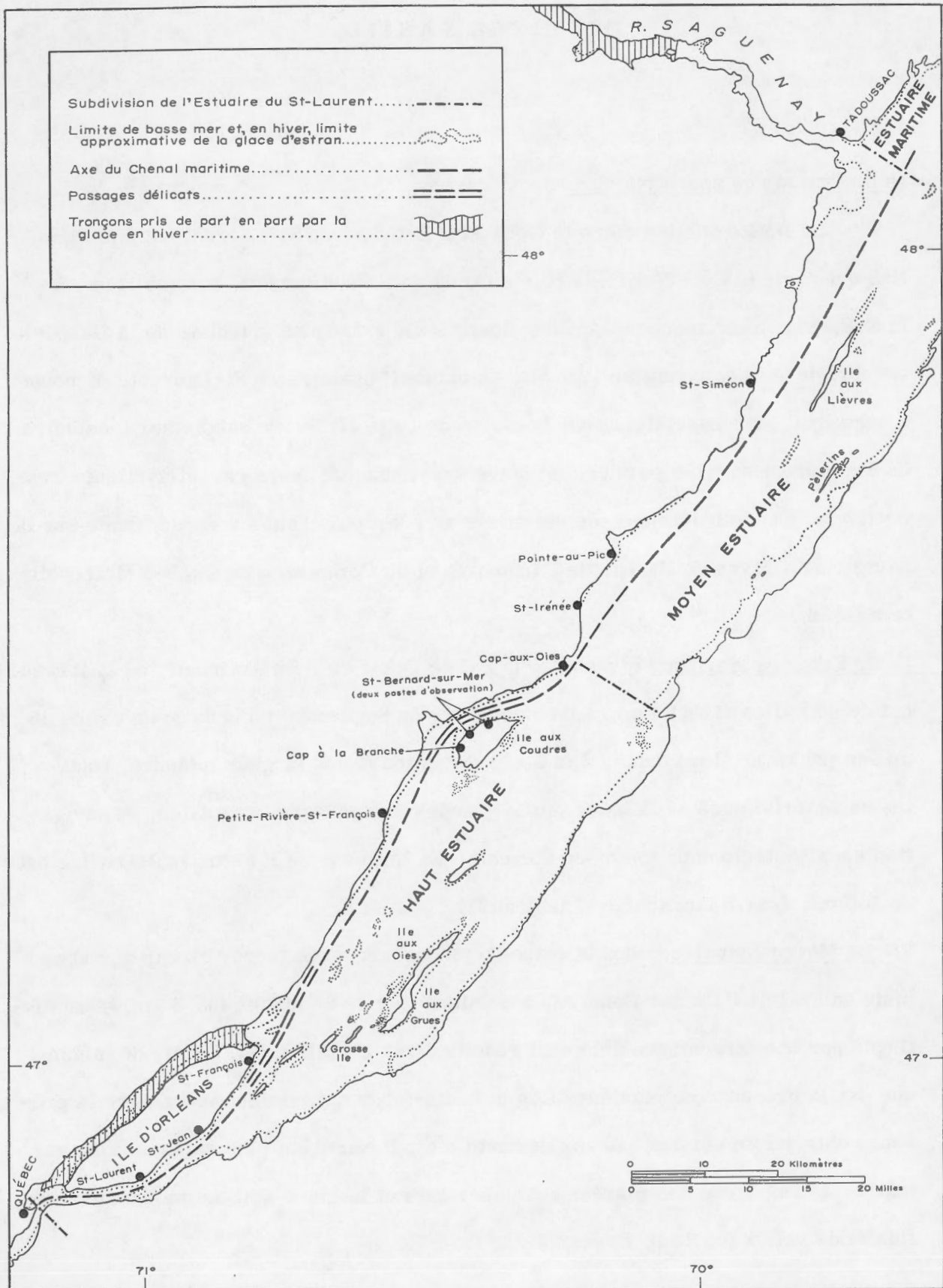
PREMIÈRE PARTIE

MÉTHODE

Délimitation des zones maritimes

La limite admise entre le Golfe et l' Estuaire du St-Laurent est une ligne N-S qui va de la Côte Nord à la pointe Ouest de l' île Anticosti, puis oblique vers le SSE, pour aller toucher Cap-des-Rosiers à l' extrémité orientale de la Gaspésie. Le port de Québec constitue la limite amont de l' estuaire du St-Laurent. Il nous a cependant paru essentiel, pour la clarté de cette étude, de subdiviser l' estuaire du St-Laurent en trois parties distinctes ayant chacune leurs caractéristiques respectives. Ces subdivisions ont été mises au point par l' auteur dans l' étude sur la navigation d' hiver du Bureau de l' Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain (1958).

1. L' Estuaire Maritime s' étend de la pointe Ouest de l' île Anticosti où la largeur est de 80 milles (128, 7 km) à l' embouchure du Saguenay où la largeur est de 18 milles (29 km). Il présente, à la seule exception d' une largeur moindre, toutes les caractéristiques de la haute mer: grandes profondeurs, eau salée, et navigation sans obstacle dans toute son étendue. La longueur de l' Estuaire Maritime est de 160 mi. (257, 5 km) (carte 1, tableau I).
2. Le Moyen Estuaire, compris entre l' embouchure du Saguenay et cap aux Oies juste en aval de l' île aux Coudres, a une longueur de 60 milles (96, 6 km) et se distingue par une largeur sensiblement réduite, soit 12 milles (17, 7 km), de même que par la présence de plusieurs îles et hauts-fonds qui rendent nécessaire la présence d' un pilote sur les bateaux de haute mer; l' eau n' est plus salée, mais saumâtre. L' amplitude des marées est importante et la glace suit les mouvements du flux et du reflux (carte 2, tableau I).



Carte 2. Carte d'ensemble du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent.

3. Le Haut Estuaire va du cap aux Oies jusqu' à Québec; il comprend l' île aux Coudres et son chenal délicat. Sa largeur diminue progressivement de 8 milles (12,9 km), au droit de cap aux Oies à un demi-mille (0,8 km) à Québec et il est de surcroît encombré par de nombreuses îles et par de dangereux hauts-fonds. La largeur du chenal navigable est en général de 1 à 2 milles (1,6 à 3,2 km) et elle n' excède pas 1,000 pieds (304 m) en certains endroits. De saumâtre encore à l' île aux Coudres, l' eau devient douce à partir de la pointe nord-est de l' île d' Orléans. La longueur de cette section est de 67 milles (107,8 km) (carte 2, tableau I).

TABLEAU I

Caractéristiques dimensionnelles des trois parties de
l' estuaire du St-Laurent

	Largeur moyenne	Longueur	Profondeur moyenne	Îles ou hauts-fonds
Haut Estuaire	8 mi. (12,8 km)	67 mi. (101 km)	7 à 65 pi. (2 à 20 m)	En grand nom- bre
Moyen Estuaire	18 mi. (29 km)	60 mi. (90 km)	33 à 165 pi. (10 à 50 m)	Surtout à partir du centre et vers la rive sud
Estuaire Maritime	80 mi. (128 km)	160 mi. (256 km)	492 à 1148 pi. (150 à 350 m)	Rares, près des côtes seulement

C' est donc à partir de chacune de ces quatre zones (3 parties de l' Estuaire et le Golfe) que sera analysé et interprété l' état de la glace. Ces subdivisions permettront de mieux comprendre la question étudiée et d' établir par la suite une synthèse plus exacte des données de chacune de ces parties.

Technique d'observation

Pour être efficace, le relevé entrepris se devait d'être fondé sur une méthode unique. Un formulaire semblable a été remis à tous les observateurs, qui effectuèrent quotidiennement trois observations: à 8 h, à 12 h et à 15 h. Comme l'indiquent les formulaires (voir appendice), les observations ont porté sur les phénomènes suivants:

1. La météorologie: température, état général du temps (chûte de neige, présence de brouillard, vapeur froide à la surface de l'eau), sens et intensité du vent. Les observations météorologiques, à l'exception de la température, sont effectuées au juger, sans appareils spéciaux. Leur utilité essentielle réside dans le fait qu'elles sont présentées sur la même feuille que les données sur la glace, offrant ainsi, en un seul coup d'oeil, une vue d'ensemble des principaux facteurs qui conditionnent la dynamique de la glace.

2. L'état de la glace: deux facteurs essentiels ont été notés: a) la concentration de la glace exprimée en dixièmes (proportion de la surface occupée par rapport à l'eau libre), b) le fractionnement, également exprimé en dixièmes par trois chiffres, dont le premier représente la proportion des glaçons dont la dimension va de la glace en bouillie à 10 m, le deuxième chiffre est afférent aux morceaux de 10 à 100 m et le troisième chiffre aux morceaux de dimension supérieure à 100 m.

Ces données sont exprimées en dixièmes d'après la méthode employée par le Service Hydrographique des États-Unis. Cependant deux modifications ont été apportées au système américain.

1^o Les valeurs de dimensions des glaces exprimées par le fractionnement ont été corrigées de façon à être des multiples de 10 dans le Système Métrique (tableau II). La division de la catégorie américaine de 10 à 1000 m en deux

dimensions intermédiaires (10 à 100 m et 100 à 1000 m) répondait d'ailleurs à une nécessité pour l'observation des glaces du St-Laurent (tableau II).

TABLEAU II

A. Définition dimensionnelle des glaces de mer

Terme	Dimension en m	Épaisseur hors de l'eau en m
Glace en bouillie	moins de 1 m	} moins de 1 m
Petite glace ou glaçon	1 à 10	
Moyenne glace	10 à 100	
Grande glace	100 à 1000	
Nappe de glace	plus de 1000	} plus de 1 m
Petit iceberg	moins de 10 m	
Moyen iceberg	10 à 100	
Grand iceberg	plus de 100	

B. Définition des glaces selon leur concentration en dixièmes

Mer libre	0 dixième
Pack très lâche	1 à 3
Pack lâche	4 à 6
Pack serré	7 à 8
Pack très serré	9 à 10

Les nouvelles définitions dimensionnelles proposées ici gagneraient à être adoptées également pour les glaces de mer: elles sont d'ailleurs appliquées avec la plus grande satisfaction sur le pourtour du golfe St-Laurent.

2^o Le système américain note le fractionnement à partir de la valeur de

la concentration (si, par exemple la concentration est de 5, les trois valeurs du fractionnement devront éгалer 5); cette façon de procéder s'est révélée extrêmement peu pratique parce qu'elle oblige à d'interminables calculs pour tirer la moyenne mensuelle de la concentration. Pour les observations de 1958-1959, nous avons adopté une technique permettant, à la seule lecture, de tirer la médiane du fractionnement des observations mensuelles: il s'agit de calculer la fragmentation à partir de 10 (abstraction faite de la valeur de la concentration).

Pour obtenir une plus grande précision, les observations sur la concentration et sur la fragmentation sont faites pour des tranches de distances déterminées, à partir du point d'observation. Le 1^{er} mille est divisé en 4 tranches de 1/4 de mille; suivent 3 tranches de 1 mille, puis une observation générale au delà de 4 milles au large. Afin de suivre de très près l'évolution des mouvements de la glace selon les marées, 3 observations sont effectuées chaque jour, respectivement à 8 h, à 12 et à 15 h.

Les données de chaque poste d'observation sont consignées sur des tableaux synthétiques mensuels à partir desquels elles sont résumées, analysées et interprétées.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS SUR L'ÉTAT DE LA GLACE

DÉCEMBRE

Conditions météorologiques

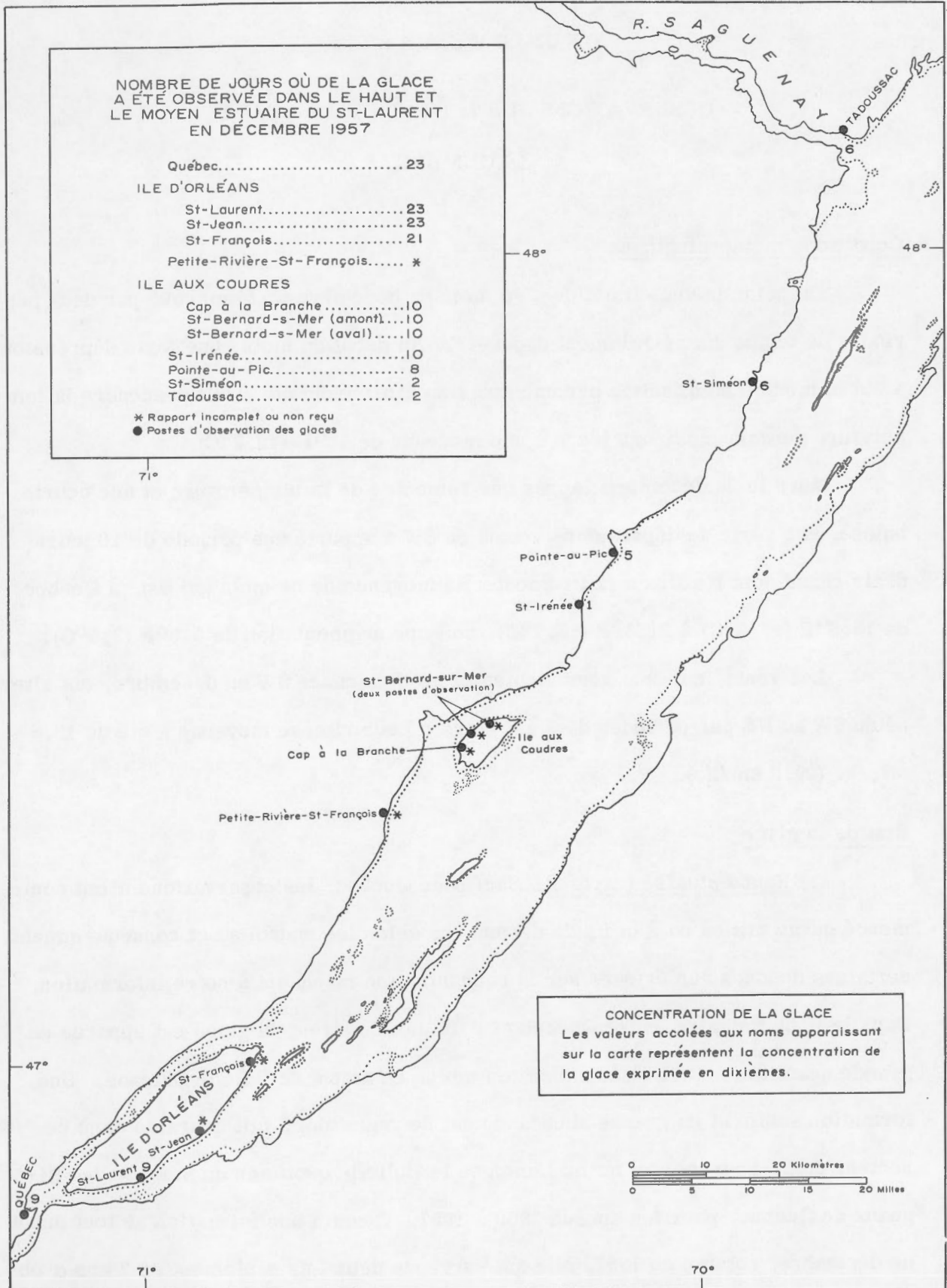
Du point de vue climatique, le mois de décembre a été marqué par deux périodes de temps diamétralement opposées. Au début du mois, une forte dépression a été immédiatement suivie par une invasion d'air froid qui a fait descendre la température pendant plusieurs jours à une moyenne de 10°F (12, 2°C).

Vers le 20 décembre, après une remontée de la température et une courte baisse, une série de dépressions venant du SW a apporté une période de 10 jours d'air chaud dont l'afflux a fait remonter la moyenne de ce mois qui est, à Québec de 15.8°F (-9, 2°C) à 21.6°F (-5, 7°C), soit une augmentation de 5.8°F (3, 5°C).

Les vents, qui sont normalement à prédominance SW en décembre, ont alterné du SW au NE par périodes de 5 à 7 jours. Leur vitesse moyenne a été de 13.6 mi./h. (20, 9 km/h.).

État de la glace

a. Haut Estuaire (carte 3): Sauf pour Québec, les observations n'ont commencé qu'au milieu ou à la fin de décembre, selon les endroits, et conséquemment, certaines données numériques sur la concentration manquent à notre information. Dans le Haut Estuaire, entre Québec et l'île aux Coudres, la glace est apparue en grande quantité les 3 et 4 décembre, du moins en amont de l'île d'Orléans. Une formation subite et en grande abondance est de règle tout à fait courante dans ce secteur du St-Laurent, tel qu'en témoigne le Bulletin quotidien du Service des Signaux de Québec, pour les années 1950 à 1957. Quant à une formation au tout début de décembre, comme en 1957, elle est survenue deux fois seulement en 7 ans d'ob-



Carte 3. Haut et Moyen Estuaire du St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en décembre.

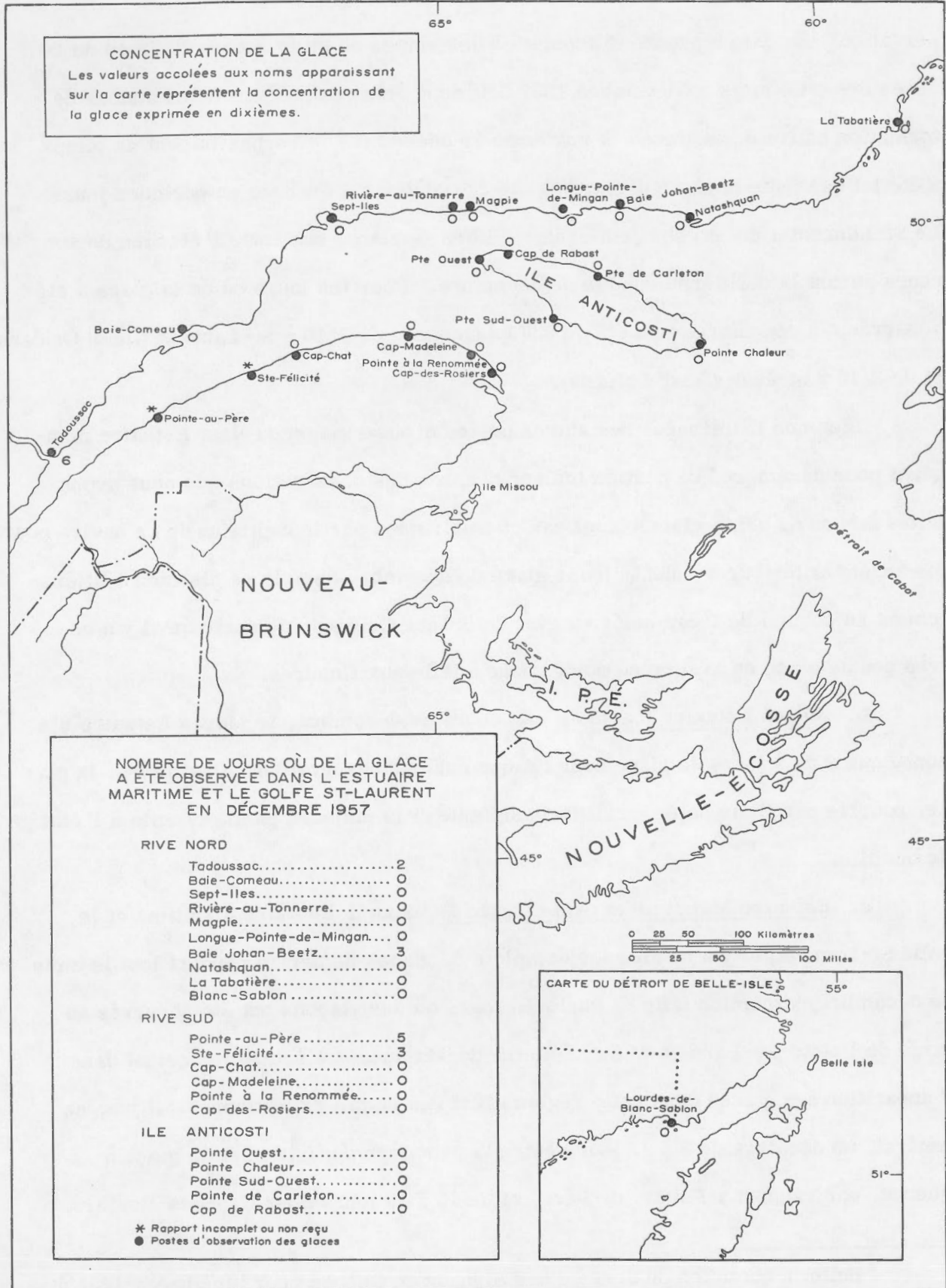
servation. La date moyenne d'apparition des glaces se situe autour du 18 ou du 20 décembre. Le mois de décembre 1957 doit donc être compté parmi les années de formation hâtive de la glace. A partir du 20 décembre, le réchauffement du temps a été tel que toute la glace d'estran a été complètement évacuée en quelques jours. Le St-Laurent a été presque entièrement libre de glace, sur toute l'étendue de son cours durant la dernière semaine de décembre. Pour les jours où de la glace a été observée, la concentration a été de 9/10 à Québec, de 7/10 à St-Laurent (île d'Orléans) et de 9/10 à St-Jean (île d'Orléans).

Bien que les données des autres postes d'observation du Haut Estuaire manquent pour décembre, on peut en inférer d'après des observations que nous avons faites à bord du brise-glaces MacLean et confirmées par le capitaine de ce navire pour les années antérieures, que la jeune glace de décembre semble se dissoudre littéralement au contact de l'eau salée en aval de l'île d'Orléans, de sorte qu'il y a eu très peu de glace en aval de ce point jusqu'à l'île aux Coudres.

b. Moyen Estuaire (carte 3): Au cours de décembre, le Moyen Estuaire n'a connu que 2 ou 3 jours de glace pour chaque poste d'observation. D'ailleurs, la glace, pourrie par l'eau salée, était inconsistante et la majeure partie réduite à l'état de bouillie.

c. Estuaire Maritime et Golfe (carte 4): Pour l'Estuaire Maritime et le golfe St-Laurent, il y a eu absence complète de glaces de dérive pendant tout le mois de décembre, exception faite de quelques jours où des glaçons ont été observés au large de Pointe-au-Père et de Ste-Félicité-de-Matane. Ce retard important dans l'apparition des glaces dans cette région n'est pas un fait exceptionnel. Il y a, en général, un décalage de 5 à 12 jours entre la première apparition de la glace à Québec, par rapport à Pointe-au-Père, et de 15 à 30 jours pour Cap-des-Rosiers.*

*Bulletin quotidien du Service des Signaux de Québec pour les années 1951 à 1957.



Carte 4. Estuaire Maritime et golfe St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en décembre.

Si l'on excepte le tout début de l'apparition de la glace à deux jours de différence entre Québec et Pointe-au-Père, mais, aussitôt disparue à ce dernier endroit, Québec a eu en décembre 21 jours de glaces contre 5 à Pointe-au-Père, soit une différence de 16 jours. Ste-Félicité a été le dernier point en aval où les glaces ont été observées avant de fondre à la suite de la première vague de froid. En aval de Cap-Chat, aucune glace n'a été observée en décembre.

Interprétation

La soudaineté de la formation de la glace dans le Haut Estuaire de même que le décalage dans l'apparition de la glace entre le Haut, le Moyen Estuaire et l'Estuaire Maritime appellent des précisions.

a. L'apparition brusque de la glace de dérive, vis-à-vis Québec, a essentiellement pour origine la formation quasi instantanée, en une nuit souvent, de très importantes quantités de glace dans les larges zones de balancement des marées ou estrans qui s'étendent en amont de Québec. Au début de sa formation, la glace d'estran est fragile et se détache facilement sous l'effet du flux, conjugué à un bon vent ou à un réchauffement de la température, ou souvent aux deux facteurs à la fois. En outre, comme la bordure extérieure de la glace d'estran est par essence très instable au contact d'un chenal qui ne gèle pas, l'alimentation du St-Laurent en glaces est pour ainsi dire constante une fois le processus mis en marche. Une fois détachées, les plaques de glace d'estran partent à la dérive et deviennent le jeu des marées et des courants. La glace dérivant devant Québec est donc essentiellement de la glace en provenance de l'amont. Au début de la saison, cette glace si prompte à se former et à se détacher est encore peu épaisse et son état est facilement modifié par le moindre changement de température et par la salinité de l'eau dont il est question plus bas.

b. Le décalage dans l'apparition de la glace de l'amont à l'aval s'explique

par le retard des masses d'eau importantes à libérer la chaleur accumulée au cours de l'été et à atteindre la température de l'air ambiant. La salure de l'eau est, par son action dissolvante, un facteur capital dans la fonte et le pourrissement des glaces en provenance des secteurs d'eau douce et, par voie de conséquence, dans le retard à sa formation et à sa présence plus en aval. Le voyage de reconnaissance effectué le 20 décembre 1957, à bord du brise-glaces Montcalm nous en a fourni un excellent exemple: la glace dont la concentration était de 9/10, de Québec à St-François (île d'Orléans) tomba brusquement à 2/10, 1/10 et 0/10 dans la région du cap Tourmente qui marque justement la limite amont de l'eau saumâtre. De surcroît, la largeur accrue du St-Laurent dans cette région permet la formation de vagues assez prononcées pour fragmenter la glace. L'eau, devenant de plus en plus saumâtre vers l'aval, contribue à la fois à retarder la formation de la glace dans ces régions et à dissoudre, en partie du moins, celle qui dérive de l'amont. Le retard considérable de l'apparition des glaces en aval par rapport à l'amont est donc l'indice que le Haut et le Moyen Estuaire de même que l'Estuaire Maritime ont d'importantes réserves calorifiques accumulées au cours de l'été, lesquelles constituent un facteur capital dans le délai de plus en plus marqué de l'apparition des glaces de dérive, vers l'aval. Mais la limite des glaces de dérive avance progressivement vers l'aval, de décembre à janvier, à mesure que l'eau salée perd son excédent de chaleur, corrélativement d'ailleurs à l'abaissement de la température de l'air.

