



SODIM
Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Étude du potentiel maricole du
Bas-Saint-Laurent*

Rapport final

Dossier n° 220.3

Rapport commandité par la SODIM

Mars 2003

ÉTUDE DU POTENTIEL MARICOLE DU BAS-SAINT-LAURENT

RÉDIGÉ PAR NOÉMIE GIGUÈRE

PRÉSENTÉ EN MARS 2003

REMERCIEMENTS

La production de ce rapport a été rendue possible grâce à la participation de plusieurs intervenants. Ces personnes ont été généreuses de leurs conseils, informations et expertise. De plus, la rapidité des réponses fournies par chacun d'eux a grandement contribué à l'avancement de ce projet.

À titre plus particulier, nous tenons à souligner le support constant et la rigueur scientifique offerts par Michel Giguère tout au long du projet. Aussi, nous mentionnons la participation de Sylvain Lafrance au niveau de l'orientation du projet et de la définition des objectifs. De même, la présence et les attentions chaleureuses de Suzette de Rome ne sauraient passer inaperçues.

Plusieurs intervenants ont aussi contribué, souvent sans le savoir, à l'élaboration de parties plus précises de document. Patrick Dupont, Daniel Baril et Sylvie Leclerc du SIGHAP nous ont permis d'apprendre le fonctionnement du logiciel ArcView 3.2 et nous ont dépannés à quelques reprises lors de la conception des cartes. Ils nous ont aussi fourni plusieurs données cartographiques de base sans lesquelles ce rapport n'aurait pu être produit. Aussi, nous tenons à remercier les spécialistes des Îles-de-la-Madeleine qui ont

bien voulu consacrer de leur temps pour les entrevues sur le choix des caractéristiques du milieu. Ces spécialistes sont Sylvain Vigneau, Michel Fournier, Alain Huet, Lise Chevarie, Gérald Noël et Jean Côté. De plus, nous avons grandement apprécié l'indispensable contribution des quatre spécialistes qui ont accepté de coter les différentes caractéristiques du milieu selon leur importance en mariculture. Ces personnes sont Georges Cliche, Charley Cyr, Michel Giguère et Stéphane Morissette. Ceci dit, nous voulons préciser que l'intérêt général démontré par Charley Cyr envers ce projet a été remarqué, tout comme l'intérêt considérable que cette étude a suscité chez la majorité des gens rencontrés lors de nos recherches, tout particulièrement chez Vladimir Koutitonsky. Toute cette attention nous a profondément touchée. Le tout dernier spécialiste à être consulté l'a été en tant que chercheur-conseil; M. Pierre Blier reçoit nos remerciements les plus sincères pour l'appui scientifique qu'il a fourni à certains de nos propos et pour le rôle de référence en pisciculture en mer et en biotechnologie marine qu'il a tenu et grâce auquel il s'est rendu, à nos yeux, indispensable.

Enfin, nous tenons à remercier toute l'équipe du CRCDD Bas-Saint-Laurent pour l'atmosphère de travail irremplaçable qu'elle a fait régner pendant toute la durée du stage. Et finalement, un merci tout spécial aux parents et amis qui nous ont suivis pas à pas à travers ce projet. Ce projet est devenu, par la force des choses, le leur.

AVANT-PROPOS

L'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent nous a été proposée par la Société de Développement de l'Industrie Maricole du Québec (SODIM). Ce projet a été élaboré dans une optique de synthèse, d'amélioration et d'augmentation des connaissances actuelles dans le but de permettre un éventuel développement de l'industrie maricole bas laurentienne.

Cette étude a été réalisé grâce au programme de stage en sciences et technologies, une aide financière offerte par le Ministère des Pêches et des Océans. Le partenariat entre la SODIM et le MPO, auquel c'est rapidement joint le CRCD Bas-Saint-Laurent, a fournit les ressources humaines, financières et matérielles nécessaires à la réalisation de cette recherche.

Le but principal de la présente est de fournir les informations les plus complètes et les plus pertinentes que possible en ce qui concerne les capacités physico-chimiques et biologiques du Bas-Saint-Laurent à soutenir une industrie maricole, de même que sur les caractéristiques résultant de l'activité humaine, les caractéristiques anthropiques, pouvant influencer d'une quelconque manière la mariculture. Ce but sera atteint malgré les limites

imposées par la grande superficie du territoire à l'étude et par la quantité restreinte d'ouvrages de référence et de données de base.