Navigabilité

La présence hâtive de la glace dans le Haut, et, moindrement, dans le Moyen Estuaire du St-Laurent, n'a pas causé d'ennui à la marche des navires de haute mer: la raison essentielle est que même pour les bateaux à coque non blindée, la glace est trop peu épaisse lors de son premier stade de formation pour constituer un obstacle sérieux. Les océaniques ont pu naviguer jusqu'à la fin de décembre sans

escorte de brise-glaces. Quelques petits navires ont cependant dû être escortés jusqu' en aval de l' île d'Orléans. D' une façon générale, la glace de décembre en aval de Québec ne doit pas être considérée comme un obstacle à la navigation pour les navires de haute mer, même à coque non renforcie.

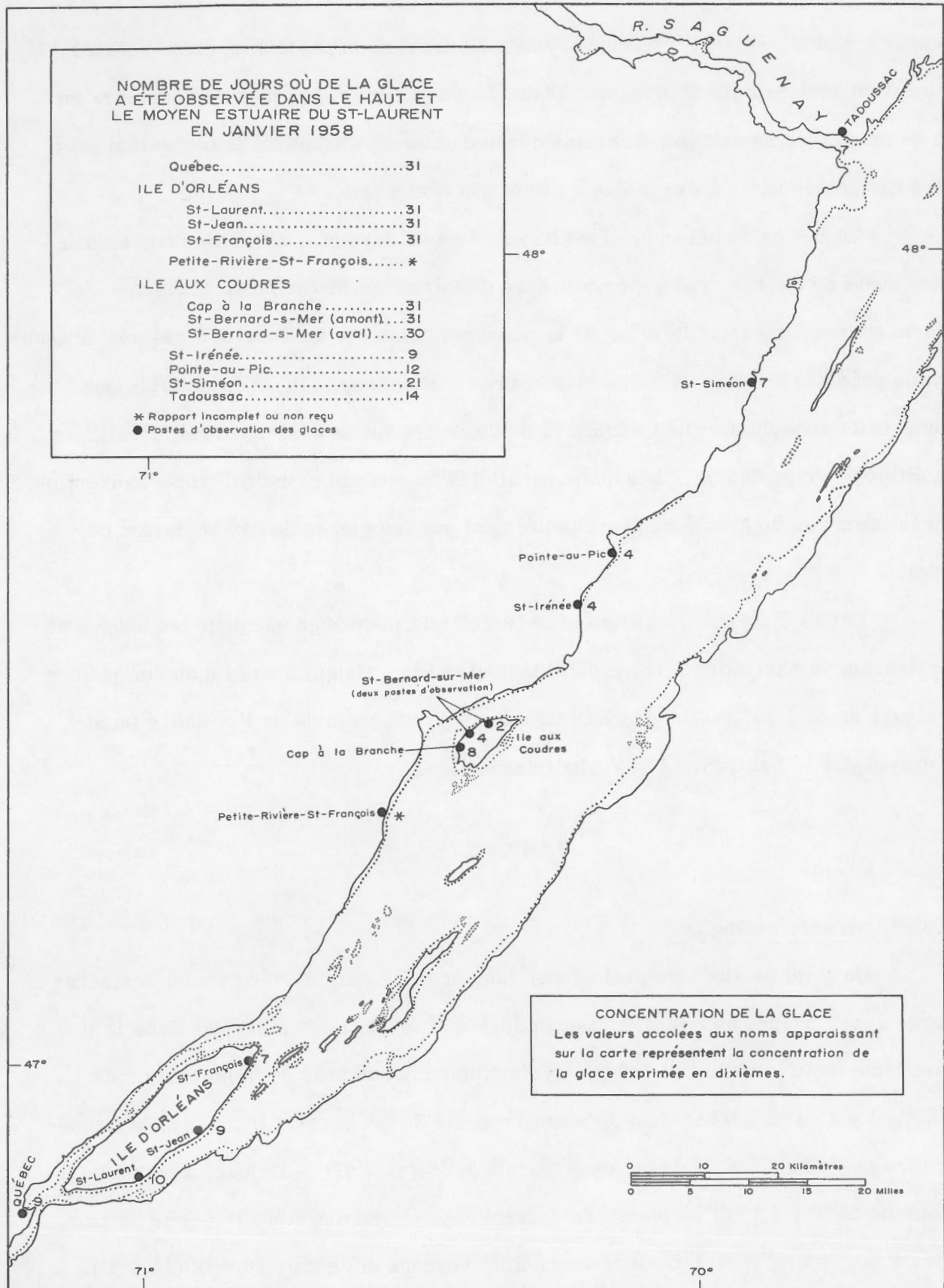
Au milieu de décembre, les bateaux ont eu certaines difficultés aux abords des quais de Québec, sis à l' embouchure de la rivière St-Charles: l' absence de forts courants favorise la prise de la glace qui, bien que très facile à casser, s' accumule près des quais et gêne les manoeuvres d' accostage. Il est indubitable que dans cette zone du port de Québec, la méthode des bulles d' air pourrait contribuer à éliminer ce problème. Les quais parallèles au courant principal du St-Laurent ne présentent pas de problème d' encombrement par les glaces de dérive durant ce mois.

Dans l' Estuaire Maritime et le Golfe, tant pour 1958 que pour les années antérieures, la navigation a été aussi libre qu' en été. On est bien loin du compte des valeurs de 50 à 100 p. 100 de glace données pour l' ensemble de l' estuaire du St-Laurent par le Deutsches Eis Verhältnisse Atlas.

JANVIER

Conditions météorologiques

Du point de vue météorologique, janvier a été caractérisé par des températures assez froides au cours de la première moitié du mois, alors que dans la deuxième moitié, celles-ci ont été très nettement au-dessus de la normale. En effet, il y a eu à Québec dans la seconde partie de janvier, 14 jours dont la température moyenne a été égale ou supérieure à 30°F (-1,1°C) et 12 jours avec un minimum de 20°F (-6,6°C) ou plus. En conséquence, la température moyenne de janvier a été de 7.4°F (4,1°C) supérieure à la moyenne qui est de 10.5°F (11,9°C).



Carte 5. Haut et Moyen Estuaire du St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en janvier.

Les vents ont alterné du SW au NE alors que normalement la prédominance est aux vents du SW. Ces deux facteurs (température et vents) ont eu des répercussions importantes et presque instantanées sur la formation et la répartition de la glace.

État de la glace

a. Haut Estuaire (carte 5): Dans le Haut Estuaire, la concentration de la glace a été relativement forte: 7/10 à 10/10 (méd. 9) à Québec; 7/10 à 10/10 (méd. 10) à St-Laurent; 7/10 à 9/10 (méd. 9) à St-Jean; 0/10 à 9/10 (méd. 7) à St-François. A l'île aux Coudres, une différence sensible apparaît (sauf au cap à la Branche); il y a naturellement des concentrations extrêmes de 0/10 à 10/10, mais la médiane est respectivement de 8/10, 4/10, et 2/10 pour cap à la Branche et St-Bernard (amont) et St-Bernard (aval). Dans cette partie de l'Estuaire, on a observé de la glace tous les jours sans exception.

b. Moyen Estuaire (carte 5): Dans le Moyen Estuaire, la concentration médiane de la glace devient nettement moindre. Dans l'ensemble, la médiane est plus faible qu'en amont: 4/10 à St-Irénée; 4/10 à Pointe-au-Pic; 7/10 à St-Siméon et 7/10 à Tadoussac. Pour chacun de ces postes d'observation, l'on a observé plusieurs jours sans glace, soit respectivement 20, 18, 9 et 17. Ceci souligne l'une des plus importantes différences entre le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent.

c. Estuaire Maritime et Golfe (carte 6): Les eaux de la Côte Nord jusqu'au détroit de Belle-Isle ont été complètement libres de glaces de dérive durant tout le mois, exception faite d'une dizaine de jours à Baie-Comeau (concentration 7/10) et de la présence pendant les 6 premiers jours de janvier d'une étroite bande à Sept-Iles.

Au large des côtes de la Gaspésie, les premières glaces sont apparues vers le 8 janvier, puis disparues le 26 pour une période de 5 jours. La concentration

médiane des glaces au large a été respectivement de 5/10, 8/10, 5/10, 4/10, 5/10 et 3/10 pour Pointe-au-Père, Ste-Félicité, Cap-Chat, Cap-Madeleine, pointe à la Renommée et Cap-des-Rosiers. Il faut cependant établir une distinction entre la glace au large qui seule est susceptible de nuire à la navigation et celle qui, certains jours, longe la rive en bandes étroites; à cet égard, les côtes de la Gaspésie ont eu plusieurs jours sans glace au large des côtes c'est-à-dire au delà de 1 mille (1,6 km): soit 12 jours à Pointe-au-Père; 13 à Ste-Félicité; 8 à Cap-Chat; 16 à Cap-Madeleine; 16 à pointe à la Renommée et 31 à Cap-des-Rosiers. A ce dernier endroit, en effet, il n'y a eu aucun jour où la largeur de la glace longeant la rive a excédé 3/4 ou 1 mille (1 à 1,6 km) (cartes 5 et 6).

Il reste donc que ces divers points n'ont connu respectivement que très peu de jours où la glace pouvait effectivement constituer un obstacle sérieux à la navigation.

Interprétation

De Québec au cap à la Branche, le Haut Estuaire du St-Laurent a été très encombré, en raison de l'abondante formation de glace dans la première partie du mois, puis, paradoxalement, de la très nette remontée de la température qui, à partir de la mi-janvier, a contribué à un décollement généralisé des glaces d'estran en aval des Trois-Rivières. De plus, les périodes prolongées de forts vents du NE totalisant 15 jours sur 31, ont comprimé les glaces vers l'amont et en ont notablement retardé l'évacuation vers l'Estuaire Maritime, ce qui explique en grande partie les fortes valeurs des concentrations de glace dans le Haut Estuaire. De l'avis unanime des observateurs, les concentrations de glace observées dans le Haut Estuaire ont été tout à fait inusitées, tant par leur durée que par leurs valeurs très élevées.

Dans le Moyen Estuaire, de l'amont de l'île aux Coudres à Tadoussac, la

rareté des jours où de la glace a été observée et la faible concentration de celle-ci durant la première partie du mois trouve son explication probable dans le fait que la glace d'amont, trop récente et trop peu épaisse, a eu le temps de fondre ou de se désagréger, pour la plus grande part avant d'atteindre le Moyen Estuaire. Il faut, de surcroît, tenir compte du fait que les glaces ont été retenues anormalement longtemps en amont par les vents du NE.

A la fin du mois cependant, les vents soutenus du NE ont fini par apporter des concentrations importantes de glaces à Tadoussac et à St-Siméon. On est en droit de supposer que ces glaces venaient en partie de la rive sud du Moyen Estuaire et probablement aussi, pour une plus faible part, de la Côte Nord. A Tadoussac, le mécanisme de l'obstruction du Saguenay par vents du NE semble être le suivant: à marée montante, les eaux du Saguenay aspirent la glace du St-Laurent, mais au reflux, celle-ci est empêchée de sortir par la force du vent. Pour des raisons encore difficiles à expliquer, Pointe-au-Pic et St-Irénée n'ont eu de fortes concentrations de glace que durant quelques jours seulement.

Dans l'Estuaire Maritime et dans le Golfe, on peut attribuer l'absence de glace sur la Côte Nord à la température assez élevée de janvier, qui a empêché sa formation. En outre, la présence de cette importante masse d'eau salée a pour effet, théoriquement, d'abaisser le point de congélation à 29°F (2,6°C), mais celui-ci est en fait beaucoup plus bas, en raison de la turbulence due aux vagues qui sont d'autant plus importantes que l'éloignement des côtes est plus prononcé. Plusieurs témoignages s'accordent à dire que l'eau de mer ne gèle près des rives qu'à des températures inférieures à 0°F (-17,7°C) et qu'au large elle ne gèle que lors de périodes prolongées où les températures sont inférieures aux valeurs mentionnées, comme ce fut le cas au cours de l'hiver 1957.

La présence de glaces de dérive le long des côtes de la Gaspésie fait contraste avec leur absence au large de la Côte Nord et de l'île Anticosti. Cela

s'explique par le fait que ces glaces viennent, pour la plus grande part, des secteurs amont du St-Laurent et qu'une fois dans l'Estuaire, elles sont prises en charge par le courant de Gaspé pour être évacuées vers le centre du golfe St-Laurent. En effet, grâce à la dérive de 30° sur la droite des courants et des vents dans l'Hémisphère Nord, dérive résultant de la force de Coriolis, la glace d'eau douce tend, grâce à ce facteur et le plus souvent avec l'aide des vents dominants du SW ou de l'W, à longer la rive sud de l'estuaire du St-Laurent. A partir de Cap-Chat, ce mouvement est d'ailleurs accéléré et canalisé par le courant de Gaspé qui prend naissance au large de la Côte Nord, au droit de pointe des Monts, et qui depuis Cap-Chat et tout au long des côtes de la Gaspésie a une vitesse moyenne de 1.7 noeud avec des pointes de 3.5 noeuds au flux. Ce ne sont que des vents du S ou du SE, assez rares au total, qui pourront contrarier, par courtes périodes seulement, ce mouvement général de dérive des glaces le long des côtes de la Gaspésie.

L'absence de glace à la fin de janvier semble imputable aux vents prolongés du NE qui ont retenu la glace en amont, tarissant par là l'alimentation des côtes gaspésiennes. Le retard progressif de la dérive des glaces, d'amont en aval, perçu en décembre, s'est encore accusé en janvier le long des côtes de la Gaspésie, puisque la première observation de glace a été effectuée le 8 janvier à Cap-des-Rosiers ce qui constitue un décalage de 37 jours par rapport à Québec. On voit par là que l'influence de l'excédent de chaleur accumulée au sein de la masse liquide peut effectivement se prolonger très avant en janvier.

Navigabilité

La navigabilité du Haut Estuaire du St-Laurent s'est vue limiter au cours de janvier, en raison, d'une part, des fortes concentrations de glaces maintenues en amont par des vents persistants du NE et, d'autre part, en raison de 11 jours météorologiquement impropres à la navigation (jours comportant plus de 5 heures d'obstacles

météorologiques: brouillard, neige ou pluies). Si on ajoute le facteur des marées défavorables, 10 jours seulement ont été théoriquement navigables.

Cette valeur est inférieure à une moyenne comprise entre 11 et 14 jours, en janvier, déjà calculée en 1957 par M. BROCHU. Cependant l'indice de navigabilité a effectivement été de près de 31 jours avec l'aide des brise-glaces; en effet le D' Vora (1,500 T.), premier navire à effectuer un service régulier entre Québec et les ports de la Côte Nord du St-Laurent, n'a eu que quelques heures de retard pour le trajet île aux Coudres à Québec, toujours effectué sous escorte d'un brise-glaces.

Les brise-glaces sont donc parfaitement en mesure de faire monter à près de 100% l'indice de navigabilité d'hiver dans les eaux du St-Laurent. Le Moyen Estuaire a eu un indice de navigabilité meilleur (25 jours au moins) en raison de la concentration moindre des glaces et de la largeur accrue du chenal navigable. Le port de Pointe-au-Pic a été pratiquement libre de glaces durant tout le mois de janvier. Tadoussac a cependant été littéralement investi par les glaces durant la dernière semaine de janvier et pendant ce temps, le passage difficile de la batture aux Alouettes, au droit de l'embouchure du Saguenay, a été rendu très délicat. Le Jacques-Cartier, bateau-passeur entre Tadoussac et Baie-Ste-Catherine, a été de ce fait paralysé pendant une semaine.

Il ressort qu'en janvier 1958, l'Estuaire Maritime et la partie nord du golfe St-Laurent, y compris le pourtour de l'île Anticosti, ont été parfaitement navigables; la Côte Nord a présenté l'incontestable et inhabituel avantage d'une absence complète de glaces, sauf durant quelques jours dans les ports de Sept-Iles et de Baie-Comeau. La navigation n'aurait pu être gênée que 5 ou 6 jours le long des côtes de la Gaspésie. Cependant, en raison de la tendance des glaces à être canalisées le long des côtes de la Gaspésie, l'indice de navigabilité est toujours moins

dre qu' au large de l' île Anticosti ou de la Côte Nord. L' indice de navigabilité a donc été de 25 jours au large des côtes gaspésiennes et de 31 au large de la Côte Nord du Golfe.

Il est du plus haut intérêt pratique de souligner que le détroit de Belle-Isle est demeuré parfaitement accessible pendant tout le mois de janvier avec une absence complète de glace. Cette particularité semble d' ailleurs être de règle absolument courante d' après les témoignages recueillis sur place.

FÉVRIER

Conditions météorologiques

Le mois de février a été caractérisé par des vents dominants qui, conformément à la normale, ont soufflé principalement des secteurs ouest et sud-ouest ainsi que par des températures moyennes à Québec de 12.5°F (-10, 8°C), soit 1°F (0,2°C) de plus que la normale qui est de 11,5°F (-11,4°C).

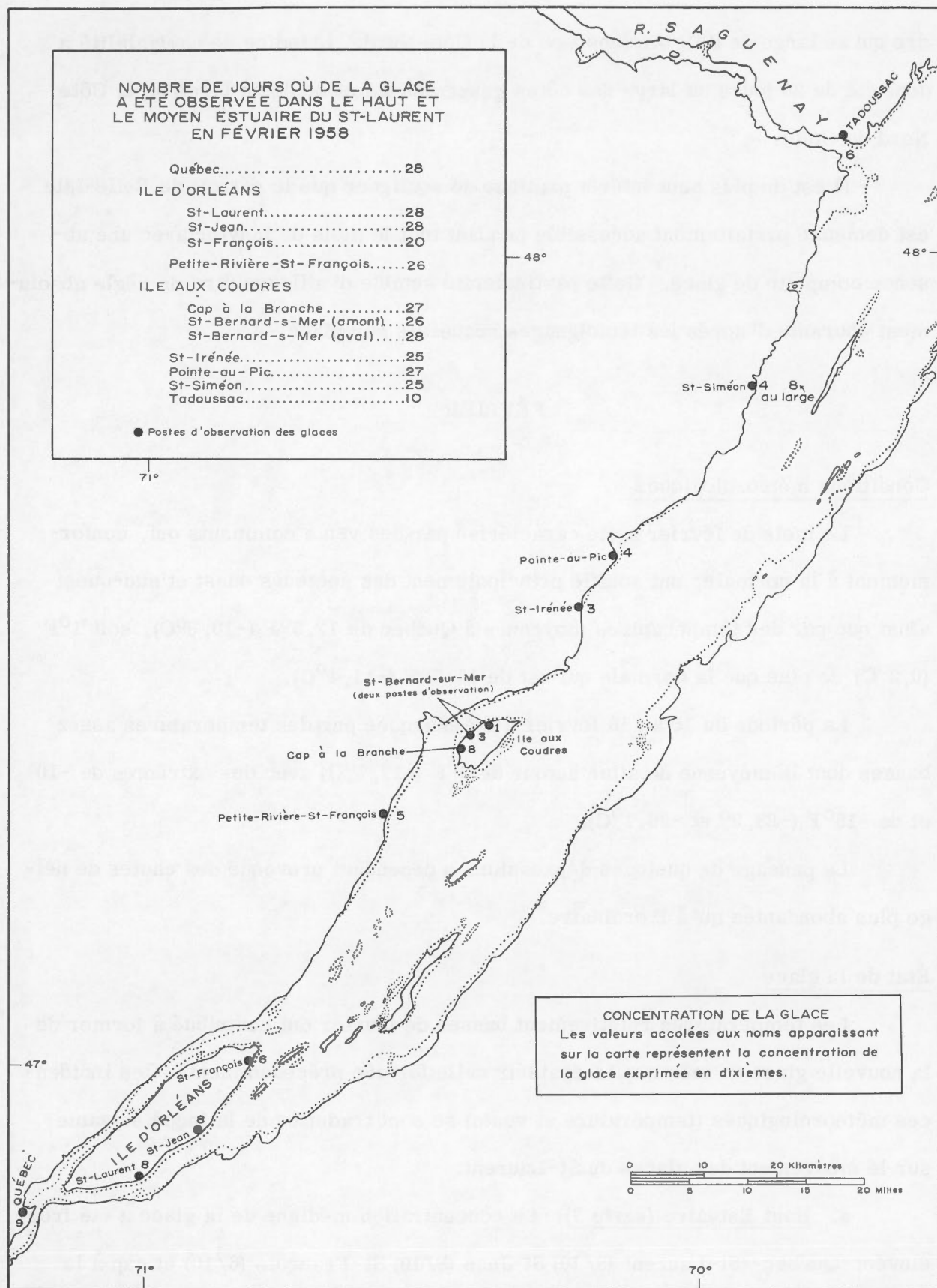
La période du 10 au 16 février a été marquée par des températures assez basses dont la moyenne se situe autour de 0°F (-17, 7°C) avec des extrêmes de -10 et de -15°F (-23, 3° et -26, 1°C).

Le passage de quelques dépressions a cependant provoqué des chutes de neige plus abondantes qu' à l' ordinaire.

État de la glace

Les températures relativement basses de février ont contribué à former de la nouvelle glace de même qu' à épaissir celle formée précédemment. Ces incidences météorologiques (température et vents) se sont traduites de la façon suivante sur le mouvement des glaces du St-Laurent.

a. Haut Estuaire (carte 7): La concentration médiane de la glace a été très élevée: Québec--St-Laurent (8/10) St-Jean (8/10) St-François (6/10) et cap à la



Carte 7. Haut et Moyen Estuaire du St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en février.

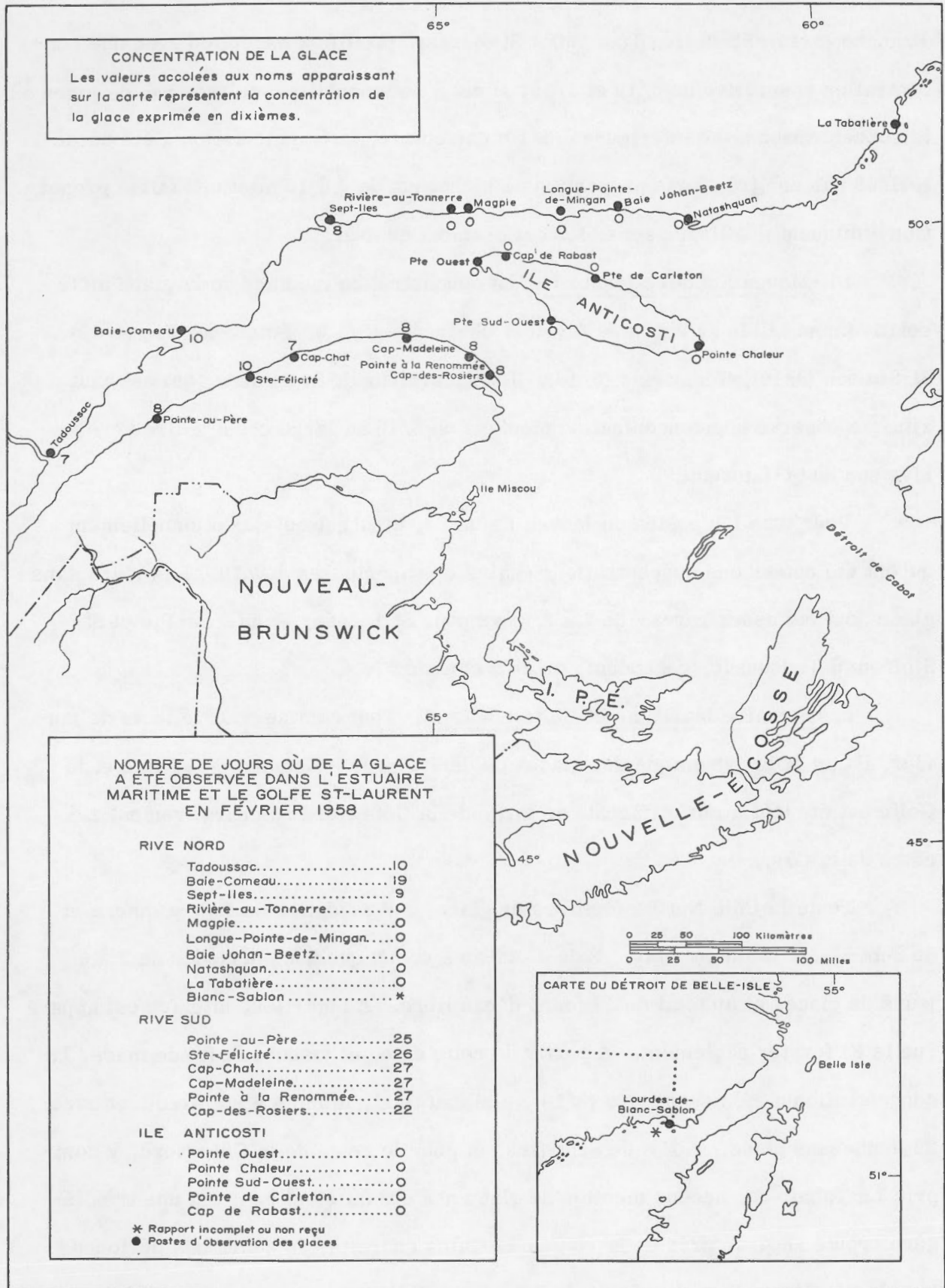
Branche (8/10); St-Bernard (amont) et St-Bernard (aval) font exception avec une concentration respective de 3/10 et 1/10. Il est à noter qu'il y a eu très peu de jours où la concentration a été inférieure à 5/10; par contre, la fragmentation a été caractérisée par une très forte proportion de morceaux de 0 à 10 m et une faible proportion diminuant d'ailleurs sensiblement d'amont en aval.

b. Moyen Estuaire (carte 7): La concentration médiane de la glace a été relativement faible au cours de février: St-Irénée (3/10), Pointe-au-Pic (4/10), St-Siméon (4/10), Tadoussac (6/10). L'observateur de St-Siméon, qui est haut situé, a observé une concentration médiane de 8/10 au large c'est-à-dire vers la rive sud du St-Laurent.

Pour tous les postes du Moyen Estuaire, ce n'est qu'exceptionnellement qu'ont été notées des concentrations égales ou supérieures à 8/10. Les jours sans glace ont été assez rares: de 1 à 3 jours pour St-Irénée, Pointe-au-Pic et St-Siméon; à Tadoussac, cependant, on en a compté 17.

c. Estuaire Maritime et Golfe (carte 8): Tout comme pour le mois de janvier, l'état et la dynamique des glaces de dérive pour l'Estuaire Maritime et le Golfe ont été tout à fait différents au large de la Côte Nord comparativement aux côtes de la Gaspésie.

Toute la Côte Nord a été libre de glace, à l'exception de Baie-Comeau et de Sept-Iles, à la fin du mois. Baie-Comeau a connu quelques périodes de 2 à 4 jours de glaces et un total de 17 jours d'eau libre. A Sept-Iles, la glace est apparue le 23 février seulement. A partir de cette date, et jusqu'à la fin de mars, la concentration a été assez forte (8/10), mais au total, le mois a été excellent avec 22 jours sans glace. A l'E de Sept-Iles, et pour le reste de la Côte Nord, y compris La Tabatière, aucune mention de glace n'a été faite, si ce n'est une très légère croute apparue près de la rive en certains endroits, au cours des périodes les plus froides. Dans la région du détroit de Belle-Isle, les premières glaces ont



Carte 8. Estuaire Maritime et golfe St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en février.

été vues vers le 1^{er} février et elles ont été observées en concentrations assez variables tout au long de ce mois. Le rapport de Blanc-Sablon est malheureusement incomplet à cet égard.

Au regard de la Côte Nord, les côtes de la Gaspésie ont eu des concentrations médianes de glaces très importantes: Pointe-au-Père (8/10), Ste-Félicité (10/10), Cap-Chat (7/10), Cap-Madeleine (8/10), pointe à la Renommée (8/10), Cap-des-Rosiers (8/10); il y a eu 9 jours sans glace au large de ce dernier poste d'observation. Aux autres postes d'observation, il y a eu de 25 à 28 jours de glace, ce qui marque davantage le contraste avec la Côte Nord.

Interprétation

Les grandes quantités de glaces observées dans le Haut Estuaire du St-Laurent en février ont été, d'une part, attribuables à une production continue de glace à des températures assez basses et d'autre part, aux décollements partiels mais répétés de la nouvelle glace par les mouvements de marées. A certains jours, les vents du NE ont contribué à la rétention des glaces en amont. Il faut également garder en mémoire que les brise-glaces qui travaillent en amont de Québec contribuent de façon très importante à alimenter en glaces l'aval du St-Laurent.

Les concentrations de glaces nettement moins importantes du Moyen Estuaire paraissent imputables à deux facteurs principaux: tout d'abord, les estrans étant moins développés, sur la rive nord tout au moins, la production de glace y est beaucoup moins abondante qu'en amont, même pour des températures assez basses, et en outre, l'eau saumâtre de cette région y retarde la prise de la glace; l'autre facteur, déjà perceptible à St-François (île d'Orléans) et très net au large de Pointe-au-Pic, St-Siméon et Tadoussac, est une dérive générale des glaces vers la rive sud du St-Laurent bien observable par temps calme ou par vents du SW,

parallèles au cours du fleuve. Les vents dominants d' W et du SW en février n' ont fait qu' accentuer ce dégagement de la rive nord du St-Laurent.

La différence déjà marquée, en janvier, entre le dégagement de la Côte Nord et l' encombrement permanent des côtes de la Gaspésie s' est très nettement précisée en février. Il se confirme par là que la glace dérivant au large de la Gaspésie n' est pas locale (les estrans y sont en effet inexistantes ou de largeur très réduite) non plus qu' en provenance de la Côte Nord puisque l' on n' y a pas observé de glace, sauf à Baie-Comeau et à Sept-Iles à la fin du mois. La glace des côtes de la Gaspésie n' a pu avoir pour origine en février qu' essentiellement le Haut et le Moyen Estuaire (notamment les estrans développés de la rive sud). Grâce à la conjonction des courants et des vents, cette glace est refoulée contre les côtes de la Gaspésie, laissant ainsi la Côte Nord pratiquement libre. En outre, les basses températures de février dans l' ensemble de l' Estuaire Maritime du St-Laurent, mises en rapport avec l' absence de formation de glace dans ces régions, est l' indice qu' il faut apparemment des températures encore plus basses et en périodes nettement plus prolongées pour déclencher le mécanisme de la formation de la glace à partir des points de cristallisation que constituent les rives baignant en eau salée.

Navigabilité

La prédominance des vents d' W et du SW ont facilité dans une grande mesure la navigation dans tout l' ensemble de l' Estuaire et du Nord du golfe St-Laurent.

Entre Québec et l' île aux Coudres, l' indice de navigabilité a été de 18 jours favorables. Il y a eu 2 périodes de 2 jours et une de 3 jours consécutifs défavorables à la navigation.

Pour ce qui est du Moyen Estuaire et de l' Estuaire Maritime, la navigation s' est faite pratiquement sans entrave et sans retard, avec un indice de navigabilité

de 25 à 26 jours. Il faut cependant excepter les côtes de la Gaspésie qui ont eu des concentrations de glaces assez fortes pendant tout le mois. Les quelques bateaux qui ont touché ou quitté Rimouski ont dû faire appel aux brise-glaces. Le détroit de Belle-Isle n'a connu aucune activité maritime, et il semble que la chose n'aurait pas été possible en raison de l'abondance des glaces d'origine arctique dans cette région. L'indice de navigabilité a donc été nul dans cette région.

MARS

Conditions météorologiques

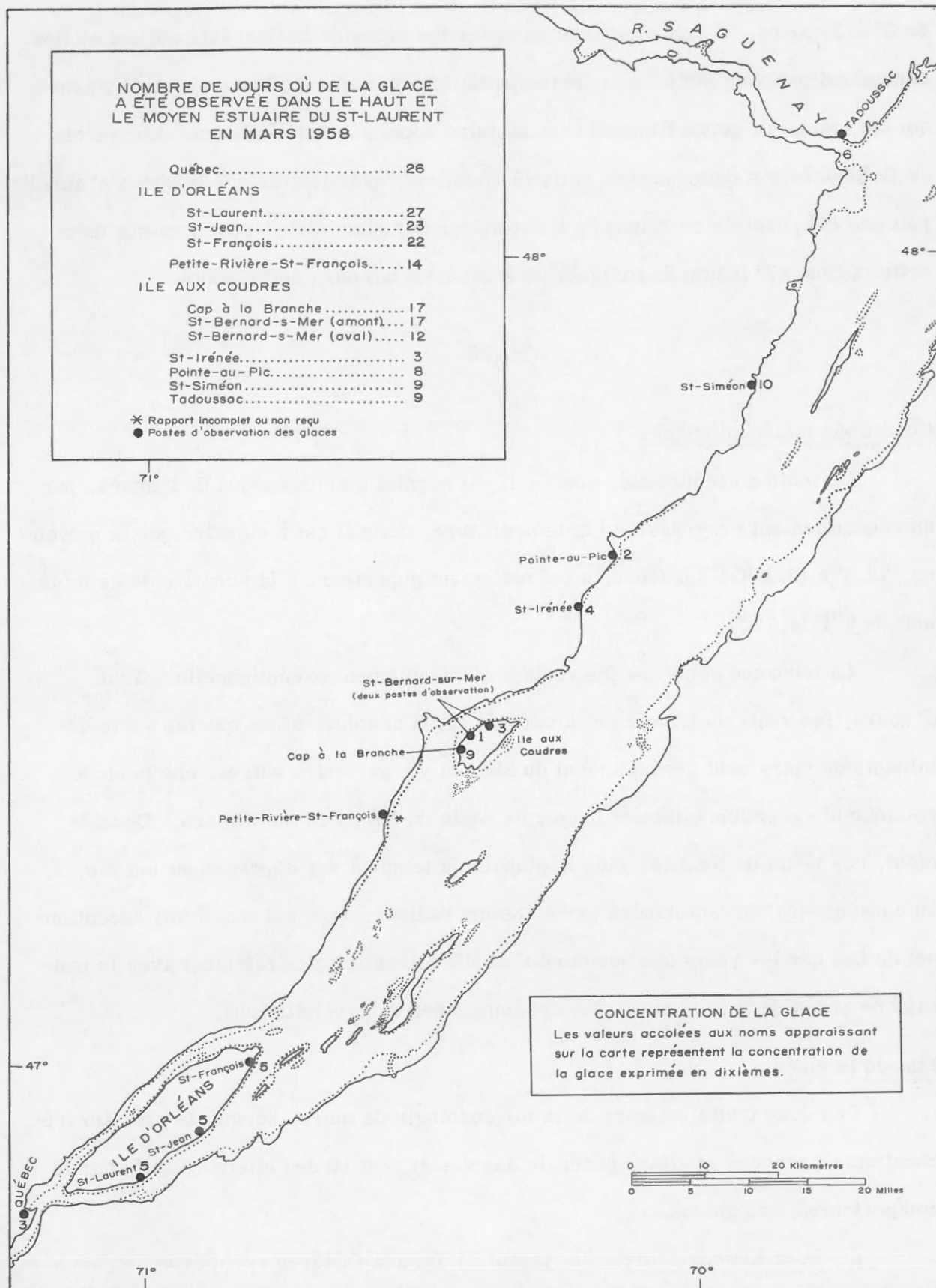
Ce mois a été marqué, comme il est normal à cette époque de l'année, par un réchauffement progressif de la température, mais il est à signaler que la moyenne, 32.3°F (0,1°C) à Québec, a été nettement supérieure à la normale de ce mois, soit de 9°F (4,7°C).

La tendance générale des vents a été doublement exceptionnelle. Tout d'abord, les vents du NE ont prédominé de façon absolue, alors que les vents dominants de mars sont généralement du SW. Il y a eu, entre autres, une période continue et exceptionnellement longue de vents du NE du 13 au 31 mars. Deuxièmement, ces vents du NE, associés la plupart du temps à des dépressions ont été, en conséquence, caractérisés par du temps radieux: ceci est tout à fait exceptionnel du fait que les vents des secteurs E et NE coïncident généralement avec le passage de zones de basses pressions accompagnées de précipitations.

État de la glace

Ces deux traits majeurs de la météorologie de mars, surtout le premier (réchauffement marqué et allure générale des vents), ont eu des effets décisifs sur le comportement des glaces.

a. Haut Estuaire (carte 9): jusqu'à l'île aux Coudres exclusivement, on a



Carte 9. Haut et Moyen Estuaire du St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en mars.

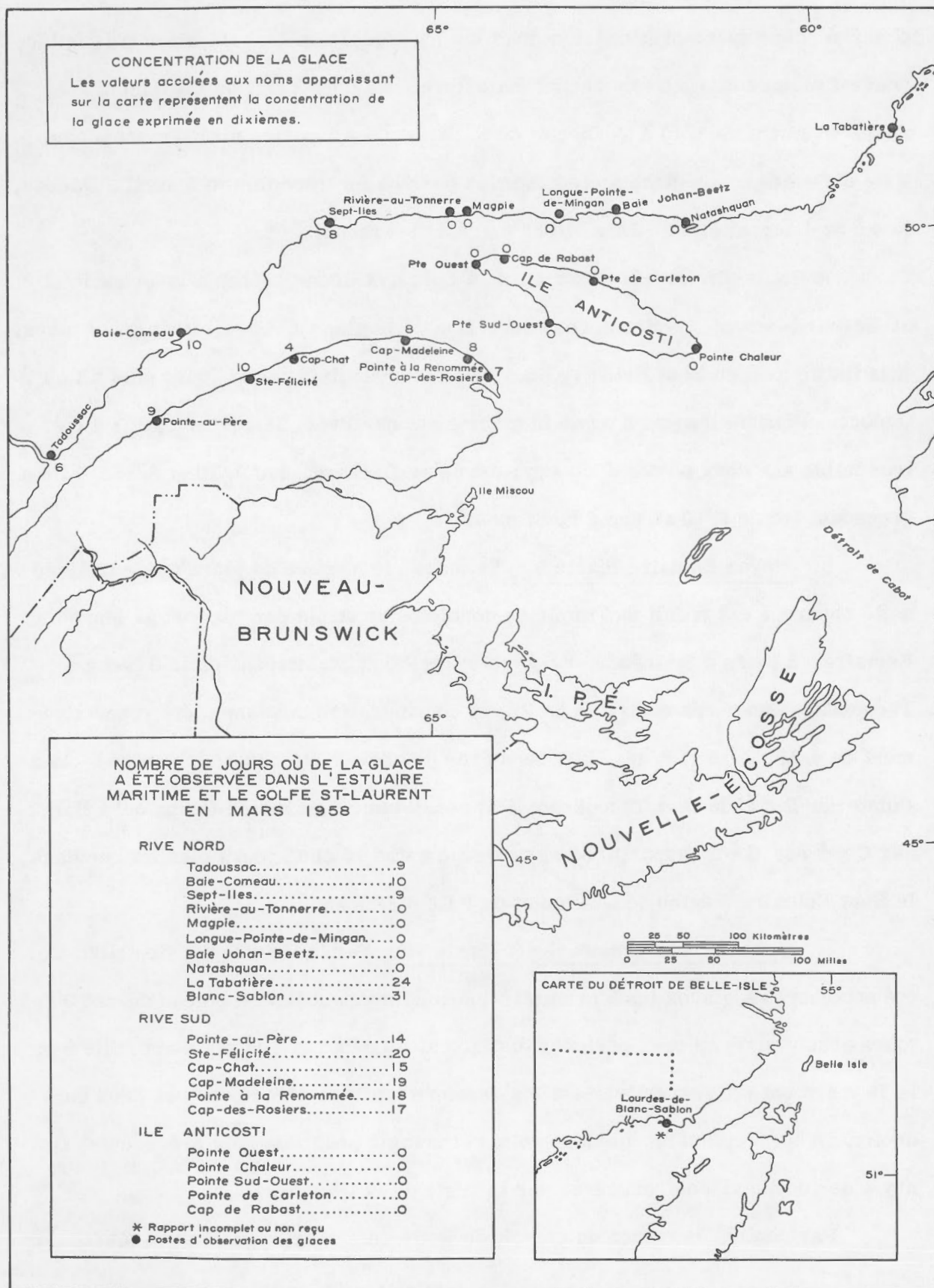
observé de la glace pratiquement tous les jours mais en concentration très faible; souvent plus de la moitié du chenal était libre. La concentration médiane a été respectivement de 3/10 à Québec et de 5/10 pour les 3 postes d'observation de l'île d'Orléans. La glace a été observée pour la dernière fois le 5 avril à Québec, le 4 à St-Laurent et à St-Jean, le 30 mars à St-François.

A Petite-Rivière-St-François et à l'île aux Coudres, cap à la Branche et St-Bernard- amont , la dernière observation de la glace a été effectuée le 17 mars. A la limite aval du Haut Estuaire, la glace est donc disparue 18 jours plus tôt qu'à Québec. Pendant les jours où de la glace a été observée, la concentration a été très faible aux deux postes d'observation de St-Bernard, soit 1/10 et 3/10. Elle a cependant été de 9/10 au cap à la Branche.

b. Moyen Estuaire (carte 9): En mars, le nombre de jours où de la glace a été observée est réduit du simple au double ou au triple par rapport au Moyen Estuaire: 3 jours à St-Irénée, 8 à Pointe-au-Pic et St-Siméon, et de 9 jours à Tadoussac. Pour ces quatre endroits, la concentration médiane a été respectivement de 4/10, 2/10 et 9/10. Les dernières glaces ont été observées entre le 14 à Pointe-au-Pic et le 18 à Tadoussac, soit sensiblement en même temps qu'à l'île aux Coudres. Leur disparition est survenue entre 15 et 18 jours plus tôt que dans le Haut Estuaire (région de Québec et de l'île d'Orléans).

c. Estuaire Maritime et Golfe (carte 10): Sur la Côte Nord, Sept-Iles a été encombré de glaces les 9 premiers jours de mars et Baie-Comeau durant 9 jours aussi, mais en deux périodes distinctes, au début et à la mi-mars. Le 9 et le 18 mars ont été respectivement les derniers jours de glace pour ces deux endroits. A l'exception de ces deux points et comme pour les mois précédents, il n'y a eu aucune glace d'observée sur le reste de la Côte Nord.

Par contre. la région du détroit de Belle-Isle s'est signalée, en mars, par



Carte 10. Estuaire Maritime et golfe St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en mars.

la présence d'importantes quantités de glace d'origine arctique: celle-ci a été observée pour la première fois à La Tabatière, le 5 mars, et y était toujours abondante à la fin du mois. Il y a eu en tout 24 jours de glaces en mars à La Tabatière; sa concentration médiane y a été de 6/10.

Au cours de la première moitié de mars, les côtes de la Gaspésie ont montré au regard de la Côte Nord la même opposition qu'au cours des autres périodes de l'hiver. Le long des côtes de la Gaspésie, les dernières glaces sont disparues entre le 16 et le 21 mars, soit approximativement aux mêmes dates et même un peu plus tard en certains endroits que dans le Moyen Estuaire et le Haut Estuaire (région de l'île aux Coudres). Par rapport à l'ensemble de l'Estuaire, les concentrations ont été extrêmement élevées: soit respectivement 9/10, 10/10, 4/10, 8/10, 8/10 et 7/10 à Pointe-au-Père, Ste-Félicité, Cap-Chat, Cap-Madeleine, pointe à la Renommée et Cap-des-Rosiers.

Après le 20 mars, la période d'hiver se termine par la disparition complète de la glace.

Interprétation

Les températures relativement élevées de mars ont eu deux effets principaux: a) en premier lieu, elles ont brusquement arrêté toute formation et tout épaissement de la glace, b) l'alimentation des glaces de dérive ne s'en est pas trouvée supprimée pour autant, car la remontée des températures a favorisé le décollement général des glaces d'estran.

Les données de mars ont clairement montré que dans le Haut Estuaire les glaces de dérive, dès leur arrivée en eau saumâtre et salée, s'y désagrègent et y disparaissent rapidement. Il y a en effet un décalage de 15 jours ou plus entre la date de la dernière observation dans la partie amont du Haut Estuaire (Québec et île d'Orléans) par rapport à sa partie aval, et au Moyen Estuaire.

Il est à noter que dans l' Estuaire Maritime, la disparition de la glace au large de la Gaspésie n' a pas été en avance sur celle du Moyen Estuaire. Cela paraît imputable aux deux causes suivantes: d' une part, les eaux côtières de la Gaspésie sont l' exutoire d' une grande partie des glaces du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent, en raison de la dérive des eaux vers la rive sud et, d' autre part, le courant de Gaspé a dû évacuer les glaces des larges estrans et des baies de la rive sud du Moyen Estuaire.

Les vents persistants de l' E ont retardé l' évacuation des glaces vers le golfe St-Laurent, réduisant pour autant la force du courant de Gaspé; les eaux relativement plus douces des côtes de la Gaspésie ralentissent sans doute pour leur part, la désagrégation de la glace.

Navigabilité

L' indice de navigabilité a été très bon dans l' ensemble du St-Laurent, d' une part, en raison du nombre réduit de jours où de la glace a été observée dans l' Estuaire Maritime et le Moyen Estuaire du St-Laurent, et d' autre part, du fait de la faible concentration dans le Haut Estuaire puis, de la fragmentation très poussée et de l' état déjà très pourri de la glace, dans toutes les parties de l' Estuaire.

Ceci appelle cependant des distinctions. Dans le Haut et Moyen Estuaire, les dix premiers jours ont été assez mauvais, en particulier à l' embouchure du Saguenay, où les bateaux-passeurs ont été immobilisés pendant une semaine. Du 10 au 20 mars la navigabilité a été très bonne en raison des facteurs décrits plus haut, et, bien entendu, elle a été excellente après cette période, du fait de la disparition ou de l' extrême dispersion des glaces. L' indice de navigabilité a été d' environ 20 jours en mars dans le Haut et le Moyen Estuaire.

Dans l' Estuaire Maritime, la Côte Nord a été accessible sans obstacle, sauf en deux points: Sept-Iles et Baie-Comeau, qui, à cause des vents du NE, ont

été littéralement investis par les glaces au début de mars; l'indice de navigabilité au large a été supérieur à 25 jours. La quasi-permanence d'une large bande de glace de dérive le long des côtes de Gaspésie en a rendu l'abord difficile pendant les 3 premières semaines de mars; il est cependant à retenir que cette bande de glace ne présente, toutefois, aucun inconvénient pour les navires de haute mer puisqu'à l'exception de Rimouski, il n'y a aucun port océanique le long de ce littoral: si bien que ces concentrations de glaces le long des côtes de la Gaspésie, peuvent être facilement évitées par les navires. La Gaspésie a eu en mars un des plus faibles indices de navigabilité du St-Laurent: 10 à 12 jours seulement.

Le détroit de Belle-Isle, en raison de la glace arctique qui l'encombrait, a été défavorable à la navigation pendant tout le mois de mars avec un indice de navigabilité nul.

AVRIL

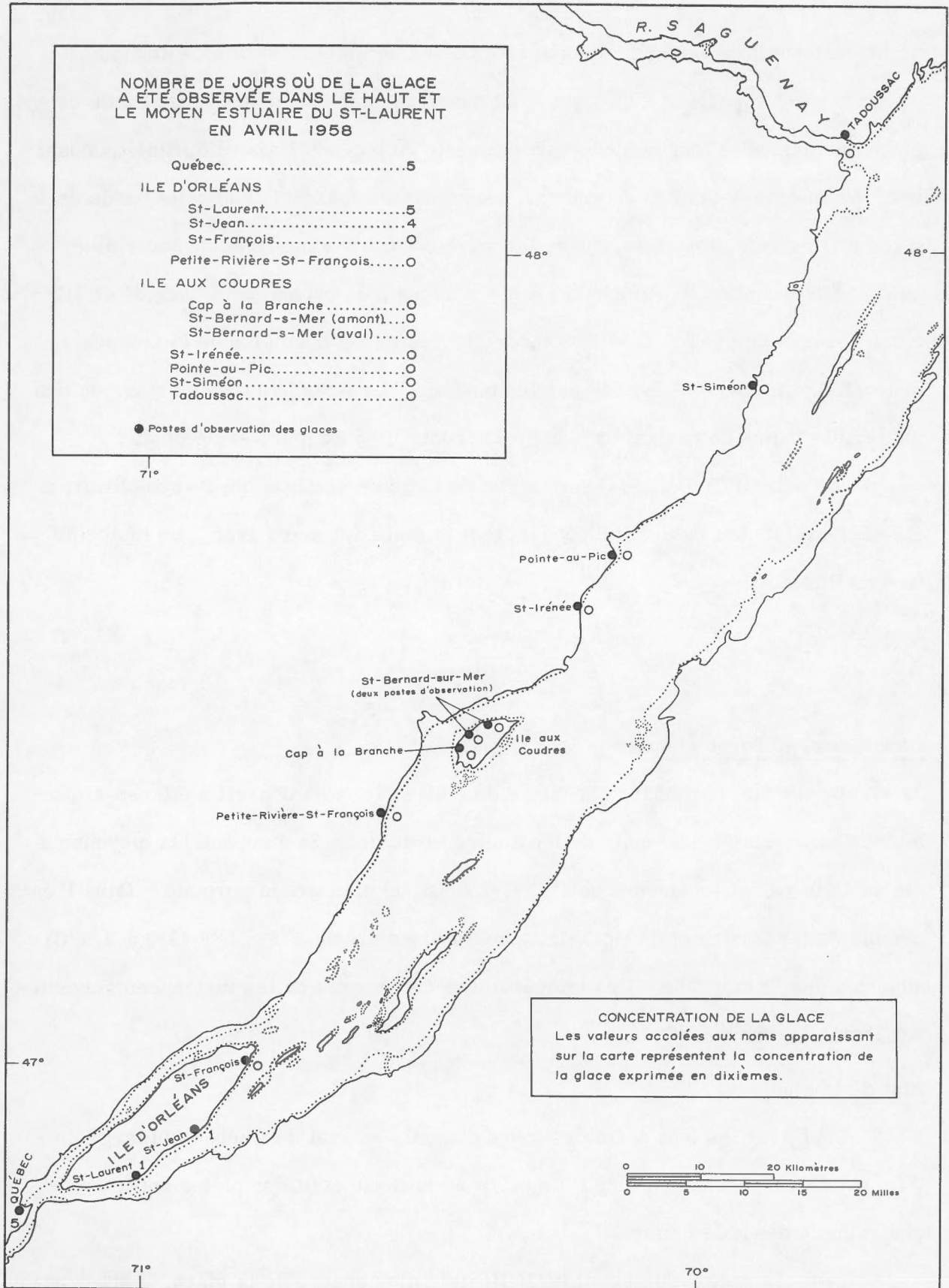
Conditions météorologiques

Continuant la tendance générale de l'hiver, le mois d'avril a été remarquablement doux dans l'ensemble de l'estuaire et du golfe St-Laurent: la moyenne a été de 42°F (5,5°C) à Québec soit 5°F (2,8°C) de plus que la normale. Dans l'ensemble de l'Estuaire et du Golfe la température a été de 4°F à 5°F (2,2 à 2,8°C) supérieure à la moyenne. Ces températures élevées ont eu les incidences suivantes sur l'état des glaces.