RÉSUMÉ

À partir des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques sélectionnées par six spécialistes maricoles et classées par ordre d'importance pour la mariculture par quatre autres de ces spécialistes, l'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent a su démontrer qu'actuellement 628 199 des 841 884 hectares de la zone d'étude sont sans potentiel maricole en raison des obstacles majeurs qui y sont présents. Les 213 685 hectares restant sont susceptibles d'être utilisables pour l'exploitation maricole. Toutefois, certaines contraintes, telles que les glaces dérivantes et les vents, sont assez importantes pour remettre en question les activités maricoles s'effectuant à partir d'embarcations. Pour ces raisons, le potentiel d'élevage de poissons en mer est considéré comme nul. Parmi les invertébrés, les mollusques et les échinodermes semblent être les plus prometteurs pour la mariculture en mer au Bas-Saint-Laurent, car ils nécessitent des structures d'élevage plus légères et des soins moins fréquents. Une autre alternative pour cette région serait l'élevage en circuit fermé ou semi-ouvert. Les candidats pour ce type d'élevage seraient des poissons marins tel que le Loup atlantique, le Loup tacheté, la Loquette d'Amérique, la Lompe, le Flétan d'Atlantique et la Baudroie ou encore des organismes élevés à des fins biotechnologiques. Le développement de la mariculture dans cette région maritime du Québec reste dépendante de l'amélioration des techniques et de la rentabilité des méthodes d'élevage en milieux exposés et terrestres, comme la recirculation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	II
AVANT-PROPOS.....	IV
RÉSUMÉ	VI
TABLE DES MATIÈRES.....	VII
Liste des tableaux.....	XII
Liste des figures	XIII
Liste des annexes.....	XIV
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS.....	1
1.2 MÉTHODOLOGIE :	6
CHAPITRE 2 : LES CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU IMPORTANTES EN MARICULTURE.....	8
2.1 INTRODUCTION AUX CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES EN MARICULTURE	8
2.2 SÉLECTION DES CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LA PRÉSENTE ÉTUDE	10
CHAPITRE 3 : LES CARACTÉRISTIQUES DU BAS-SAINT-LAURENT	13
3.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA ZONE D'ÉTUDE	13
3.2 CARACTÉRISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES	15
3.2.1 <i>Salinité et température</i>	15

3.2.1.1	Les masses d'eaux de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent	15
3.2.1.2	La température	17
3.2.1.3	La salinité.....	18
3.2.2	<i>Glaces</i>	20
3.2.3	<i>Bathymétrie</i>	21
3.2.4	<i>Substrat ou nature des fonds</i>	22
3.2.5	<i>Vent et vagues</i>	24
3.2.6	<i>Courants</i>	25
3.2.7	<i>Marnage et marée</i>	27
3.2.7.1	Le marnage	30
3.2.7.2	Les courants de marée.....	31
3.2.8	<i>Matières en suspension</i>	32
3.3	CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES	34
3.3.1	<i>Production primaire</i>	34
3.3.1.1	Distribution des sels nutritifs	34
3.3.1.2	Production primaire	35
3.3.2	<i>Algues toxiques</i>	40
3.3.3	<i>Contamination bactérienne</i>	43
3.3.3.1	Sources de la contamination bactérienne.....	43
	Estuaire maritime	45
	<i>Données générales</i>	47

3.3.3.2	Salubrité des eaux coquillières	47
3.3.4	<i>Habitats protégés</i>	49
3.3.4.1	Les zones protégées de juridiction fédérale	49
3.3.4.2	Les zones protégées de juridiction provinciale	50
3.3.4.3	Les zones protégées de juridiction mixte	51
3.3.4.4	Autres zones protégées	51
3.3.5	<i>Présence d'espèces animales à potentiel maricole ou retrouvées en abondance dans la zone d'étude</i>	52
3.3.6	<i>Algues benthiques</i>	54
3.4	CARACTÉRISTIQUES ANTHROPIQUES	54
3.4.1	<i>Zones de navigation et installations portuaires</i>	54
3.4.1.1	Les zones de navigation	55
3.4.1.2	Les ports	57
3.4.2	<i>Activités maricoles</i>	57
3.4.3	<i>Contamination chimique</i>	58
3.4.3.1	Les eaux continentales	58
3.4.3.2	Les eaux océaniques	59
3.4.3.3	Les sources locales	59
3.4.3.4	Les retombées atmosphériques	60
3.4.3.5	L'état de la zone d'étude	61
	CHAPITRE 4 : LE POTENTIEL MARICOLE DU BAS-SAINT-LAURENT	63
4.1	CITÈRES DE SÉLECTION DES SITES	63