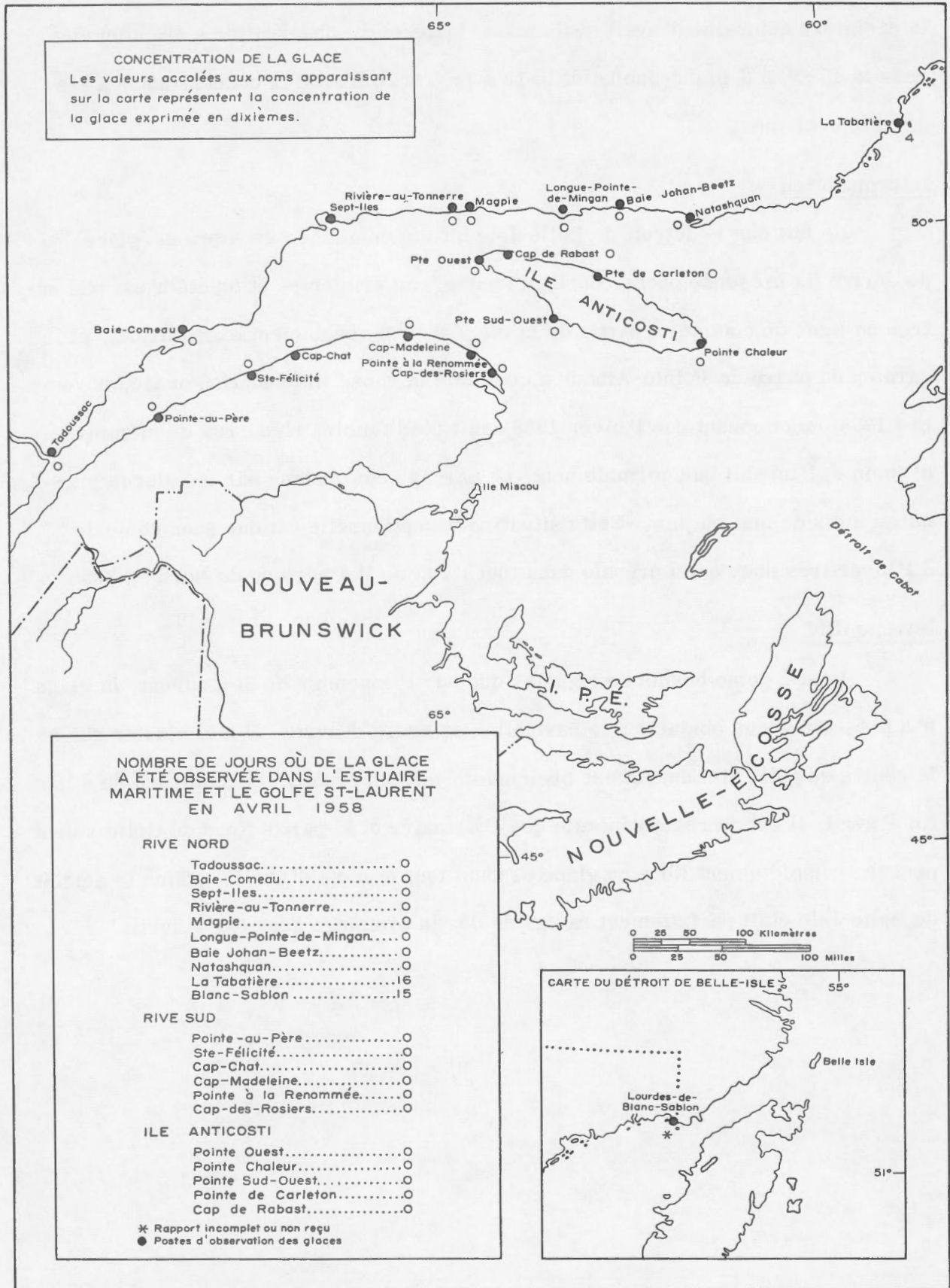
État de la glace

Sauf pour les tout premiers jours d'avril, en aval de Québec (au large de l'île d'Orléans), l'ensemble de l'Estuaire et du Golfe était complètement libre de glace dès le début de ce mois.

Seule la région du détroit de Belle-Isle a eu encore de la glace, mais pendant



Carte 11. Haut et Moyen Estuaire du St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en avril.



Carte 12. Estuaire Maritime et golfe St-Laurent: concentration et nombre de jours de glace en avril.

la première quinzaine d' avril seulement: la dernière observation a été effectuée vers le 15 avril à Blanc-Sablon et le 18 à La Tabatière, où la concentration a été de 4/10 seulement.

Interprétation

Le fait que le détroit de Belle-Isle ait été complètement libre de glaces de dérive (la présence occasionnelle d'icebergs au printemps et en été n' est pas entrée en ligne de compte) à partir de la mi-avril est absolument exceptionnel, et le gardien du phare de Pointe-Amour a confirmé la chose (information orale, novembre 1958) mentionnant que l' hiver 1958 avait été le moins rigoureux de mémoire d' homme; l' on sait que normalement, ce passage est obstrué par les glaces jusqu' au mois de mai ou juin. Cette situation exceptionnelle est due sans conteste à l' hiver très doux qui a prévalu dans tout l' Est de l' Amérique du Nord en 1958.

Navigabilité

Il est à peine besoin de signaler que sur l' ensemble du St-Laurent, la glace n' a présenté aucun obstacle à la navigation au cours d' avril. Il faut ajouter que si le centre du golfe St-Laurent est quelquefois encombré de glace au milieu ou à la fin d' avril, il est de règle générale que l' Estuaire et la partie Nord du Golfe soient presque complètement libre de glace pendant tout le mois d' avril. Même le détroit de Belle-Isle était parfaitement navigable dès la première semaine d' avril.

TROISIÈME PARTIE

FORMATION ET DYNAMIQUE GÉNÉRALE DES GLACES DE DÉRIVE

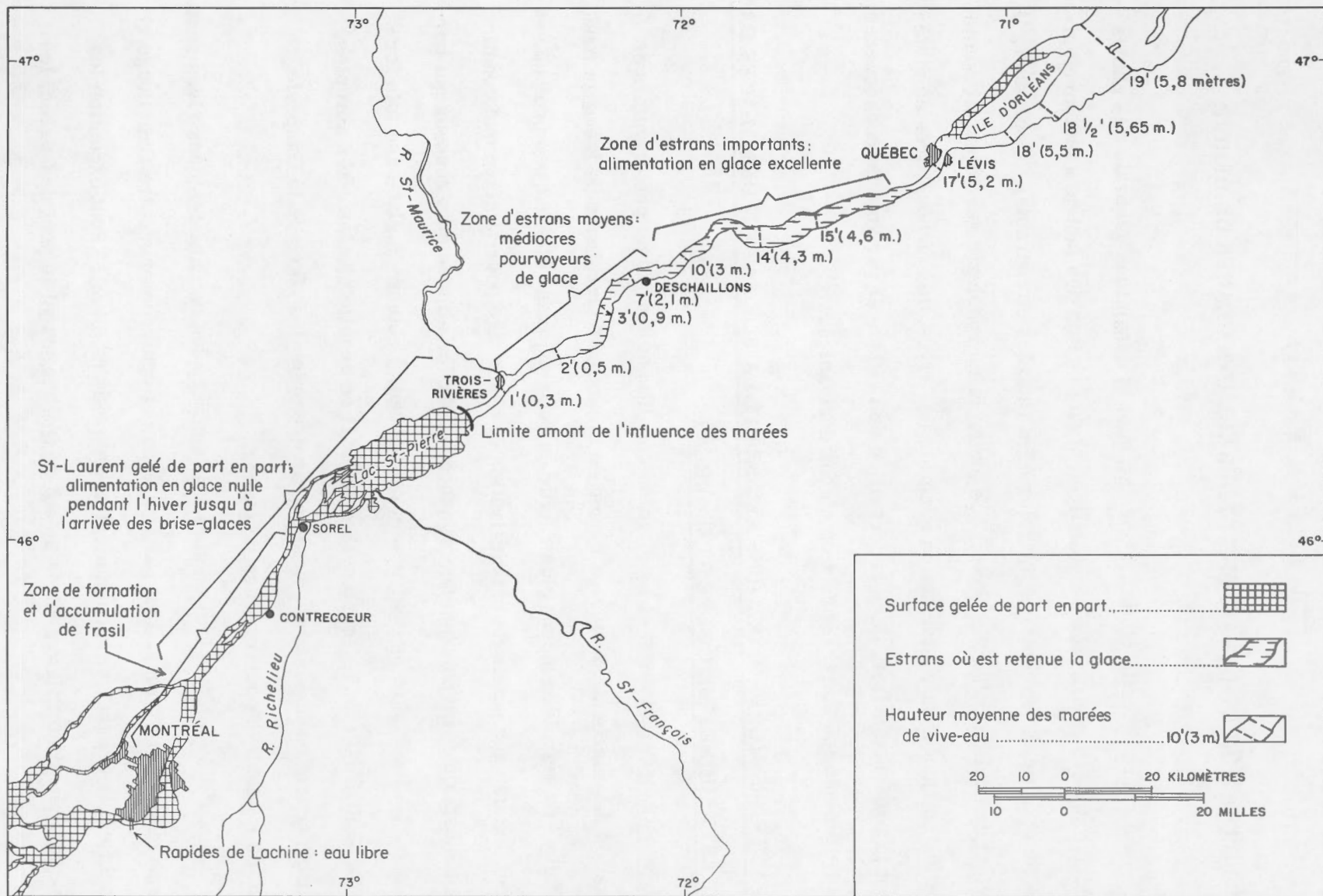
Au cours de cette étude, la formation et la dynamique générale des glaces de dérive ont été envisagées essentiellement en fonction des facteurs météorologiques (température et vents) et hydrologiques (marées et courants). Cependant, il convient de souligner le rôle capital que joue la morphologie des côtes, et notamment les estrans et la conformation générale des rives, les embouchures de rivières et la présence d'îles, dans la formation de la glace et, par voie de conséquence, dans l'alimentation du St-Laurent en glaces dérivantes.

I. FACTEURS MORPHOLOGIQUES RÉGISSANT LA FORMATION DES GLACES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE ST-LAURENT

a. Les estrans: Les rives et les estrans constituent des points préférentiels de formation des glaces de dérive en raison de la moindre turbulence de l'eau au fond des baies, du refroidissement plus rapide de celle-ci quand elle est peu profonde et surtout à cause des points de cristallisation et d'ancrage pour la glace que constituent les estrans. Ce phénomène est accentué par les alignements rocheux qui bordent la partie inférieure des estrans et contribuent à retenir la glace une fois formée (M. BROCHU, 1957) (cartes 13 et 14). Il en résulte que les côtes abruptes, à estrans courts ou inexistantes, comme par exemple les côtes de la Gaspésie, seront de médiocres pourvoyeuses de glaces.

Jusqu'à 50 mi. (90 km) en amont de Québec, les estrans des deux rives sont généralement assez larges, tout particulièrement ceux compris entre Cap-Rouge et Portneuf où ils dépassent fréquemment 2,000 pieds (0,6 km). Font exception les rives escarpées immédiatement en amont de Québec jusqu'au pont de Québec; les

Carte 13. Facteurs régissant l'alimentation en glace du St-Laurent en amont de Québec.



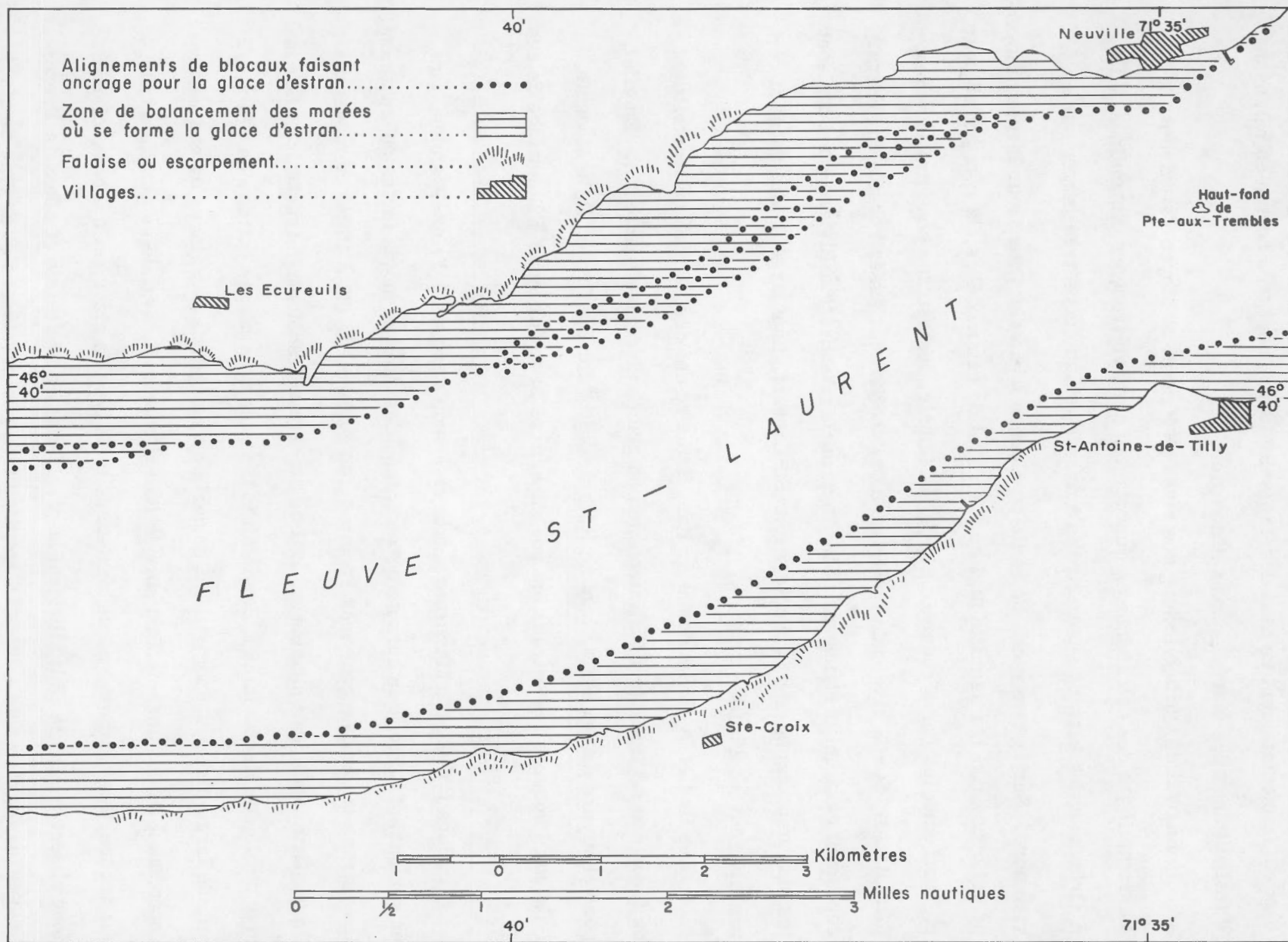
estran immédiatement en aval des Trois-Rivières sont très courts en raison de l'insignifiance des marées dans cette région.

En aval de Québec, le long des rives du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent, il y a des estrans assez importants, mais en tronçons discontinus; l'île d'Orléans a des estrans assez étroits sur sa rive sud, mais très larges sur sa rive nord. Sur la rive nord, de Sault-au-Cochon à cap aux Oies, leur largeur moyenne est d'environ 1/4 de mille (0,4 km); en aval de cap aux Oies, la côte est abrupte et, sauf dans les baies comme celle de la Malbaie, les estrans sont pratiquement inexistantes. Sur la rive sud, les estrans ont une largeur assez réduite en général; cependant ceux qui s'étendent de Ste-Anne-de-la-Pocatière à Rivière-du-Loup sont les plus importants de tout l'estuaire du St-Laurent, leur largeur atteignant et dépassant souvent 2 milles (3,2 km).

Les îles et les hauts-fonds du Haut Estuaire ont des estrans qui contribuent de façon non négligeable à l'alimentation en glaces de dérive (carte 15). En effet, pour plusieurs de celles-ci, comme l'île Reaux, l'île aux Grues, l'île Madame, l'île aux Phoques, les estrans ont une superficie au moins égale à la surface de ces îles (carte 15).

Dans l'Estuaire Maritime sur la rive sud, en aval de Trois-Pistoles, tant en raison de la côte plus abrupte qu'en raison des marées moins fortes qu'en amont, les estrans ont une largeur très réduite: 100 à 150 pieds (30 à 45 m) en moyenne; ils disparaissent pratiquement en aval de Ste-Anne-des-Monts (carte 16). Sur la rive nord, des Escoumains à Betsiamites il y a de très larges estrans de 1/4 à 1/2 mi. de large (0,4 à 0,8 km); il est possible qu'une partie des glaces de ces estrans contribue à l'encombrement du port de Baie-Comeau. En aval de ce point, la côte est accore, les estrans presque inexistantes et le type de glace relié à ceux-ci est donc absent. Dans le Golfe (littoral nord, détroit de Belle-Isle et côtes de Terre-Neuve) les marées sont faibles, les estrans très peu développés et ce type de glace

Carte 14. Carte-type des estrans entre Québec et Trois-Rivières.



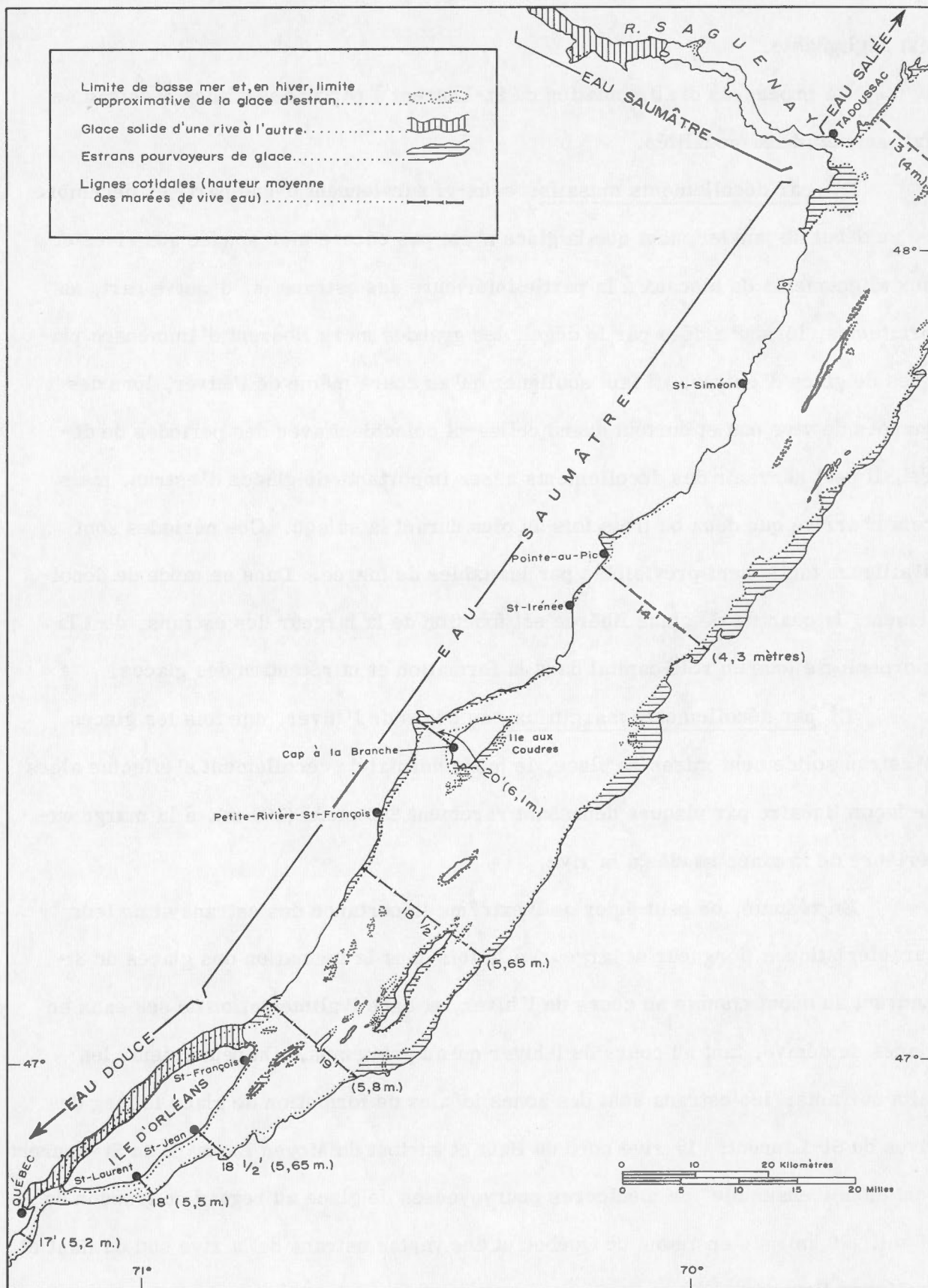
est négligeable.

Le processus d'alimentation du St-Laurent à partir des glaces d'estran se fait suivant deux modalités.

1^o par décollements massifs: ceux-ci surviennent d'une part, en décembre ou au début de janvier, tant que la glace n'est pas encore bien soudée aux rives et aux alignements de blocs à la partie inférieure des estrans et, d'autre part, au printemps, lorsqu'aidées par le dégel, les grandes mers libèrent d'immenses plaques de glace d'estran. Il faut souligner qu'au cours même de l'hiver, lors des marées de vive eau et surtout quand celles-ci coïncident avec des périodes de dégel, il peut survenir des décollements assez importants de glaces d'estran, mais cela n'arrive que deux ou trois fois au plus durant la saison. Ces périodes sont d'ailleurs facilement prévisibles par les tables de marée. Dans ce mode de décollement, la quantité de glace libérée est fonction de la largeur des estrans, dont la morphologie joue un rôle capital dans la formation et la rétention des glaces.

2^o par décollements marginaux: au cours de l'hiver, une fois les glaces d'estran solidement mises en place, le mode normal de décollement s'effectue alors de façon linéaire par plaques dépassant rarement 300 pieds (100 m), à la marge extérieure de la glace soudée à la rive.

En résumé, on peut juger de l'extrême importance des estrans et de leurs caractéristiques (longueur et largeur) à la fois dans la formation des glaces du St-Laurent au début comme au cours de l'hiver, et dans l'alimentation de ses eaux en glaces de dérive, tant au cours de l'hiver qu'au printemps. On peut retenir les faits suivants: les estrans sont des zones idéales de formation de glace le long des rives du St-Laurent; la rive nord du Haut et surtout du Moyen Estuaire du St-Laurent sont dans l'ensemble de médiocres pourvoyeuses de glace au regard du tronçon de 50 mi. (90 km) sis en amont de Québec et des vastes estrans de la rive sud du Haut et du Moyen Estuaire.



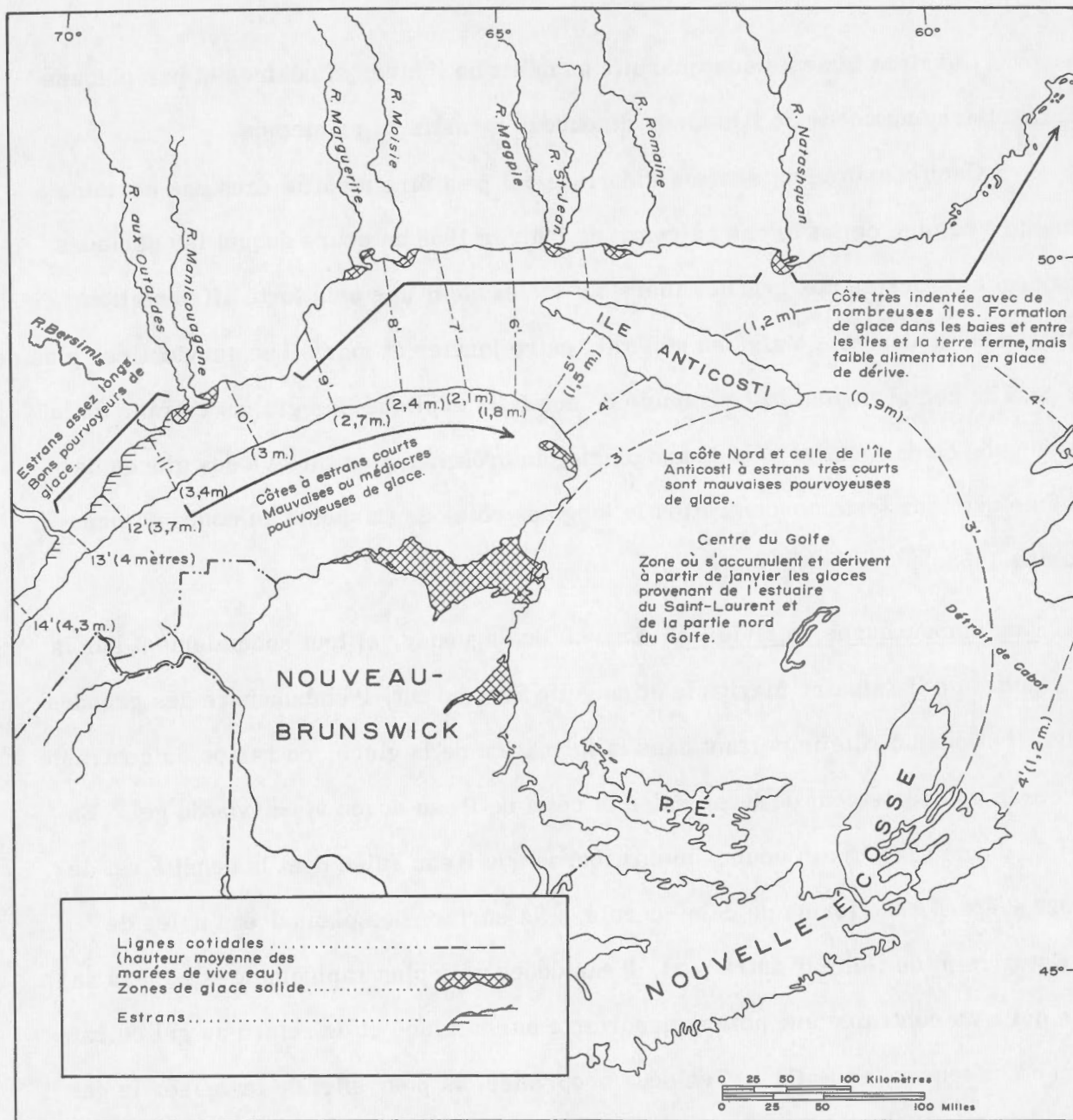
Carte 15. Facteurs régissant l'alimentation en glace du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent.

Les décollements sont massifs au début de l'hiver, linéaires et par plaques irrégulières au coeur de l'hiver et à nouveau massifs au printemps.

Ceci constitue un schéma théorique qui peut être modifié dans une certaine mesure comme ce fut le cas au cours de l'hiver 1958 au cours duquel les périodes de dégel associées aux grandes mers ont été cause d'une plus forte alimentation en glaces de dérive. Mais, en général, entre janvier et mars il ne survient pas plus de 2 ou 3 de ces périodes. L'ensemble de ces faits explique (les grands estrans de la rive sud, en particulier), en bonne partie, la présence plus tardive des glaces de même que leur forte concentration le long des côtes de Gaspésie au cours du printemps 1958.

b. Les embouchures de rivières: En aval du Saguenay, et tout spécialement sur la rive nord de l'Estuaire Maritime et du golfe St-Laurent, l'embouchure des grandes rivières joue un rôle important dans la formation de la glace, en raison du contraste entre le comportement de l'eau salée et celui de l'eau douce vis-à-vis du gel. En effet, d'une part, l'eau douce, moins lourde que l'eau salée dont la densité est de 1.027 s'épand sous forme de demi-cercle, à la surface des plans d'eau salée de l'Estuaire et du Golfe d'autre part, l'eau douce gèle plus rapidement que l'eau salée qui a au contraire une action dissolvante sur la glace et de retard au gel en raison de sa teneur en NaCl. Ces deux propriétés ont pour effet de favoriser le gel des embouchures de rivières sous forme de langues de glace flottante avançant de 1 à 5 milles (1,6 à 8 km) ou même plus, au large des côtes. Nous avons observé ce phénomène au large des rivières aux Outardes, Bersimis et Manicouagane au début de décembre 1957, lors d'une brusque chute de température qui a provoqué la formation d'une fine couche de glace à l'embouchure de ces rivières, et jusqu'à 3 ou 4 milles au large (4,8 à 6,4 km) l'eau salée au large n'étant pas affectée (carte 16).

En raison de leur avancée en mer, et n'étant retenues pratiquement à aucun



Carte 16. Facteurs régissant l'alimentation en glace de l'Estuaire Maritime du St-Laurent.

point d'appui, ces langues de glace à l'embouchure des rivières sont extrêmement fragiles et peuvent facilement être disloquées et emportées par une forte marée ou par une grosse houle surtout; en outre, les forts vents venant de terre détachent cette glace et l'emportent vers le large. Une fois dégagée, l'embouchure de la rivière peut évidemment geler à nouveau et le cycle gel et départ de la glace peut se répéter indéfiniment par temps froid; plus le processus se répétera, plus l'alimentation en glace de dérive sera abondante.

Il faut donc faire entrer en ligne de compte que, sur la Côte Nord, l'embouchure des grandes rivières précitées, de même que celles des rivières Pentecôte, Natashquan, Marguerite, Moisie, Romaine et St-Jean, peuvent contribuer à alimenter l'Estuaire en glaces dérivantes et à augmenter par là la concentration de celles-ci le long des côtes de la Gaspésie, puisqu'il semble avéré que le mouvement général des eaux (courant de Gaspé) les déportent vers la rive sud du St-Laurent. Par vents du NE, il n'est pas improbable que ces glaces d'embouchures contribuent à encombrer le port de Baie-Comeau et de Sept-Iles.

Comme toutefois les embouchures de rivières ne représentent que des surfaces limitées par rapport à la ligne générale de rivage, il est probable que les glaces libérées des embouchures ne présenteront pas en elles-mêmes d'obstacles majeurs à la navigation au large des côtes de ces régions, bien que la présence d'embouchures des rivières importantes comme à proximité de ports, tels Baie-Comeau et Natashquan, soit susceptible de causer des problèmes pour l'accès de ces ports.

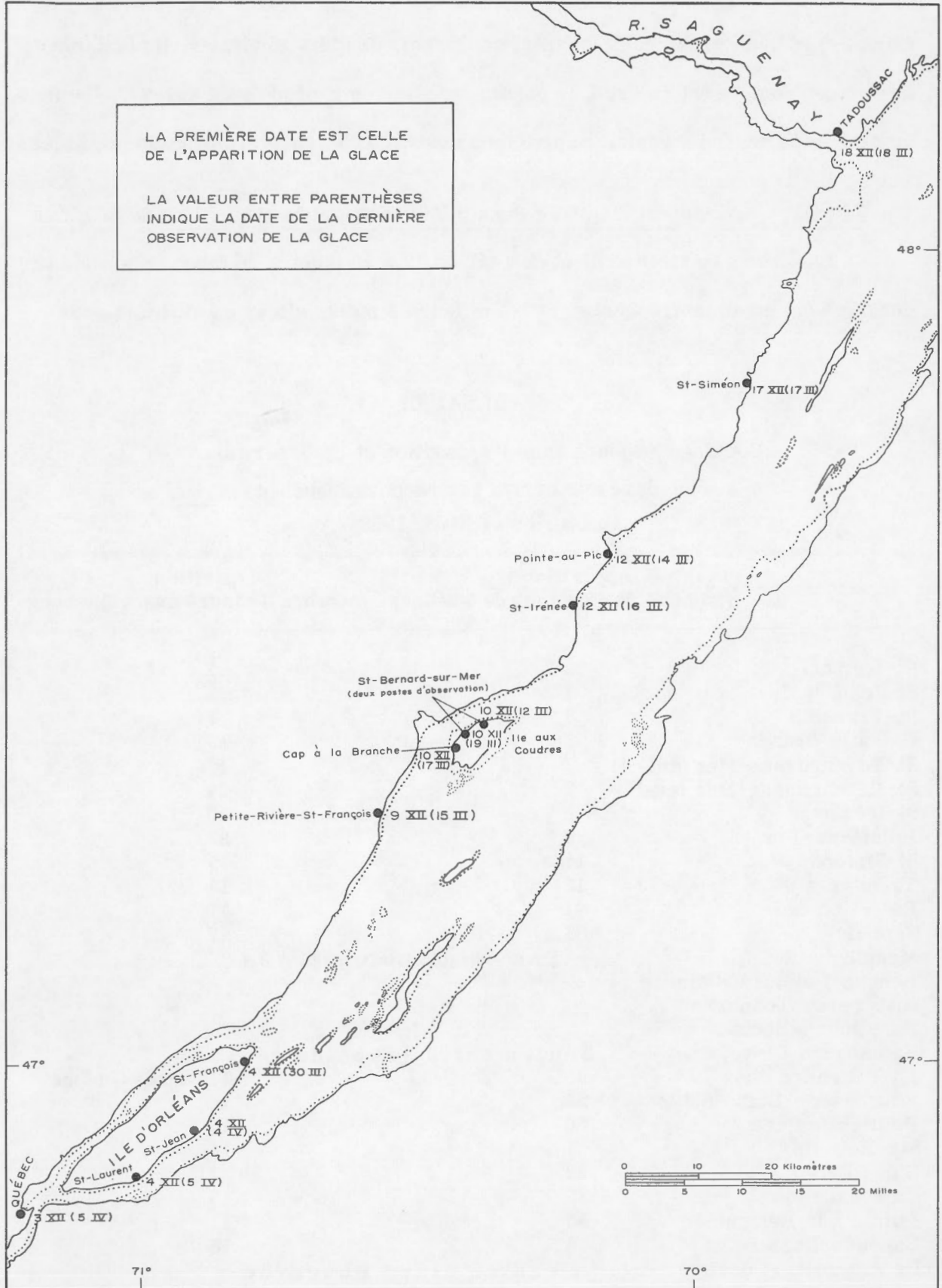
c. Les fles: Les fles, selon leur situation au large ou le long des côtes, et selon la longueur de leurs estrans peuvent jouer un rôle diamétralement opposé dans l'alimentation du St-Laurent en glaces. Si elles sont situées à bonne distance du littoral avec des estrans importants elles seront d'excellentes pourvoyeuses de glaces; si par contre, elles sont groupées le long des rives comme celles de la

Côte Nord, de Natashquan au détroit de Belle-Isle, elles contribuent plutôt à la formation d'une carapace de glace qui demeure soudée au littoral pendant tout l'hiver et elles ont, semble-t-il, un effet limitatif dans l'alimentation en glaces des eaux du St-Laurent, puisque la glace est retenue sur place comme c'est le cas pour le chenal nord de l'île d'Orléans et dans les régions de Hâvre St-Pierre, de Harrington ou de La Tabatière sur la Côte Nord. Cependant, la présence d'embouchures de rivières importantes à proximité de ports comme Baie-Comeau est susceptible de causer des problèmes pour l'accès de ces ports.

II. DYNAMIQUE GÉNÉRALE DES GLACES

A bien des égards, l'hiver 1957-1958 a été exceptionnel: en décembre, janvier et mars, les températures ont été de plusieurs degrés supérieures à la moyenne; le principal effet de ce phénomène a été de limiter de façon très sensible la formation et l'épaisseur de la glace. En outre, les vents de l'E et du NE ont eu une fréquence et une durée hors de l'habitude au regard des vents de l'W et du SW, généralement dominants en hiver. Cette tendance des vents a certainement modifié de façon considérable, par rapport à la normale, la concentration et sans doute la fragmentation des glaces. Parmi les résultats les plus notables de l'importance anormale des vents du NE, citons l'obstruction de l'embouchure du Saguenay durant 2 périodes de 5 jours et les concentrations de glace exceptionnellement élevées et prolongées dans le Haut Estuaire du St-Laurent.

Dans ce contexte ne représentant qu'une seule année et encore a-t-elle été en dehors de la normale, les résultats de cette étude statistique sur l'état de la glace ne peuvent être considérés comme étant l'expression rigoureusement exacte d'un hiver moyen. Néanmoins, les observations triquotidiennes poursuivies au cours de l'hiver 1958 laissent dégager à partir de certaines variables météorologiques (température et directions générales des vents), et de constantes physiques (Force de



Carte 17. Date du premier et du dernier jour d'observation de la glace dans le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent.

Coriolis) et hydrographiques (courant de Gaspé), des lois générales sur la dérive des glaces dont on est en droit de penser qu'elles se reproduiront assez fidèlement au cours des années à venir, compte tenu des variables météorologiques précitées.

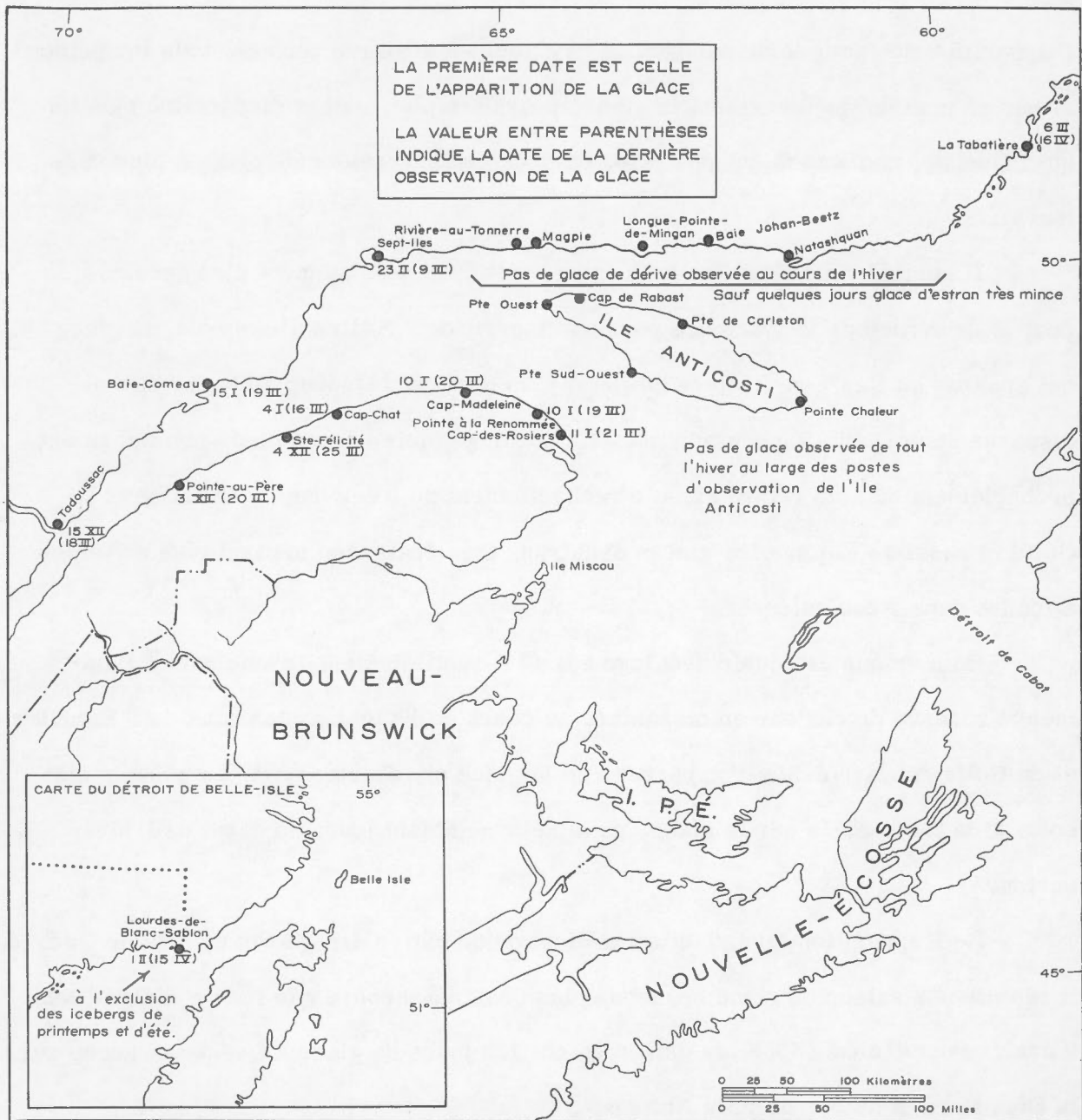
a. Décalage par rapport à Québec dans la formation et la disparition de la glace.

L'examen du tableau III et des cartes 17 à 20 montre de façon très nette le décalage qui existe entre Québec et les différents points situés en aval tant pour

TABLEAU III

Décalage en jours dans l'apparition et la disparition
des glaces de dérive par rapport à Québec
au cours de l'hiver 1958

	Apparition (nombre de jours après Québec)	Disparition (nombre de jours avant Québec)
St-Laurent	1	1
St-Jean	1	1
St-François	1	1
Cap à la Branche	7	19
St-Bernard-sur-Mer (amont)	7	17
St-Bernard-sur-Mer (aval)	7	24
St-Irénée	9	20
Pointe-au-Pic	9	22
St-Siméon	14	19
Tadoussac	15	16
Baie-Comeau	41	17
Sept-Iles	83	27
Magpie	Pas de glace observée	
Longue-Pointe-de-Mingan	" "	" "
Rivière-au-Tonnerre	" "	" "
Baie Johan-Beetz	" "	" "
Natashquan	Seulement 2 jours de glace	
La Tabatière	90	11 après Québec
Lourdes-de-Blanc-Sablon	56	10 " "
Pointe-au-Père	0	16
Ste-Félicité	1	11
Cap-Chat	29	21
Cap-Madeleine	35	16
Pointe à la Renommée	35	11
Cap-des-Rosiers	36	15
Ile Anticosti (4 postes)	Pas de glace observée	



Carte 18. Date du premier et du dernier jour d'observation de la glace dans l'Estuaire Maritime et la partie nord-est du golfe St-Laurent.

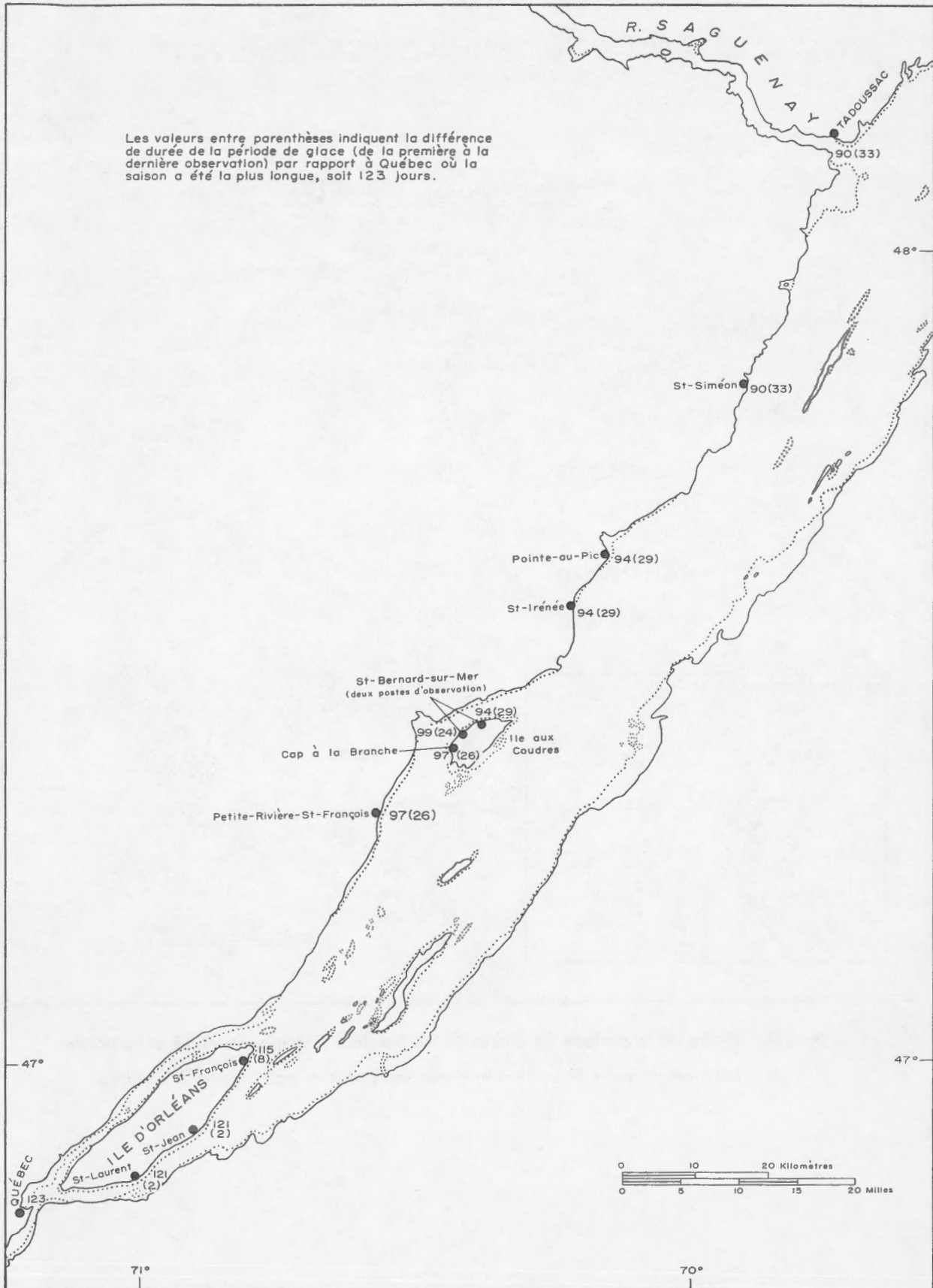
l'apparition que pour la disparition de la glace. En d'autres termes, tous les points situés en aval de Québec voient la glace apparaître plus tard et disparaître plus tôt qu'à Québec; et d'une façon générale, ce décalage s'accroît de plus en plus vers l'aval.

Il semble cependant que le décalage soit systématiquement plus accentué pour l'apparition de la glace que pour sa disparition. A titre d'exemple, la glace est apparue au Cap-des-Rosiers 36 jours plus tard qu'à Québec alors qu'elle est disparue seulement 15 jours plus tôt. Le décalage moins accentué du printemps est probablement dû à un retard dans le réchauffement de l'eau dans l'Estuaire et le Golfe et aussi au fait que les glaces d'estrans très épaisses mettent plus de temps à fondre dans l'eau salée.

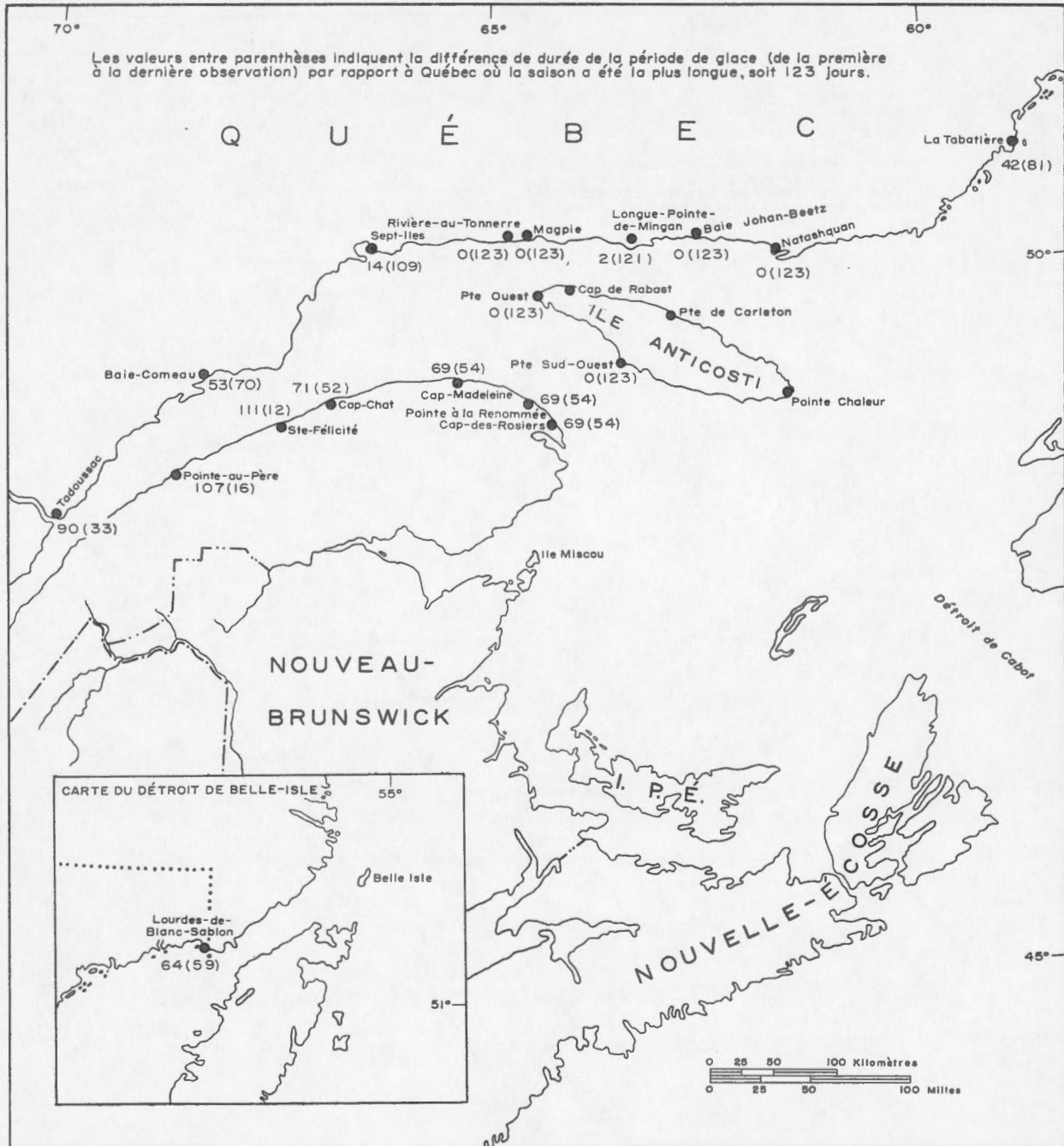
On a vu que ce double décalage est dû essentiellement, d'une part à l'immense réserve de chaleur emmagasinée au cours de l'été dans les eaux de l'Estuaire et du Golfe relativement à l'apparition de la glace et, d'autre part, au pouvoir dissolvant de l'eau salée sur la glace, ce facteur semblant jouer au début de l'hiver surtout.

De l'apparition tardive et de la disparition hâtive des glaces en aval de Québec, il résulte une saison de glace beaucoup plus courte à mesure que l'on s'éloigne vers l'aval. Pour l'année 1958 les extrêmes ont 123 jours de glace à Québec et aucun sur la Côte Nord et autour de l'île Anticosti.

Dès lors qu'il s'agit de la première année d'observation complète à partir de postes d'observation le long des côtes, l'on peut se demander s'il est permis d'attribuer à ces décalages, notés en 1958, une valeur de lois générales. Les données comparatives existant pour quelques points et quelques années antérieures autorisent une conclusion affirmative à cet égard.



Carte 19. Durée de la période de glaces de dérive dans le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent et durée comparative par rapport à Québec.



Carte 20. Durée de la période de glaces de dérive dans l'Estuaire Maritime et la partie nord-est du golfe St-Laurent et durée comparative par rapport à Québec.

TABLEAU IV

Dates comparatives d'apparition et de disparition de la glace
au cours des années

Année:	1952	1953	1954	1958
Québec	17 - XII 4 - IV	22 XII 4 - IV	19 XII 16 IV	3 XII 5 IV
St-Jean	17 - XII I - IV	*	*	5 XII 4 IV
Pte Ouest	4 - I 6 - III	12 - I 25 - I	9-II 22-III	Pas de glace
Pte Chaleur	18 février seulement	4 - I 13 - III	18 - I 26 III	Pas de glace
Cap-des-Rosiers	4 - I II - III	8 - I 25 - III	10 - II 26 III	11 - I 21 - III

Une astérisque (*) indique l'absence de données.

Les données pour 1952, 1953 et 1954 ont été publiées dans le rapport du Bureau de l'Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain intitulé: "La navigation d'hiver sur le St-Laurent, de l'Atlantique au port de Québec".

TABLEAU V

Tableau comparatif du nombre de jours de glace et décalage
par rapport à Québec (valeurs entre parenthèses)

Année:	1952	1953	1954	1958
Québec	103	108	118	123
St-Jean	100 (3)	-	-	121 (2)
Pte Ouest	13 (90)	1 (107)	41 (57)	0 (123)
Pte Chaleur	61 (42)	68 (40)	79 (39)	0 (123)
Cap-des-Rosiers	76 (27)	66 (42)	44 (74)	89 (54)

Les valeurs pour 1952, 1953 et 1954 ont été établies d'après des données publiées dans le rapport du Bureau de l'Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain intitulé: "La navigation d'hiver sur le St-Laurent, de l'Atlantique au port de Québec".

Les tableaux IV et V montrent que l'hiver 1958 a été extrêmement doux dans l'estuaire du St-Laurent par rapport à Québec, mais ils illustrent également qu'il y a toujours une différence très importante entre le nombre de jours de glace à Québec et l'île Anticosti et Cap-des-Rosiers.

On est donc fondé à croire que les décalages, dont il a été question plus haut, se reproduisent systématiquement tous les ans et qu'en conséquence la saison de glace est toujours plus courte dans le Golfe et l'Estuaire Maritime que dans le Haut et Moyen Estuaire.

b. Origine de la glace de dérive dans l'Estuaire Maritime et dans le golfe St-Laurent

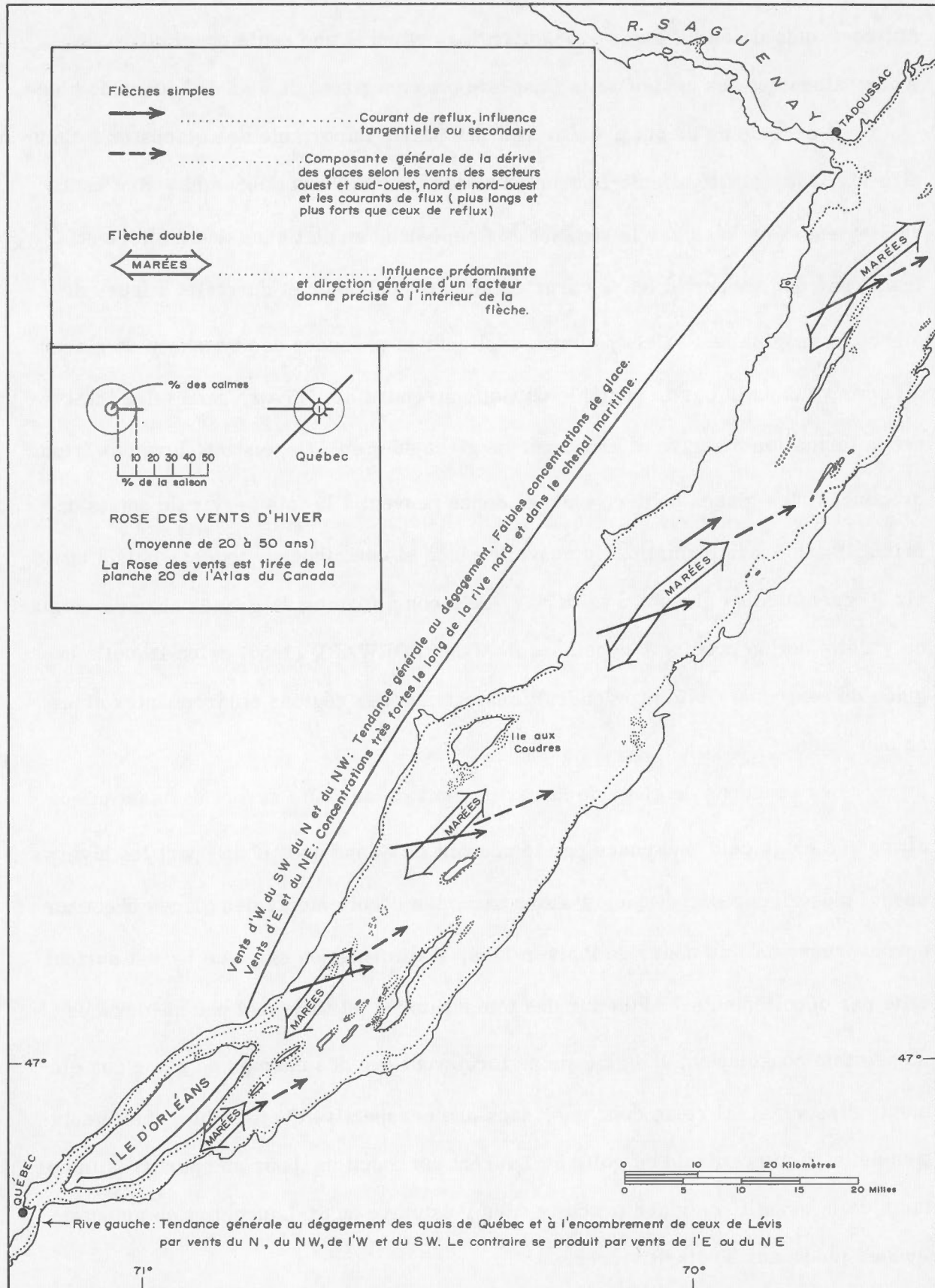
Il est permis d'inférer que la plus grande partie des glaces qui dérivent le long des côtes de Gaspésie n'a pas été formée dans l'Estuaire Maritime, ni dans la partie nord-est du Golfe puisque la Côte Nord n'a, au cours de l'hiver 1958, connu aucune formation régionale importante de glace d'estran, à l'exception de la baie de Sept-Iles et de celle de Baie-Comeau, non plus qu'à l'embouchures des rivières importantes et que, par ailleurs, les estrans de la Gaspésie sont trop réduits pour permettre d'importantes formations de glace. Ces glaces ne peuvent donc provenir que des parties amont de l'Estuaire et sont vraisemblablement constituées, pour une bonne part, de glace formée en eau douce et saumâtre. Une bonne partie des glaces de dérive provient des grands estrans situés entre Québec et Trois-Rivières ainsi que des importants estrans de la rive sud de l'estuaire du St-Laurent.

Au droit de la pointe des Monts, les glaces d'amont qui n'ont pas encore gagné la rive sud sont prises en charge par le courant de Gaspé qui, naissant au N de l'Estuaire et prenant le St-Laurent en écharpe, les emporte, vers le S, le long des côtes de Gaspésie. Ce courant canalise si bien les glaces, que même des vents d'E et du SE ne réussissent que difficilement à les faire dévier: preuve en est donnée par tous les postes de la Côte Nord, situés à l'W de Sept-Iles et par ceux de l'île

Anticosti qui, de tout l'hiver 1958, n'ont pas effectué une seule observation de glace, alors que les postes de la Gaspésie ont enregistré de 69 à 107 jours de glace.

Il découle de ce qui précède, qu'une partie importante des glaces de l'Estuaire Maritime et du golfe St-Laurent sont des glaces d'eau douce qui y sont continuellement déversées par le courant de Gaspé dans un état sans doute altéré et fractionné par rapport à leurs caractéristiques (épaisseur et dureté) et à leurs dimensions originelles. Cela pourrait expliquer la présence des bouchons de glaces à la dérive dans la partie centrale du Golfe au cours de l'hiver, sans faire intervenir la formation massive et spontanée de glace en mer. Cependant, lors des froids prononcés, les glaces de dérive d'eau douce peuvent à la fois servir de points de cristallisation à la formation de nouvelle glace et contribuer à souder, puis à épaissir l'ensemble des glaçons à la dérive, de façon à former de grands champs de glace. Cette notion précise l'hypothèse de C.N. FORWARD (1956) selon laquelle la glace du centre du Golfe proviendrait des estrans des régions environnantes sises en eau salée.

Les bouchons de glace de la partie centrale du Golfe seront d'autant mieux alimentés en glace d'eau douce par le courant de Gaspé que, d'une part les hivers seront plus rigoureux, et que, d'autre part, les décollements des glaces d'estran seront fréquents: au cours de l'hiver 1958, l'alimentation en glace s'est surtout faite par décollements. Mais par des températures s'abaissant peu au-dessous du point de congélation, les glaçons ne formeront que des champs de glace aux éléments dissociés. Il reste donc que, dans une perspective d'ensemble, l'alimentation de la partie centrale du golfe St-Laurent est fonction, pour une part très importante, de la quantité de glace produite dans l'estuaire du St-Laurent et en amont de Québec jusqu'aux Trois-Rivières.

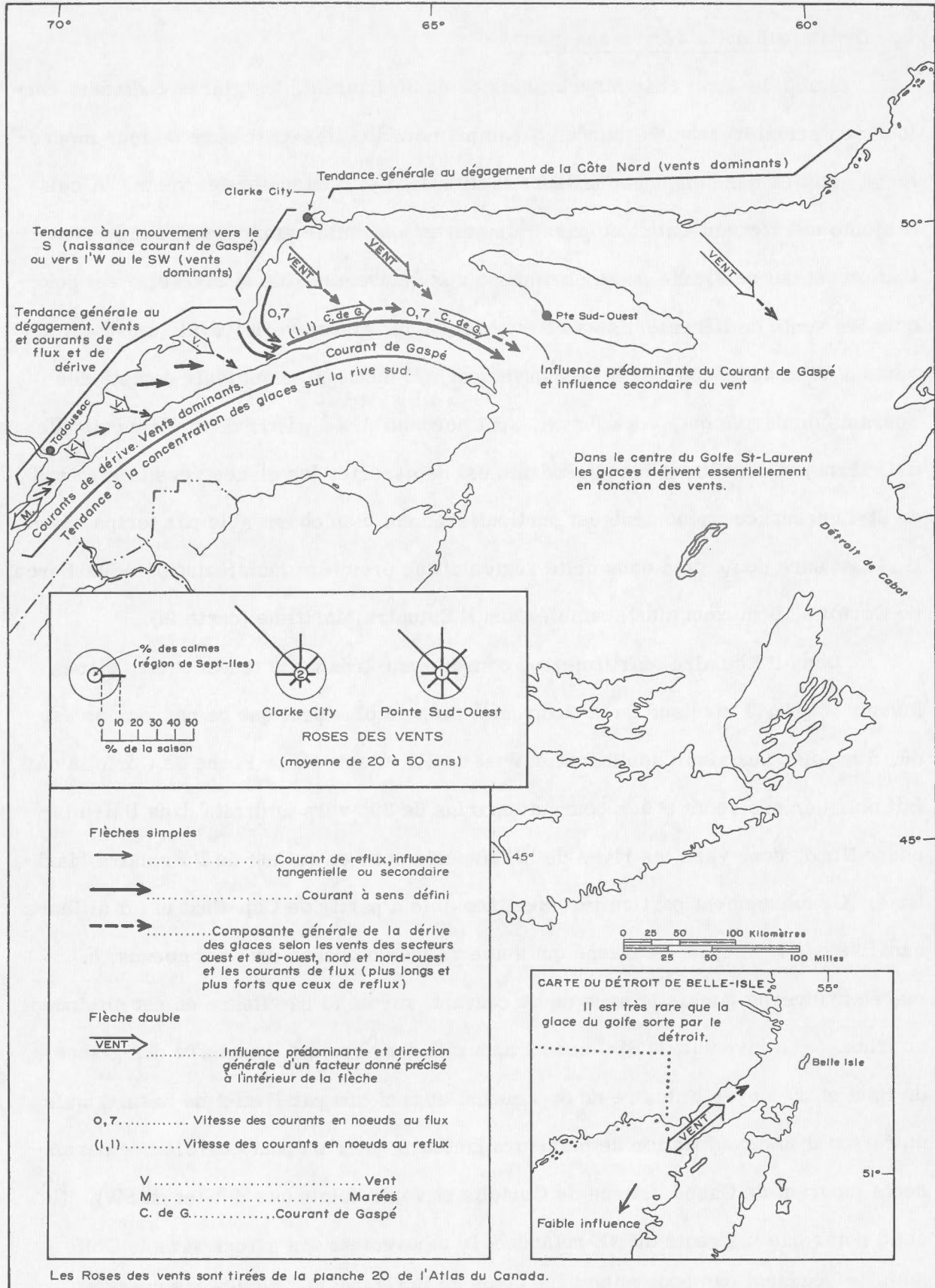


Carte 21. Dynamique générale des glaces dans le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent.

c. Dynamique de la dérive des glaces

Dans le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent, les glaces obéissent toujours en premier lieu aux marées qui impriment à celles-ci le sens de leur mouvement, quelles que soient, par ailleurs, la direction et l'intensité des vents. A cela s'ajoute un effet tangentiel ou parallèle du vent qui influe grandement sur la concentration, et qui contrarie ou se surimpose aux mouvements de la marée; c'est pourquoi les vents du NE ralentissent l'évacuation des glaces vers l'aval, alors que les vents d'W et du SW facilitent ce mouvement. Il faut également tenir compte des courants de dérive qui, vers l'aval, sont perceptibles à partir de St-François (île d'Orléans) et dont la tendance générale est de déporter les glaces vers la rive sud du St-Laurent; ce phénomène est particulièrement bien observable par temps calme. Il s'agit sans doute déjà dans cette région d'une première manifestation de la Force de Coriolis, beaucoup plus sensible dans l'Estuaire Maritime (carte 21).

Dans l'Estuaire Maritime, on constate une très nette tendance des glaces à venir longer la rive sud du St-Laurent. On a vu plus haut que ce phénomène est dû, à la fois, aux vents dominants d'W et du SW et aussi à la Force de Coriolis qui fait obliquer ces vents et les courants marins de 30° vers la droite dans l'Hémisphère Nord, donc vers les rives de la Gaspésie pour ce qui est de l'Estuaire Maritime. Ce mouvement particulièrement sensible à partir de Cap-Chat est d'ailleurs canalisé par le courant de Gaspé qui a une vitesse moyenne de 1 à 2 noeuds; la marée n'inverse jamais le sens de ce courant, même si sa vitesse en est diminuée au flux. La rive sud du St-Laurent apparaît donc comme l'exutoire des glaces du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent et ceci, non par l'effet du hasard, mais en raison d'une conjonction de plusieurs facteurs que l'on peut qualifier de permanents (courant de Gaspé, Force de Coriolis et vents dominants d'W et du SW). Il est à noter que les vents du NE retardent le mouvement des glaces vers le Golfe mais ne dégagent pas pour autant les côtes de la Gaspésie. Seules les rares et



Carte 22. Dynamique générale des glaces dans l'Estuaire Maritime et le golfe St-Laurent.

courtes périodes de vents du S et du SE réussissent à éloigner la glace des côtes.

En vertu des mêmes causes, mais qui jouent en raison inverse, il apparaît improbable que la Côte Nord du St-Laurent soit susceptible de connaître un phénomène permanent de dérive des glaces, le long du littoral, sinon par périodes intermittentes et au cours d'hivers particulièrement rigoureux. En d'autres termes, l'on peut prévoir qu'avec des vents d'W, du NW et du SW, cette côte a toutes les chances de rester dégagée une grande partie de l'hiver, au cours des années de température moyenne. L'île Anticosti forme d'ailleurs, pour la Côte Nord, un écran très efficace contre des mouvements de dérive de glace provenant du centre du Golfe ou des côtes de la Gaspésie (carte 22).

d. Alimentation du St-Laurent en glace de dérive, en fonction de la température

Les observations de l'hiver 1958 ont clairement démontré que les alternances répétées de périodes anormalement douces et de périodes plus froides ont favorisé l'alimentation du St-Laurent en glace de dérive beaucoup plus qu'un hiver continuellement très froid ou même moyennement froid.

En effet, la conséquence de ces remontées de températures en hiver est un décollement général ou partiel des glaces d'estran, d'où résulte un encombrement du chenal navigable. La situation est d'ailleurs aggravée du fait que ces "redoux" coïncident avec des vents d'E ou du NE forts et prolongés qui contribuent à retarder considérablement leur évacuation et à les comprimer dans le Haut Estuaire. Les brise-glaces, travaillant tout l'hiver entre Trois-Rivières et Montréal, contribuent certainement de façon notable, mais dans une mesure difficile à évaluer, à augmenter la concentration des glaces en aval.

III. OBSERVATIONS DU DÉTROIT DE BELLE-ISLE

Elles ont démontré un fait capital: la glace de mer (sans iceberg) y est apparue au début de février seulement.

Ce décalage de presque deux mois entre l'apparition d'assez fortes concentrations de glaces dans l'estuaire du St-Laurent et dans le détroit de Belle-Isle souligne tout l'intérêt qu'il y aurait à utiliser à plein rendement le détroit de Belle-Isle au moins durant le mois de janvier. La rareté à la fois des brouillards et des icebergs, en hiver, dans cette région donne une garantie supplémentaire en faveur de l'utilisation de ce passage qui constitue dans les actuelles perspectives de navigation d'hiver, à la fois l'entrée et la sortie de ce qu'on pourrait appeler le boulevard d'eau libre de la Côte Nord: ce serait d'ailleurs la route la plus directe pour l'exportation vers l'Europe des produits de la nouvelle aluminerie de Baie-Comeau et des papeteries de la Côte Nord et de la région de Québec.

QUATRIÈME PARTIE

ANALYSE DE LA LOCALISATION DES PORTS DE L' ESTUAIRE ET DU GOLFE ST-LAURENT EN FONCTION DE LA GLACE

Il ressort clairement de ce qui précède que l'accès en hiver des ports de l'estuaire du St-Laurent et de leurs environs immédiats est conditionné tant par la morphologie des côtes et des estrans que par la disposition de l'embouchure des rivières et des îles à proximité des différentes zones portuaires. Nous n'étudierons ici que les ports ayant un trafic d'été important et qui sont susceptibles d'être utilisés en hiver ou le sont même déjà.

I. LES PORTS DU HAUT ESTUAIRE

Québec et Lévis sur la rive sud sont à toutes fins pratiques les seuls ports du Haut Estuaire du St-Laurent. En ce qui concerne Québec, les faits suivants sont à retenir: les deux bassins du port sont gelés de part en part, de même que les quais au droit de l'embouchure de la rivière St-Charles. Au cours de l'hiver 1958, cependant, le bassin extérieur a été tenu ouvert par les brise-glaces pour permettre au D'Vora d'accoster librement (voir carte 23 et tableau VI). Cependant tous les quais parallèles au St-Laurent sont libres de glace solide grâce aux fortes marées bi-quotidiennes. L'accès aux quais eux-mêmes se trouve grandement facilité en raison des vents à prédominance de l'W et du SW qui, la plupart du temps, déportent les glaces vers Lévis, laissant, le long des quais de Québec, une bande d'eau libre ou à faible concentration de glace, équivalent au tiers ou à la moitié du St-Laurent: les manoeuvres d'accostage et de départ des bateaux s'en trouvent grandement facilitées. Les périodes où les quais de Québec sont encombrés de glaces correspondent, en général, à des jours de mauvais temps presque toujours associés à des vents du NE (7 à 9 jours par mois en moyenne), au cours desquels il est

TABLEAU VI

Accessibilité des ports du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent
en fonction de la glace

Port	Orientation ou situation	Facteurs favorables	Facteurs défavorables	Accessibilité
Québec	Quais orientés au S et au SE	Quais dégagés par vents N, W et SW	Concentration des glaces élevée par vent NE	Bonne, sauf par vent du NE
Lévis	Quais orientés au N	Quais dégagés par vents d' E et du NE	Concentration élevée par vent des secteurs N et W	Moins bonne qu' à Québec
Pointe-au-Pic	SE	Bonne orientation. Courant de dérive vers le large. Concentration généralement faible	Concentration des glaces élevée par vent NE	Excellente
Quai de Rivière-du-Loup	N, sur une pointe	Courants suffisamment forts pour déblayer les glaces au reflux.	Profondeur insuffisante du chenal d' accès au quai. Concentration généralement forte	Très mauvaise
Gros-Cacouna	Propice pour un quai, NW ou W	Concentration généralement faible	Concentration au large par vents SW et NW	Bonne
Tadoussac Pointe-Noire	Embouchure du Saguenay	Quai dégagé par les vents dominants du N et d' W. Eau profonde	Concentration très élevée par vent d' E et du NE. Accès délicat du large	Excellente (sauf quelques jours par hiver) par vent du NE surtout

préférable de toute façon de ne pas naviguer à cause de la visibilité réduite. En contrepartie, les quais de Lévis, d'ailleurs assez peu actifs en été, sont le plus souvent investis par les glaces en concentration de 9/10 à 10/10. Leur utilisation en hiver présente donc, de ce fait, un désavantage marqué par rapport à ceux de Québec.

Les quais de l'embouchure de la rivière St-Charles seraient parfaitement accessibles si la glace était cassée à intervalles réguliers.

II. LES PORTS DU MOYEN ESTUAIRE

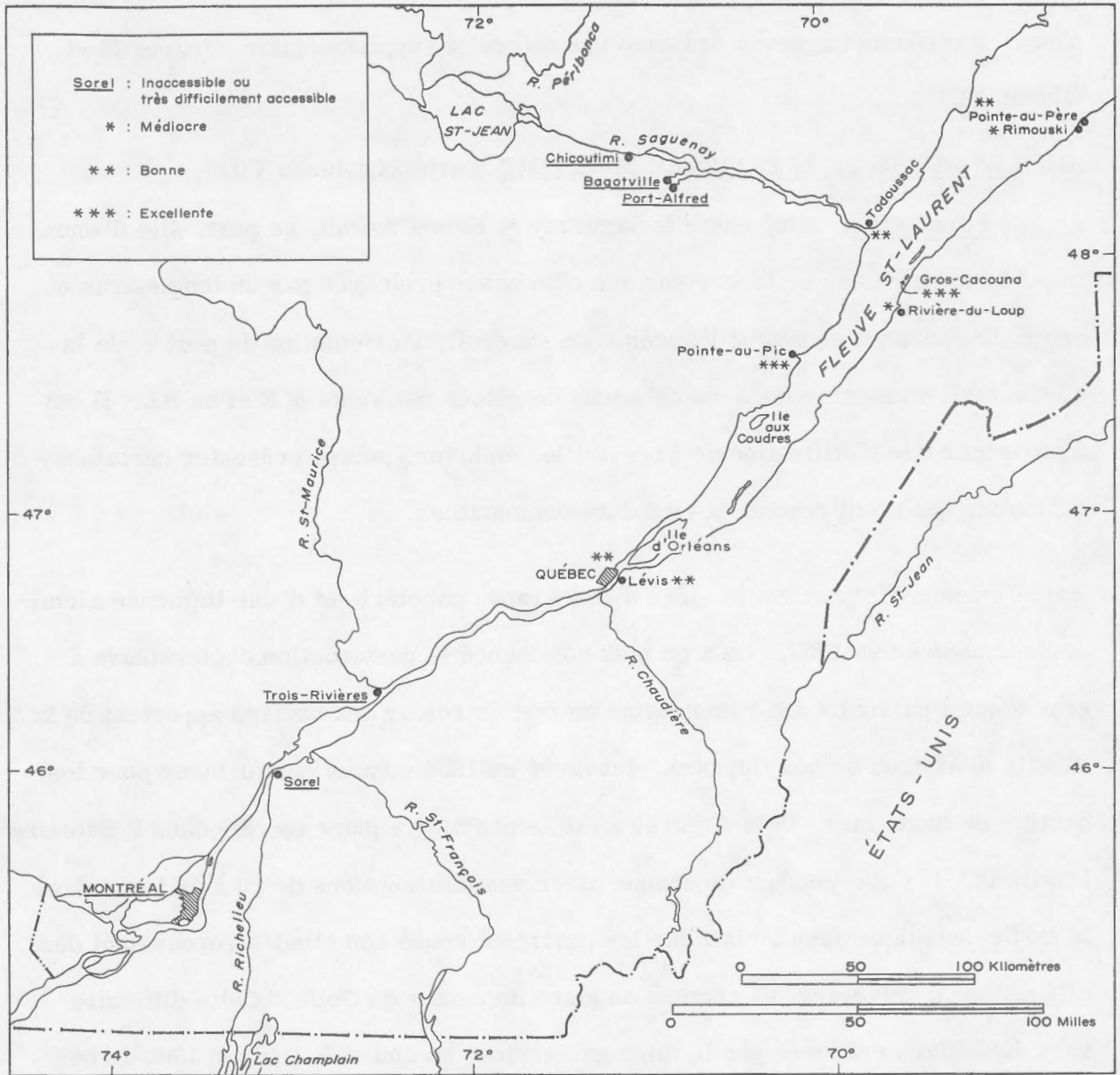
Pointe au Pic: seul port important du Moyen Estuaire, avec Rivière-du-Loup Pointe-au-Pic a été, jusqu' en 1957, le terminus d'hiver de la navigation fluviale sur le St-Laurent. Ce port est excellemment situé: son accès n'est entravé par aucune île, aucun haut-fond; ses environs immédiats, à cause de l'abrupt des rives, ne présentent qu'une largeur très réduite de glace d'estran. A quelque distance en aval de Pointe-au-Pic se trouvent l'embouchure et la baie de la rivière Malbaie qui sont complètement prises par la glace, mais ne présentent absolument aucun inconvénient pour l'accès au quai de Pointe-au-Pic même (carte 23 et tableau VI). Cette situation idéale en tous points, y compris l'avantage d'être localisé sur la rive nord, fait que Pointe-au-Pic est presque constamment accessible, sauf une dizaine de jours par hiver, pour les navires de moyen tonnage. Les quais qui en 1957 ne pouvaient accommoder plus d'un navire de haute mer à la fois ou plus de 4 caboteurs, seront prolongés en 1960.

Rivière-du-Loup: ce port est désavantagé par plusieurs facteurs négatifs, ses approches sont mauvaises, la profondeur insuffisante et en hiver il y a encombrement par les glaces de dérive et aussi par de larges bandes de glace d'estrans sur le pourtour de la baie.

Comme l' a suggéré M. Benoît ROBITAILLE, en 1956, dans une étude consacrée à l' établissement d' un port d' hiver dans cette région, le point le plus avantageux pour la construction d' un port d' été et d' hiver convenable serait la pointe sud-ouest de la presqu' île du Gros-Cacouna située à 10 milles (16 km) à l' E de Rivière-du-Loup; un flot sis au NE du Gros-Cacouna serait aussi excellent pour l' établissement d' un quai en eau profonde qui pourrait accommoder tant des navires de haute mer que des caboteurs. Cet flot comme la pointe sud-ouest de la presqu' île a une rive très accore, sans estran, et presque constamment libre de fortes concentrations de glace, en raison peut-être de la force des courants à cet endroit; comme l' a dit M. Benoît ROBITAILLE (1956), cela est sur la rive sud du St-Laurent un exceptionnel avantage.

Tadoussac - Baie Ste-Catherine: ce sont, à l' embouchure du Saguenay, les points d' attache du bateau-passeur Jacques-Cartier qui assure le service entre la région de Québec et celle de la Côte Nord. En raison, d' une part, des fortes marées et de la vitesse des courants, et de l' absence d' estrans, d' autre part, la glace ne prend jamais solidement entre les deux rives et, sauf par vents du NE, les glaces de dérive peuvent sans difficulté être traversées par le Jacques-Cartier. Du témoignage même du capitaine, l' hiver 1958 a été exceptionnellement mauvais, à cause des périodes prolongées de vents du NE qui ont provoqué de très fortes concentrations de glace à l' embouchure du Saguenay et retenu le bateau-passeur à quai pendant 2 périodes de 5 à 6 jours.

Dans une perspective d' utilisation du Saguenay en hiver, jusqu' aux ports de Chicoutimi, de Grande-Baie et de Port-Alfred, il convient de souligner que l' accès de l' embouchure du Saguenay à partir de l' estuaire du St-Laurent, et l' itinéraire inverse, devraient se faire en suivant le sens de la marée en raison des hauts-fonds qui rendent l' opération assez délicate. L' absence de bouées en hiver dans le



Carte 23. Accessibilité en fonction de la glace des ports du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent.

chenal d'accès au Saguenay présente une difficulté supplémentaire (carte 23 et tableau VII).

III. LES PORTS DE L'ESTUAIRE MARITIME (carte 24, tableau VII)

Forestville: situé entre le Saguenay et Baie-Comeau, ce port, site d'une importante pulperie, se trouve sur une côte basse prolongée par un long estran et des hauts-fonds qui en gênent l'accès. De surcroît, l'orientation du port et de la côte vers l'E favorise les accumulations de glaces par vents d'E et du NE. Il est à envisager que l'utilisation de Forestville, en hiver, puisse présenter certaines difficultés qui n'ont cependant rien d'insurmontables.

Baie-Comeau: Ce port est le siège d'une grande papeterie et d'une immense aluminerie inaugurée en 1957. On a de plus commencé la construction d'élévateurs à grains qui à partir de 1960 assureront un fret de retour aux navires apportant de la bauxite d'Afrique ou des Guyanes. Inauguré en 1955 comme port d'hiver pour les navires de haute mer, Baie-Comeau a été le premier à jouer ce rôle dans l'Estuaire Maritime. Il y a cependant eu chaque hiver des interruptions de 20 à 40 jours dans le trafic océanique dues au fait que les navires à coque non blindée éprouvaient des difficultés à traverser les champs de glace du centre du Golfe. Cette difficulté sera définitivement levée par la mise en service, au cours de l'hiver 1960, de bateaux blindés contre la glace.

Le port est situé dans une indentation de la Côte Nord du St-Laurent, il s'ouvre vers l'E, sans obstacle vers le large. Il y a cependant un premier inconvénient majeur constitué par la proximité de trois importantes rivières: la Manicouagane, immédiatement au S de Baie-Comeau, la rivière aux Outardes à 20 milles (32,2 km) à l'W et la Bersimis à 30 milles (48,3 km) à l'W. Baie-Comeau baigne donc littéralement dans l'eau douce et l'effet le plus immédiat de cette situation est la formation beaucoup plus rapide de la glace qu'il n'est de règle en eau salée. Il

s'ajoute un deuxième désavantage sérieux qui est l'exposition de la baie vers l'E, si bien que par vents d'E et du NE, celle-ci se trouve littéralement investie par les glaces.

Il reste que Baie-Comeau peut être accessible en hiver si l'on consent à faire face à certains délais inévitables lors des hivers froids (gel de la baie) et lorsque les vents du NE sont fréquents et soutenus, comme en 1958 (envahissement par les glaces de dérive). Baie-Comeau étant, semble-t-il, appelé à devenir un des plus importants ports de la Côte Nord du St-Laurent, il convient de ne rien ménager pour en faire un port d'hiver à plein rendement: c'est capital tant pour l'expédition des produits de la Côte Nord que pour l'importation des denrées et des marchandises dont cette région a besoin.

Port-Cartier: ce port est une création toute récente due à l'exploitation de la nouvelle région minière du lac Jeannine située à 220 milles (354 km) plus au Nord. Il doit devenir, vers 1960, et au même titre que Sept-Iles, un important point de déchargement du minerai de fer qui sera expédié de l'intérieur du Bouclier Laurentien, par un chemin de fer actuellement en construction. Ce port a l'avantage d'être orienté au SE sur une côte faiblement indentée, ce qui limite le danger de prise par les glaces; il y a par contre, l'inconvénient, probablement léger, de la proximité de l'embouchure d'une rivière (à débit assez moyen) qui risque cependant de favoriser la formation de glace autour des quais.

Clarke City et Sept-Iles: la baie de Sept-Iles abrite deux ports, a) Clarke City, sur la rive ouest, qui sert d'exutoire aux produits d'une grande pulperie située à 7 milles (11,3 km) de la côte et reliée au port par un tronçon de chemin de fer, b) Sept-Iles, sur la rive est de la baie est le port le plus important de la Côte Nord avec Baie-Comeau; ce port est en effet, le point de déchargement du minerai de fer provenant du Lac Knob par une voie ferrée inaugurée en 1954.

TABLEAU VII

Accessibilité des ports de l'Estuaire Maritime et du golfe St-Laurent (rive nord)

en fonction de la glace

Port	Orientation ou situation	Facteurs favorables	Facteurs défavorables	Accessibilité
Estuaire Maritime Baie-Comeau	Baie ouverte au S sans obstacle	Quais à l'abri des vents d'W et du N	Proximité de l'embouchure de plusieurs rivières favorisant le gel de la baie. En outre les vents du NE remplissent celle-ci de glace	Bonne sauf par vents d'E et du NE et par temps très froids
Port-Cartier	E sans obstacle vers le large	Port ouvert sur la haute mer. Vents dominants des secteurs N et W éloignant la glace des côtes	Risque de concentration de glace par vents d'E et du NE	Excellente, sauf par vent d'E
Sept-Iles	Baie ouverte au S; l'entrée est encombrée par sept îles	Port dégagé par vents des secteurs N et W. Absence de cours d'eau important se jetant dans la baie	Risque d'envahissement de la baie par la glace par vents de l'E et du NE. Risque de gel solide de la baie par temps froid	Bonne, sauf par vents d'E et NE et sauf par temps très froid
Hâvre St-Pierre	Orientation au S. Plusieurs îles devant le port		La présence d'îles favorise la fixation d'une carapace de glace d'une largeur de 4 ou 5 milles devant le port	Port inutilisé en hiver. Accès très difficile

Baie Johan-Beetz	Baie orientée vers le S	Vents dominant du N et du NW pouvant pousser la glace vers le large	Chenal d'accès extrêmement délicat entouré d'écueils et de hauts-fonds; balisage par bouée impossible en hiver	Port inutilisé en hiver. Inutilisable dans les conditions actuelles
Natashquan	Baie orientée vers l' W	A l'abri des vents d' E	Présence de nombreuses fles,écueils et hauts-fonds. Prise rapide de la glace sur une largeur de 4 à 5 mi. en raison de la proximité de la rivière Natashquan	Port inutilisé en hiver. Accès très difficile
La Tabatière et Harrington	Orientés au S. Ports situés dans des baies parsemées d' fles et de hauts-fonds		La présence de très nombreuses fles favorise la fixation d' une large carapace de glace pendant la plus grande partie de l' hiver	Ports inutilisés en hiver. Accès extrêmement difficile
Blanc-Sablon	Orientation au S	Accès sans obstacle vers le large	Dérive d' épais-ses glaces arctiques à partir de février; concentration généralement forte	Port inutilisé. Accès pratiquement impossible de février à la fin d' avril

La baie de Sept-Iles présente d' incomparables avantages: tout d' abord, aucun cours d' eau important ne s' y jette, ce qui éloigne le danger des gels prématurés dus à l' apport d' eau douce; cet avantage s' est traduit au cours de l' hiver 1958, par le fait que Sept-Iles n' a eu en janvier aucun jour de glace et 6 jours en février comparativement à 10 et 11 jours pour les mêmes mois à Baie-Comeau; en outre, l' entrée de la baie est protégée de l' invasion des glaces de dérive par un groupe de sept îles et son orientation vers le S rend plus difficile la pénétration massive des glaces. Cependant, par grand froid, la baie de Sept-Iles est exposée à geler de part en part.

Hâvre Saint-Pierre: c' est le port d' expédition du minerai de fer titané provenant du lac Allard auquel il est relié par un chemin de fer d' une longueur de 25 milles (40, 2 km); ce port a un emplacement détestable derrière une série d' îles et de hauts-fonds, et non loin de l' embouchure de la rivière Romaine. Ces deux facteurs se conjugent pour favoriser le gel rapide de l' eau et, la glace une fois prise, est maintenue en place tout l' hiver par la présence des îles. On n' a encore jamais utilisé Hâvre St-Pierre en hiver, ni même songé à le faire tellement les obstacles signalés sont importants. Au total, l' utilisation de Hâvre St-Pierre, en hiver, présente des aléas susceptibles de contrarier notablement le mouvement des navires, mais ces inconvénients peuvent être annulés par l' emploi de certaines techniques.

Baie Johan-Beetz: il s' agit d' un port minier servant à l' expédition du feldspath d' une toute nouvelle exploitation minière, sise sur le littoral même. A cause d' un chenal très étroit passant entre de dangereux écueils, l' accès de ce port, déjà difficile en temps normal, est à déconseiller en hiver ne serait-ce qu' à cause du danger de déplacement des bouées de balisage par les glaces de dérive.

Natashquan: il est projet que Natashquan devienne sous peu le centre de l'exploitation des sables ferrifères de la région. Le port est orienté à l'W, ce qui est excellent, mais son accès se trouve gêné par une série d'écueils à fleur d'eau et d'flots bas qui ne peuvent que favoriser la formation d'une carapace de glace de faible amplitude d'ailleurs, et par celui des vents en raison du bouclier et des points d'ancrage que constituent les îles. La glace est, de surcroît, susceptible de se former beaucoup plus tôt et de devenir plus épaisse à cause de la proximité de l'embouchure de la rivière Natashquan.

Rivière-au-Tonnerre: qu'il nous soit permis de souligner ici un point de la Côte Nord qui n'est encore qu'un petit port de pêche, mais dont le site tout à fait remarquable le désigne pour en faire un port beaucoup plus important. Il s'agit de Rivière-au-Tonnerre, orienté idéalement plein S et sis sur une côte rectiligne tombant brusquement à la mer sans îles, sans haut-fonds et de surcroît, sans apport d'eau douce important dans la région.

Blanc-Sablon: à l'E de Natashquan, le littoral devient si profondément indenté, ses approches sont à ce point parsemés d'îles, d'écueils et de hauts-fonds jusqu'à l'entrée du détroit de Belle-Isle, qu'il n'y a que le port de Blanc-Sablon où l'on pourrait envisager d'accéder en hiver. Son accès est relativement facile, en été, c'est-à-dire sans obstacle au large sauf une grosse île; il présente en outre l'avantage d'être orienté au S, mais nous ne croyons pas que son utilisation en hiver soit rentable avant qu'une exploitation minière ou industrielle ne viennent rendre la chose plus urgente. Par ailleurs, la dynamique des glaces, qui sont dans cette région presque exclusivement d'origine arctique, est encore trop mal connue pour que l'on puisse préciser davantage à cet égard. On peut cependant prévoir qu'en février, mars et avril, ce point serait très difficilement accessible.

IV. LES PORTS DU LITTORAL GASPÉSIEN: (carte 24, tableau VIII)

La plupart des ports de Gaspésie: Pointe-au-Père, Matane, Ste-Anne-des-Monts et Mont-Louis ont un accès facile, sans îles et sans hauts-fonds. L'accès de Rimouski est cependant plus délicat en raison de la présence d'une île et de profondeurs réduites le long de la côte bien que l'absence de rivières, de baies ou d'estuaires importants élimine le danger de la formation d'une large bande de glace soudée au rivage. Il faut toutefois prévoir la présence, presque continuelle le long de la côte, d'une bande de glaces dérivantes d'une largeur de plusieurs milles marins, provenant du Haut et du Moyen Estuaire du St-Laurent. L'utilisation des ports précités, y compris Rimouski, présentera, de ce fait, des difficultés qui, pour n'être pas insurmontables, pourront néanmoins se traduire par des risques de retard considérable.

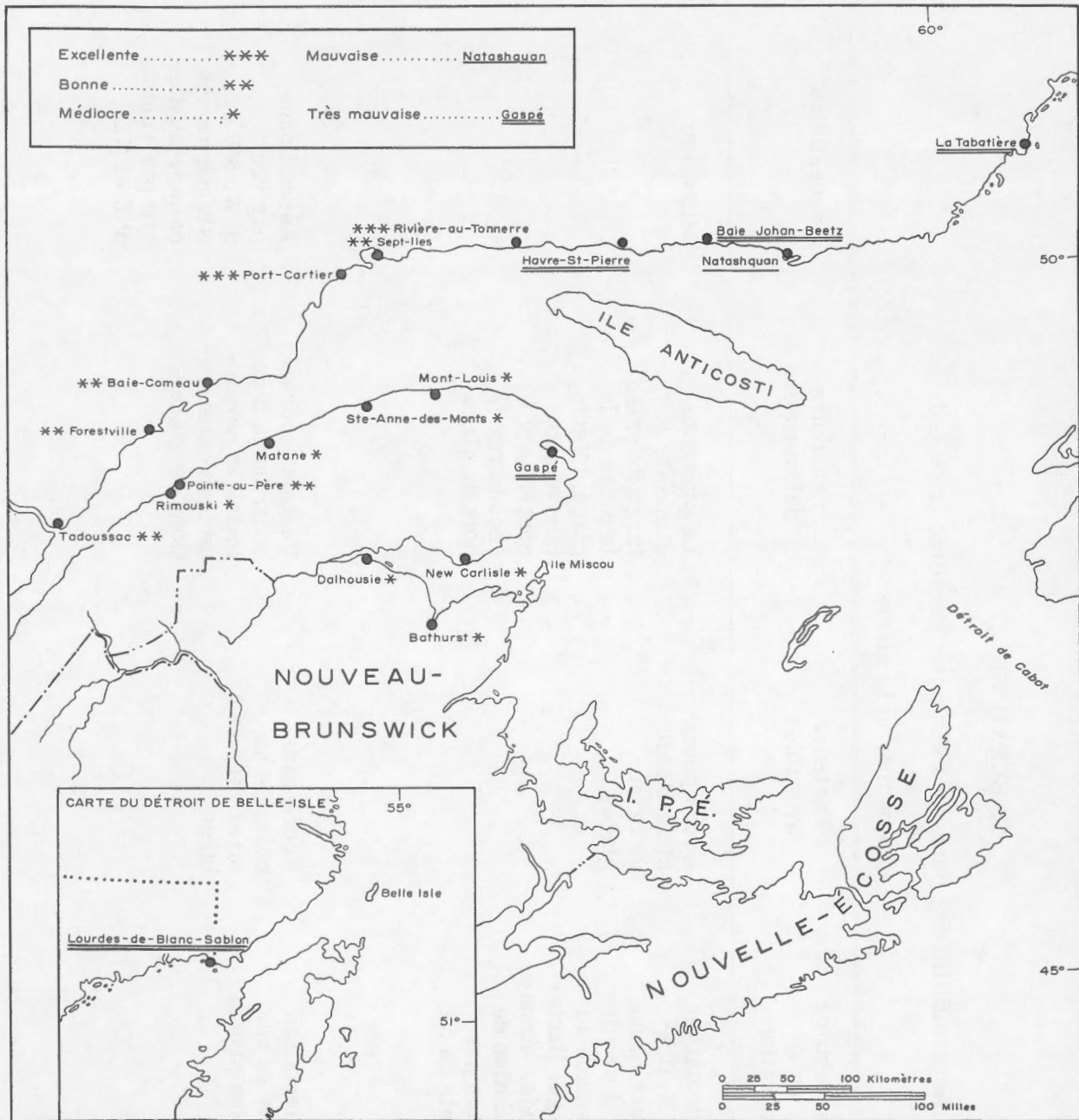
Cependant le prodigieux développement de la Côte Nord rend impérieux le maintien de relations économiques régulières entre la rive nord et la rive sud de l'Estuaire Maritime du St-Laurent.

Pointe-au-Père a récemment été choisi pour servir de tête de pont aux liaisons d'hiver avec la Côte Nord du St-Laurent. Ce port est situé à 7 milles (11,2 km) de Rimouski; son emplacement est beaucoup plus avantageux que ce dernier point en raison d'un accès absolument libre vers le large. Un nouveau quai destiné spécialement au service d'hiver a été inauguré au cours de l'hiver 1960.

V. AMÉLIORATION POSSIBLE À LA NAVIGATION D'HIVER DANS LES PORTS

Nous n'avons pas indiqué dans les paragraphes qui précèdent les améliorations à apporter pour chacun des ports étudiés; cependant, comme principe général, on peut retenir que la méthode des bulles d'air est le procédé le plus susceptible de faciliter la navigation d'hiver dans les environs immédiats des ports.

L'on sait que cette méthode, employée pour la première fois en Suède, vers 1950, dans les eaux du lac Mälaren consiste à provoquer la remontée, vers la surface, des couches d'eau plus tiède maintenues pour des raisons de densité au fond



Carte 24. Accessibilité en fonction de la glace des ports de l'Estuaire Maritime et de la partie nord-est du golfe St-Laurent.

TABLEAU VIII

Accessibilité des ports de l' Estuaire Maritime (rive sud)

en fonction de la glace

Port	Orientation ou situation	Facteurs favorables	Facteurs défavorables	Accessibilité
Rimouski	Orientation au N; présence d'une île à peu de distance au large. Hauts-fonds. Accumulation de glace par vents du NE	Accès possible à l'aide de brise-glaces	La présence d'une île au large favorise la prise de la glace. Vents et courants contribuent à encombrer le port de glace	Mauvaise
Pte-au-Père	Orientation au N en eau assez profonde	Accès sans obstacle naturel vers le large	Vents et courants contribuent à de fortes et persistantes concentrations de glace	Assez bonne par vents d' W, SW et NW par temps calme. Médiocre par vents d' E et NE.
Matane				
Ste-Anne-des-Mont				
Mont-Louis				

d' une rivière, d' un lac ou d' une baie. Ces remontées d' eau tiède ont pour effet de faire fondre la glace déjà formée ou d' empêcher celle-ci de prendre. On utilise un tuyau perforé qui repose sur le fond d' un lac ou d' un cours d' eau et l' on y introduit de l' air comprimé. Les bulles d' air s' échappent d' orifices de quelques mm de diamètre entraînant avec elles l' eau plus chaude du fond qui provoque la fonte de la glace recouvrant le plan d' eau.

Cette méthode n' est pas inconnue au Canada, et elle est employée avec succès en plusieurs endroits: la compagnie d' électricité de Winnipeg a utilisé les bulles d' air pour empêcher la formation de la glace près du barrage de la Chute-aux-Esclaves situé à 100 milles (160 km) au N de cette ville; le service de bateaux-passeurs de Prescott-Ogdensburg sur le Haut St-Laurent a réussi depuis 1956 à tenir un chenal libre de glaces entre ces deux villes, de même que les quais où accostent ses bateaux; enfin le ministère des Travaux Publics du Nouveau-Brunswick utilise un tuyau plastique de deux pouces (5 cm) de diamètre au fond de la rivière Kennebecasis entre Reeds Point et Gondole Point, permettant ainsi à un bateau-passeur de circuler dans un chenal d' eau libre entre ces deux points au cours de l' hiver. *

Si la méthode des bulles d' air est susceptible de rendre des services signalés, c' est dans certaines conditions bien définies. Elle ne peut agir, en effet, que sur les plans d' eau où la couche de glace forme une carapace continue.

En pratique, pour l' ensemble du St-Laurent, cette méthode pourra s' avérer utile dans les ports sis dans des baies qui gèlent de part en part, dans les ports sis derrière des îles favorisant la prise de la glace entre celles-ci et la terre fer-

*L' essentiel du texte qui précède est tiré de l' appendice III (p. 89 et 90) intitulé: "Méthode des bulles d' air" et préparé par l' auteur dans le rapport "La navigation d' hiver sur le St-Laurent, de l' Atlantique au port de Québec!"

me et, d'une façon générale, près des quais ou la glace prend régulièrement en hiver.

En conséquence, il n'apparaît pas souhaitable de devoir employer de façon satisfaisante la méthode des bulles d'air dans les zones où la glace dérive continuellement, pour la raison que les remontées d'eau tiède ne peuvent avoir l'effet désiré sur des glaces qui sont constamment renouvelées par le mouvement des courants et des marées.

Il sera peut-être opportun d'étudier si l'accès de certains ports sis derrière une série d'îles ou dans des baies n'aurait pas avantage à être facilité plutôt par la méthode des bulles d'air que par l'intervention des brise-glaces. En effet, la méthode des bulles d'air peut éliminer la glace dans un chenal dont on peut déterminer la largeur à un ou deux mètres près. Par contre, le brise-glaces peut casser la glace sans pouvoir la faire disparaître à moins que les vents ne soient favorables, mais l'inconvénient est que celle-ci se reforme aussitôt, si le froid persiste et tout est à recommencer. En résumé le grand avantage de la méthode des bulles d'air réside essentiellement dans le fait d'être un système de dégagement permanent.

CONCLUSIONS

Les statistiques météorologiques témoignent que l'hiver 1958 a été exceptionnellement doux, mais contrairement à ce que l'on pourrait être tenté d'en déduire, cela n'a pas été synonyme de conditions de glace automatiquement excellentes dans l'ensemble du golfe et de l'estuaire du St-Laurent.

En effet, les conditions de la glace ont présenté deux situations diamétralement opposées dans le Haut et le Moyen Estuaire au regard de l'Estuaire Maritime et du Golfe. Dans la première partie, des vents prédominants du Nord-Est anormalement prolongés ont contribué à y maintenir de très fortes concentrations de gla-

ce, alors que les remontées de température ont favorisé, pour leur part, d'importants décollements de glace d'estrans.

En aval du Saguenay la situation contraire s'est produite: la température n'a pas été assez élevée dans l'ensemble pour favoriser la formation massive de glace le long des côtes. Le vent nord-est a de son côté notablement restreint la dérive des glaces d'amont dans l'Estuaire Maritime.

Cependant, cet hiver très doux a permis des constatations qui n'auraient pas été possibles autrement:

1^o l'alimentation en glaces du courant de Gaspé a essentiellement pour origine le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent (la formation de glace ayant été nulle sur la Côte Nord) et il semble de ce fait probable, qu'au cours des hivers normaux, la Côte Nord n'alimente le courant de Gaspé que pour une part seulement. En conséquence, l'on est fondé à croire qu'une bonne partie des glaces qui dérivent dans le centre du golfe St-Laurent proviennent du Haut et du Moyen Estuaire.

2^o il faut un refroidissement beaucoup plus intense que les 29°F (-1°C) théoriques pour favoriser la formation importante de glace en eau salée.

3^o du point de vue navigabilité, l'hiver 1958, exceptionnellement mauvais en amont du Saguenay, a servi de test excellent pour démontrer que la navigation dans le Moyen et surtout le Haut Estuaire du St-Laurent était non seulement parfaitement possible mais réalisable sans retard important. En effet, le D'Vora qui a fait la navette tout l'hiver entre Québec et la Côte Nord a subi entre l'île aux Coudres et cette ville, une moyenne de retard équivalant à 20 ou 30 % du temps normal, pour ce trajet, soit 1 à 2 heures, alors que les barèmes de retards maximums moyens que nous avons établis (BROCHU 1958) s'élevaient jusqu'à 4 et même 5 jours. Nous avons cependant délibérément écarté l'aide des brise-glaces dans cette première estimation. Il est à noter que l'aide des brise-glaces a pratiquement éliminé les retards entre Québec et l'île aux Coudres.

Au cours des hivers normaux dominés par des systèmes de hautes pressions, il semble bien que, dans l'Estuaire Maritime et le Golfe, la navigation sera facilitée de façon appréciable par l'existence d'une bande d'eau libre le long de la Côte Nord, de même qu'au S et au N de l'île Anticosti. Par contre, en raison des vents dominants du N et de l'W, les eaux longeant le littoral de la Gaspésie paraissent canaliser systématiquement une bonne partie des glaces du Haut et du Moyen Estuaire. L'indice de navigabilité sera en conséquence beaucoup moins favorable le long de ces côtes.

Relativement aux itinéraires d'hiver à suivre, les routes suivantes paraissent offrir les meilleures chances de navigabilité: l'ensemble de la rive nord du Golfe et de l'Estuaire du St-Laurent; les rives nord surtout et sud de l'île Anticosti. Il ressort très clairement que, dans leur ensemble, les côtes de Gaspésie soient à éviter, sauf en cas d'absolue nécessité. Cela ne veut pas dire qu'elles soient tout à fait inaccessibles, mais les risques de retards sont sans commune mesure avec les gains de distance ou de vitesse que l'on pourrait escompter en les longeant.

Il semble, d'après les observations de l'hiver 1958, valant d'ailleurs pour les années antérieures, que le détroit de Belle-Isle pourrait être praticable, en toute sécurité, au moins jusqu'au début de février et que les navires à destination et en provenance de l'Europe auraient tout avantage à utiliser cet itinéraire au cours des premiers mois de l'hiver, d'autant que le détroit de Belle-Isle est le prolongement normal du boulevard d'eau libre de la Côte Nord.

Le véritable problème de la navigation d'hiver dans le golfe St-Laurent est essentiellement constitué par la dérive de bouchons de glace très mobiles qui se déplacent au gré des vents dans sa partie centrale, c'est-à-dire entre les côtes de Terre-Neuve et les provinces Maritimes; ce coefficient d'imprévu risque d'entraîner certains retards particulièrement au cours des hivers froids. Pour ces régions, l'indice de navigabilité sera fonction de la position favorable ou non des bouchons de

glace dans le golfe St-Laurent et l'importance de ceux-ci dépendra, d'une part, des basses températures, facteurs déterminants de la formation des glaces tant régionales que provenant de l'Estuaire, et, d'autre part, des fréquences et de l'orientation des vents, facteurs déterminants de leur dérive.

Le Haut et le Moyen Estuaire du St-Laurent réservent à la vérité moins de surprises et moins d'inconnues. La présence des glaces dans le Haut Estuaire surtout est un phénomène permanent et leur dérive semble suivre des lois assez bien définies: les glaces accompagnent toujours le mouvement de la marée, le vent ayant une influence tangentielle favorisant l'accumulation contre une rive ou l'autre et agissant par là, sur la concentration de la glace elle-même. Le résultat de ceci est que le Haut Estuaire du St-Laurent peut être navigable dans le sens de la marée, sous réserve qu'il fasse beau. Et l'on peut prévoir qu'il sera accessible pratiquement en tout temps, à moins de mauvaise visibilité ou de concentrations de glaces anormalement fortes.

L'indice de navigabilité sera essentiellement fonction de la fréquence et de la durée des périodes de mauvais temps et aussi de la concordance ou de la discordance de ces périodes avec les marées favorables: flux ou reflux, suivant que le navire se dirige vers l'amont ou vers l'aval.

D'après l'étude des possibilités de navigation d'hiver sur le St-Laurent entreprise par le Bureau de l'Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain (1958), il ressort, d'après les données des dix années d'observations météorologiques compulsées, que le nombre de jours météorologiquement navigables est pour les mois de décembre, janvier, février et mars de 20, 21, 20 et 23 jours.

Si l'on fait entrer la marée en ligne de compte, le nombre de jours navigables s'abaisse à 20, 15, 13 et 16 jours. Soulignons que l'indice de navigabilité est effectivement plus élevé qu'en théorie, dès lors que la première quinzaine de décembre et la dernière quinzaine de mars ne posent, la plupart du temps, aucun

problème sérieux dans les trois parties de l'Estuaire.

Il faut cependant retenir que l'emploi des brise-glaces pourra, à toute fin pratique, supprimer les retards imputables aux marées, mais, en raison de la mauvaise visibilité, il est probable qu'ils pourront difficilement réduire de beaucoup les délais afférents au mauvais temps lui-même, tel que l'a démontré l'expérience du caboteur D' VORA, au cours de l'hiver 1958.

Malgré des conditions de glaces extrêmement capricieuses et changeantes d'année en année, il se dégage de ces premières observations systématiques quotidiennes dans l'Estuaire et la partie nord-est du golfe St-Laurent, des lois générales qui se répéteront avec quelques modifications tous les hivers et, grâce à ce nouveau Service de Signalisation des glaces, il deviendra possible de prévoir deux ou trois jours à l'avance la position et la concentration de la glace dans l'ensemble de l'Estuaire et du golfe St-Laurent.

Il semble enfin acquis de façon décisive que la grande artère du St-Laurent puisse être navigable en hiver jusqu'au port de Québec, sous réserve que ce soit par des navires à coque blindée contre la glace.

La navigation en circuit fermé Québec - Côte Nord - Québec a même de plus grandes chances de succès que la navigation Estuaire - Golfe - Océan, en raison de la présence du boulevard d'eau libre qui caractérise généralement la rive nord du St-Laurent, de la côte Nord à l'île aux Coudres.

BIBLIOGRAPHIE

- ARMSTRONG, T. et ROBERTS, B.-(1956) Illustrated Ice Glossary. Polar Record, vol. 8, no 52, p. 4-12, 40 ill., Cambridge.
- ARMSTRONG, T. - (1955) Sea Ice Recording and Reporting Methods. Scott Polar Research Institute, 53 p., Cambridge.
- Atlas des Eisverhältnisse des Nordatlantischen Ozeans und Übersichtskarten der Eisverhältnisse des Nord und Süd Polargebietes (1950). Deutsches Hydrographisches Institut, 24 p., 34 cartes, Hambourg.
- BAILEY, W. B. et LAUZIER, L. M. - (1956) Incidence of Ice and Icebergs in the Entrances to the Gulf of St. Lawrence and along the South Coast of Newfoundland. Joint Committee on Oceanography, Atlantic Oceanographic Group, 26 p., 1 ill., St. Andrews, N. B.
- BARNES, H. T. - (1908) Equilibrium between Ice & Water. vol. 1, Ottawa.
- BARNES, H. T. - (1911) Report on Ice Formation in the St. Lawrence River. Department of Marine and Fisheries for fiscal year 1909-10. Supplement to 43rd Annual Report. 60 p., 12 ill., Ottawa.
- BARNES, H. T. - (1928) Ice Engineering. 364 p., 71 ill., Renouf Publishing Co., Montréal.
- BIER - (1954) Ice Prevention of Hydraulic Structures. Compressed Air Magazine, vol. 6, p. 136-141, livraison d' avril: p. 185-189, livraison de mai, Philipsburgs, N. J.
- Commission de Météorologie Maritime de l' Organisation Météorologique Internationale- (1956) Nomenclature Internationale abrégée des termes de glaces. Annexes I à III, 11 p.
- BLACK, W. A. - (1956) A report on Sea Ice Conditions in the Eastern Arctic, Summer 1956. Geographical Paper, no 9, 21 p., 14 ill., Ottawa.
- BLACK, W. A. - (1957) Ice Conditions: Gulf of St. Lawrence, 1956. Direction de la Géographie, Geographical Bulletin, no 10, p. 77-83, Ottawa.
- BLACK, W. A. - (1957) An illustrated Glossary of Ice Types in the Gulf of St. Lawrence. Direction de la Géographie, Geographical Paper, no 11, 50 p., 79 ill., Ottawa.
- BLACK, W. A. et FORWARD, C. N. - (1956) Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1956. Direction de la Géographie, Geographical Paper, no 12, 23 p., 10 ill., Ottawa.
- BLACK, W. A. - (1957) Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1957. Direction de la Géographie, Geographical Paper, no 14, 13 p., 26 ill., Ottawa.

- BLACK, W.A. - (1957) Selected Bibliography on Sea Ice Distribution in the Coastal Waters of Canada. Direction de la Géographie, Bibliographical Series, no 18, 50 p., Ottawa.
- BLACK, W.A. - (1958) Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1958. Direction de la Géographie, Geographical Paper, no 19, 26 p., 41 ill., Ottawa.
- BOUGHNER, C.C. et THOMAS, M.R. - (1948) Climatic Summary for selected Meteorological Stations in Canada, Newfoundland and Labrador, vol. II: Humidity, Wind (speed and direction). Toronto.
- BOUSQUET Paul, BROCHU Michel, CAMU Pierre, GAGNÉ Raymond - (1958) La navigation d'hiver sur le St-Laurent, de l'Atlantique au port de Québec. Bureau de l'Industrie et du Commerce de Québec Métropolitain, 126 p., 6 cartes, 1 diagramme, Québec.
- BROCHU, Michel - (1953) L'Homme et l'Hiver dans la région de Québec. Thèse de doctorat de l'Université de Paris (Lettres-Géographie) 162 p., 98 photographies, 10 ill., 2 cartes. (Problème de navigation d'hiver, chap. II, p. 35, 43), Paris.
- BROCHU, Michel - (1956) Problèmes et possibilités de la Navigation d'Hiver sur le Saint-Laurent. Revue Canadienne de Géographie, vol. 10, no 4, p. 191-200, 2 cartes, 2 tableaux, Montréal.
- BROCHU, Michel - (1957) Dynamique actuelle de la glace sur les rives du Saint-Laurent (érosion et sédimentation). C.R. Ac. Sc., (1) t. 244, p. 2534-2536, Paris.
- BROCHU, Michel - (1957) Movements of boulders and other sediments by ice on the tidal flats of the St. Lawrence River. Defence Research Board, Directorate of Physical Research, 8 p., 11 ill., (hors-texte), Ottawa.
- BROCHU, Michel (1958) Étude préliminaire sur le frasil dans les eaux du Saint-Laurent. Le Géographe Canadien, no 11, p. 46.
- BROCHU, Michel - (1958) Nouveau système de reconnaissance des glaces de dérive inauguré par la Direction de la Géographie d'Ottawa. Le Géographe Canadien, no 11, p. 44,45.
- BROCHU, Michel et JARLAN, Claude - (1959) Observation sur la présence de frasil dans les eaux du St-Laurent à la hauteur de Québec. Publication conjointe du Conseil National de Recherches et de la Direction de la Géographie, 10 p., 2 cartes, 2 ill., Ottawa.
- BROCHU, Michel - (1959) Définition dimensionnelle des termes de glace. 12 p. 3 tableaux (publication prochaine).
- CAMU, Pierre - (1955) Notes on Port Studies, Le Géographe Canadien, no 6, p. 51-59, Ottawa.
- CAMU, Pierre - (1957) L'Avenir des ports d'hiver sur le Saint-Laurent. Cahiers de Géographie de Québec, no 2, p. 215-217, Québec.

- CANADA - (1942) The St. Lawrence River Pilot. Ministère des Mines et des Ressources, Service Hydrographique. 4ième édition, 103 p., Ottawa.
- CANADA - (1954) A Study of Wintertime Heat Losses from a water surface and of Heat Conservation and Heat Addition to Combat Ice Formation in the St. Lawrence River. Authors: F.W. Pruden, R.L. Wardlaw, D.C. Baxter, J.L. Orr, Report no MD-92, Ottawa.
- CANADA - (1957) St. Lawrence Pilot. Ministère des Mines et des Relevés techniques, Service hydrographique du Canada, 534 p., Ottawa.
- CANADA - (1958) Fleuve St-Laurent et rivière Saguenay. Table des marées et courants. Ministère des Mines et des Relevés techniques, Service hydrographique du Canada, Publication des marées no 2, p. 84, Ottawa.
- CANADA - (1958) Rapports mensuels du Bureau Météorologique de Québec pour 1958. Ministère des Transports, Service de Météorologie, Québec.
- Compressed Air Comments - (1958) More combats ice problem by blowing air bubbles. (Sans nom d'auteur) vol. 1, p. 3-7. Publication de Atlas Copco Canada. Limited, Montréal.
- Compressed Air Magazine - (1954) Miraculous bubbles. (Sans nom d'auteur), vol. 59, p. 130, livraison d'août, Philipsburg, N.J.
- Compressed Air Magazine - (1956) Air bubbles will keep ports open. (Sans nom d'auteur), vol. 61, p. 347, livraison de novembre, Philipsburg, N.J.
- Compressed Air Magazine - (1957) Air bubbles bottle ring winter. (Sans nom d'auteur), vol. 62, p. 84, livraison de mars, Philipsburg, N.J.
- CONGRÈS (XIX) INTERNATIONAL DE NAVIGATION - (1957) Influence de la glace sur les voies navigables et dans les ports intérieurs et maritimes. Section 1, Navigation Intérieure, Communication 3, Rapport général par: J. Volkers, 236 p., Londres.
- Deutsches Hydrographisches Institut - (1958) (Fiche allemande d'observation des glaces en Baltique). Eisbericht, Hamburg.
- Deutsches Hydrographisches Institut - Eisübersichtkarte. Échelle 1:300,000. Avec les textes suivants: Anleitung für den Deutschen Eisnachrichtendienst. Erläuterungen zum Ostseschlüssel. Schlüssel für den telegraphischen Eisweldedienst, 1957-58. Eisbeobachtunggebiete mit ihren Kennziffern, 1957-58.
- Engineer - (1956) Use of Compressed Air against Ice. (Sans nom d'auteur), vol. 202, p. 900, livraison de décembre, Londres.
- FORWARD, C.N. - (1954) Ice Distribution in the Gulf of St. Lawrence during the Break-up season. Direction de la Géographie, Geographical Bulletin no 6, p. 45-85, 18 ill., Ottawa.

- INGLIS, Fred - (1957) Midwinter bubbles baths. Revue "Oval", p. 21-23, octobre 1957, Montréal.
- LAUZIER, L.M. - (1956) A preliminary Report of the Winter Oceanographic Survey in the Gulf of St. Lawrence. Fisheries Research Board of Canada, Atlantic Oceanographic Group, 20 p., 14 ill., St-André-s-Mer, N.B.
- LAUZIER, L.M. - (1958) Some Aspects of Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence from Autumn 1956 to Spring 1957. Manuscript Report Series (Oceanographic and Limnological)no 9, Atlantic Oceanographic Group, 18 p., 22 ill., mars 1958, St. Andrews, N.B.
- LAUZIER, L.M. et GRAHAM, R.D. - (1958) Computation of Ice Potentials and Heat Budget in the Gulf of St. Lawrence. Manuscript Report Series (Oceanographic and Limnological), no 11, 7 p. 1 ill., mars 1958, St. Andrews, N.B.
- LEVASSEUR, N. - (1886-1889) La Navigation d'hiver du Saint-Laurent. Bulletin de la Société de Géographie de Québec, p. 173-229, Québec.
- MATHEWS, S.T. - (1957) Investigations into Icebreaking. In Can. Shipping & Marine Eng. News, vol. 28, no 7, p. 38-42, avril 1957, Montréal.
- MASSUE, Huet - (1958) Improved winter navigation in the Lower St. Lawrence River and Gulf region. 89 p., 15 ill., Montréal.
- Municipal Utilities Magazine - (1956) Compressed Air keeps Winnipeg Hydro-electric Dam free of Ice. vol. 94, p. 46-48, livraison d'octobre, Toronto.
- NUSSER, Franz - (1959) Formen des Meereises und ihre definitionem. Geographisches Taschenbuch, p. 503-508, Wiesbaden.
- Plast Världen - (1957) De-icing Waterways with Compressed Air. Vol. 4, traduction en anglais et reproduction de la revue précitée. Atlas Capco, Stockholm.
- RIVOLIER J. et DUHAMEL, J. - (1956) Éléments d'étude de la glace de mer dans l'Archipel de Pointe Géologie. Terre Adélie 1952, Expéditions Polaires Françaises, Résultats scientifiques no S. II. 4, Paris.
- ROBITAILLE, Benoît - (1957) Rapport Préliminaire sur les Glaces fluviales à l'Ile Cacouna, Estuaire du Saint-Laurent, Province de Québec. Direction de la géographie, Étude géographique no 10, 24 p., Ottawa.
- ROUILLARD, Eugène - (1913) La Navigation d'hiver - Les Expériences du Prof. Barnes. Bulletin de la Société de Géographie de Québec, vol. 7, no 5, p. 292-294, Québec.
- SADOUGHI, Hossain - (1957) Aménagement de Lachine. Refroidissement des masses d'eau dans le fleuve Saint-Laurent et formation de la glace. Rapport non publié effectué pour la firme Piette, Pratte et Côté, Ingénieurs, Montréal.

- SMALL, F.S. - (1955) Ice in the Gulf. Engineering Journal, vol. 38, p. 1507-1509, livraison de novembre, Montréal.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut - (Sans date) Bestämmelser rörande istjansen vid sveriges meteorologiska och hydrologiska Institut, 33p. Stockholm.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut - (Sans date) Israpporter, Stockholm.
- TABUTEAU, François - (1956) Observations sur la glace de mer. Terre Adélie 1950-1951. Expéditions Polaires Françaises, Missions Paul-Emile Victor, Résultats techniques no S. II, 4. 40 p., 39 ill., Paris.
- Timber in Canada - (1957) Bubbles eliminates Ice from Log Ponds, vol. 18, p. 44-49, avril, Toronto.
- United Kingdom Admiralty, Hydrographic Department. - (1933) Glossary of Terms used in Admiralty Charts and in Associated Publications. Parts: Ice and Snow terms. Professional Paper, no 11.
- U.S. Navy Hydrographic Office - (1946) Ice Atlas of the Northern Hemisphere. 1^{ière} édition, 105 p. Washington.
- U.S. Navy Hydrographic Office - (1952) A Functional Glossary of Ice Terminology. H.O. Publication no 609, 87 p. 110 fig., G.P.O. Washington.
- WEEKS Wilford and LEES - (1958) Observation on the Physical Properties of Sea-Ice at Hopedale, Labrador. Arctic, vol. 11, no 3, p. 134-155, 22 ill., Montréal.

APPENDICE

INSTRUCTIONS AFFÉRENTES AUX OBSERVATIONS DES GLACES DE DÉRIVE DANS LES EAUX DE L' ESTUAIRE ET DU GOLFE ST-LAURENT

- 1- Inscrire à l'encre toutes les observations en lettres-blocs; ex: LIEU D' OBSERVATION: RIVIÈRE-AU- TONNERRE ;
- 2- Les observations doivent être effectuées tous les jours, les samedis et dimanches compris, et à heure fixe 8h (AM) 12h (MIDI) 15h (3 PM);
- 3- Pour l'état du temps, du vent et de la marée, souligner les abréviations qui conviennent;
- 4- LE TEMPS est affecté d'un signe négatif quand il y a neige, pluie ou brouillard;
- 5- L'intensité du VENT sera appréciée comme suit: Calme 0 à 8 km/h (0 à 5 mi/h); Faible 8 à 25 km/h (5 à 15 mi/h); Fort 25 à 45 km/h (15 à 35 mi/h); et très Fort plus de 45 km/h (25 mi/h); avec rafales.
- 6- MARÉE: Ne pas porter d'indication sur la marée, en aval de l'embouchure du Saguenay. En amont de ce point, souligner l'état de la marée à l'heure de l'observation.
- 7- ÉTAT DE LA GLACE
La concentration ou la densité est la proportion de glace de dérive par rapport à la surface d'eau libre. Cette concentration s'exprime en dixièmes.
Le fractionnement est la dimension ou la grosseur des morceaux de glace; il s'exprime en dixièmes par trois chiffres, relatifs chacun à trois dimensions différentes de glace.
 - a) le premier est afférent à la proportion de glaçons (en dixièmes) dont les dimensions vont de la glace en bouillie à 10 mètres (30 pieds).
 - b) le deuxième chiffre est afférent aux morceaux de 10 à 100m (30 à 300 pieds);
 - c) le troisième chiffre est afférent aux morceaux de dimension supérieure à 100m (300 pieds);Les trois valeurs du fractionnement seront toujours données à partir du chiffre 10 et l'addition des trois valeurs du fractionnement devra égaler 10.
EXEMPLE: Une glace caractérisée par les valeurs 8/136 signifie pour le premier chiffre (8) que la concentration en glace est de 8 dixième ou de 80% de la surface par rapport à l'eau libre; pour les trois chiffres constituant le dénominateur de la fraction et caractérisant le fractionnement, le chiffre 1 signifie que 1/10 des glaçons a une dimension inférieure à 10m (30 pieds); le deuxième chiffre (3) signifie que 3/10 (ou 30%) des glaçons ont une dimension entre 10 et 100m (30 et 300 pieds); le troisième chiffre (6) signifie que 6/10 (ou 60%) des glaçons sont de dimension supérieure à 100m (300 pieds). Pour la concentration et le fractionnement l'on entourera d'un cercle le signe plus (+) ou le signe moins (-) selon que l'observateur juge que chacun de ces facteurs est favorable ou défavorable à la navigation. L'on devra spécifier les valeurs de la concentration et du fractionnement de la glace dans chaque carreau relatif aux diverses distances indiquées sur le formulaire.

- 8- L'indice de navigabilité (I N) sera affecté du signe positif (+) si l'observateur juge qu'un bateau peut naviguer ou non sans danger dans les eaux observées, compte tenu de tous les facteurs; il sera affecté du signe négatif (-) si l'observateur juge qu'à cause du mauvais temps ou de la densité de la glace, il est plus prudent de ne pas naviguer. Abréviations: T Temps; M Marée; C Concentration; F Fractionnement.

Comme postulats de sécurité, l'indice de navigabilité sera considéré comme négatif en aval du Saguenay;

1^o- Lorsque pour cause de pluie, de neige ou de brouillard, la visibilité sera à peu près nulle;

2^o- Lorsque la densité de la glace sera supérieure à 8/10 ou 80%.

En amont de l'île aux Coudres, il faut ajouter;

3^o- Lorsque la marée va dans le sens contraire de la marche d'un navire.

Par contre l'indice de Navigabilité sera considéré comme automatiquement positif, quels que soient la marée et le vent, si le % de glace de dérive est inférieur à 3/10

NOTE: Dans les remarques inclure les observations concernant:

- 1- Frasil
- 2- Épaisseur de la Glace:
- 3- Glace d'estran (batture) largeur en pieds:
- 4- Décollement de glace de batture (largeur en pieds)
- 5- Présence d'icebergs ou de glace en "châteaux"
- 6- Brume ou vapeur à la surface de l'eau.
- 7- Amoncellement inusité de glace sur les rives (épaisseur approximative si possible)

OBSERVATION DE 15 HEURES: TEMPÉRATURE EN °C ou en °F

TEMPS:	Clair	Couvert		Neige	Brouillard	Pluie	Vapeur	+	
VENT:	Direction:	SO	O	NO	N	NE	E SE	S	+
	Intensité:	Calme		Faible	Fort	Très Fort			
Dérive des glaces vers:			O	NO	N	NE	E SE	S	
Flux (Montante:)		Début		Mi		Fin			+
MARÉE:									
Reflux (Descendante:)		Début		Mi		Fin			-

ÉTAT DE LA GLACE:

DISTANCE (en milles) par rapport à la rive d'observation:

	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	2	3	4	Au large
--	---------------	---------------	---------------	---	---	---	---	----------

CONCENTRATION en dixièmes:

									+
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

FRACTIONNEMENT en dixièmes:

									+
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

8 heures: INDICE DE NAVIGABILITÉ: $\pm T$ $M \pm C$ () $\pm F$ () =

12 heures: INDICE DE NAVIGABILITÉ: $\pm T$ $M \pm C$ () $\pm F$ () =

15 heures: INDICE DE NAVIGABILITÉ: $\pm T$ $M \pm C$ () $\pm F$ () =

REMARQUES (8h.)

REMARQUES (12h.)

Date Due

GB
131
G4p
no.24
Main
c.1

Canada. Lands Directorate.
Dynamique et caractéristiques des glaces de dérive de l'estuaire et de la partie nord-est du golfe Saint Laurent, 1957-58.

**ÉLECTRONIQUE,
DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET
DES RESSOURCES
OTTAWA, CANADA**

ÉTUDES GÉOGRAPHIQUES

- N° 7. Extracts relating to the Navigability of Canadian Inland Waterways. Par W. A. Black. Ottawa, 1956. 55 pages, offset. *Prix, 50 cents*
- N° 8. Notes on Potential Building Sites in the Bathurst Inlet Area, N.W.T. Par J. B. Bird et M. B. Bird. Ottawa, 1956. 15 pages, carte, offset. *Prix, 25 cents*
- N° 9. A Report on Sea Ice Conditions in the Eastern Arctic, Summer 1956. Par W. A. Black. Ottawa, 1956. 32 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 50 cents*
- N° 10. Rapport préliminaire sur les glaces fluviales à l'île Cacouna, estuaire du Saint-Laurent, province de Québec. Par B. Robitaille. Bilingue, 24 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 50 cents*
- N° 11. An Illustrated Glossary of Ice Types in the Gulf of St. Lawrence. Par W. A. Black. 50 pages, carte, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 12. Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1956. Par W. A. Black et C. N. Forward. 23 pages, cartes, offset. *Prix, 25 cents*
- N° 13. Notes on Small Boat Harbours, N.W.T. Par J. Ross Mackay. 12 pages, ill., offset. *Prix, 25 cents*
- N° 14. Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1957. Par W. A. Black. 29 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 15. A Report on Sea Ice Conditions in the Eastern Arctic, Summer 1957. Par W. A. Black. Ottawa, 1958. 32 pages, cartes, offset. *Prix, 50 cents*
- N° 16. Ice Conditions in the Gulf of St. Lawrence during the Spring Seasons 1953-1957. Par C. N. Forward. Ottawa, 1958. 11 pages, cartes, offset. *Prix, 25 cents*
- N° 17. Étude du Port de Québec. Par P. Camu, Ottawa, 1958. 79 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 18. A Subsurface Organic Layer Associated with Permafrost in the Western Arctic. Par J. Ross Mackay, Ottawa, 1958. 22 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 50 cents*
- N° 19. Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1958. Par W. A. Black, Ottawa, 1959. 56 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 20. A Report on Sea Ice Conditions in the Eastern Arctic, Summer 1958. Par W. A. Black, Ottawa, 1959. 36 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 21. Sea Ice Conditions in the Northumberland Strait Area. Par C. N. Forward, Ottawa, 1959, ill., offset. *Prix, 50 cents*
- N° 22. Notes on the Glaciation of King William Island and Adelaide Peninsula, N.W.T. Par J. Keith Fraser et W. E. S. Hensch, Ottawa, 1959. 39 pages, cartes, ill., offset. *Prix, 75 cents*
- N° 23. Gulf of St. Lawrence Ice Survey, Winter 1959. Par W. A. Black, Ottawa, 1959. 56 pages, cartes, illus., offset. *Prix, 75 cents*