4.2	LES SITES PROPICES À LA MARICULTURE.....	66
4.3	CONCLUSIONS CONCERNANT LES SITES PROPICES À LA MARICULTURE	75
CHAPITRE 5 : LES ESPÈCES AYANT UN POTENTIEL MARICOLE AU BAS-		
SAINT-LAURENT		77
5.1	ESPÈCES À POTENTIEL MARICOLE DANS L'EST DU CANADA.....	77
5.2	ESPÈCES CIBLÉES POUR LE BAS-SAINT-LAURENT ET LEURS PARTICULARITÉS	
	BIOLOGIQUES	79
5.2.1	<i>Le Buccin commun</i>	81
5.2.2	<i>L'Oursin vert</i>	82
5.2.3	<i>Le Concombre de mer</i>	83
5.2.4	<i>La Mye commune</i>	84
5.2.5	<i>La Moule bleue</i>	85
5.2.6	<i>Le Pétoncle géant</i>	86
5.2.7	<i>Le Pétoncle d'Islande</i>	86
CHAPITRE 6 : LES PARTICULARITÉS TECHNIQUES D'UNE MARICULTURE		
BAS LAURENTIENNE		88
6.1	TECHNIQUES DE MARICULTURE EN MER.....	89
6.2	TECHNIQUES DE MARICULTURE SUR TERRE.....	90
6.2.1	<i>Approvisionnement en eau salée</i>	91
6.2.2	<i>L'aquaculture terrestre canadienne</i>	91
CHAPITRE 7 : DISCUSSION.....		94

7.1	OPPORTUNITÉS POUR LE BAS-SAINT-LAURENT DANS LE DOMAINE DE LA MARCULTURE.....	94
7.2	LE BAS-SAINT-LAURENT PEUT-IL ÊTRE COMPÉTITIF DANS CE DOMAINE?.....	96
7.2.1	<i>Les menaces au développement de la mariculture au Bas-Saint-Laurent et les manières de les contrer.....</i>	97
7.3	LA FIABILITÉ ET LA VALIDITÉ DES DONNÉES DE BASE DE L'ÉTUDE OU LE DEGRÉ D'INCERTITUDE.....	99
7.3.1	<i>Efforts de réduction de la subjectivité</i>	99
7.3.2	<i>Variabilité spatio-temporelle des caractéristiques observées</i>	101
7.3.3	<i>Effets de la recherche littéraire sur les résultats.....</i>	101
	CHAPITRE 8 : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	103
	CHAPITRE 9 : BIBLIOGRAPHIE	107
	CHAPITRE 10 : CARTES.....	122

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Température et salinité estivales des différentes masses d'eaux de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent	17
Tableau 2 : Fréquences (%) et vitesses moyennes (km/h) des vents dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, pour les quatre saisons et pour chacune des huit principales directions de la rose des vents (d'après les résultats de Vigeant (1984)).	25
Tableau 3 : Marnage moyen et marnage des grandes marées dans l'estuaire du Saint-Laurent.....	31
Tableau 4 : Bilan de l'assainissement municipal des eaux usées des municipalités riveraines de la rive sud de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime.....	45
Tableau 5 : Profil des activités agricoles dans les municipalités riveraines de certaines régions du Saint-Laurent en 1991	47
Tableau 6 : Sommaire du trafic maritime annuel dans la zone d'étude (pour 1997, 1998 ou 2000 selon la source)	56
Tableau 7 : Importance relative en mariculture en mer, et selon quatre spécialistes (S1 à S4), des différentes caractéristiques physiques, biologiques et anthropiques énumérées au chapitre 3.....	64
Tableau 8 : Caractéristiques biophysiques des sites sans contraintes majeures à la mariculture.....	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Propagation de l'onde de marée dans l'estuaire du Saint-Laurent.	29
Figure 2 : Marnage dans l'estuaire du Saint-Laurent durant l'année 1975.	30
Figure 3 : Zone de production primaire de l'estuaire maritime du Saint-Laurent.	37
Figure 4 : Répartition spatiale des kystes d' <i>Alexandrium</i> ssp. dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Source : Turgeon, J. 1989).	43
Figure 5 : Sites et infrastructures maricoles en milieux terrestre et marin	89

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :Guide d'entrevue.....	188
Annexe 2 : Dates d'englacement, de déglacement et des médianes de fréquence, de type et de concentration des glaces dans la zone d'étude	200
Annexe 3 : Cartes climatologiques tirées de Vigeant (1984)	203

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

À l'heure actuelle, au Québec, la mariculture est une industrie jeune et en développement. Bien que certaines formes d'aquaculture furent pratiquées entre autres par les Romains, les Égyptiens et les Amérindiens d'Amérique du Nord, ce n'est qu'en 1857 que le surintendant des pêches du Bas-Canada expérimenta une aquaculture plus planifiée, notamment l'élevage du saumon et de la truite (Day, 1989; Lagier, 2001). À notre connaissance, dans l'histoire de l'aquaculture Nord Américaine, ces pratiques furent les premières à différer de l'élevage à des fins d'ensemencement. Le siècle suivant, dans les années 1950, des centres d'éclosion ont été mis sur pied par les gouvernements (Lagier, 2001). Ces installations produisaient des larves de poissons d'eau douce et de poissons anadromes (poissons qui, au stade adulte, vivent en eaux salées, mais se reproduisent en eaux douces, comme le saumon). Toujours selon Lagier (2001), la mytiliculture, culture de la moule bleue, a fait ses débuts aux Îles-de-la-Madeleine pendant les années 70 et a atteint un niveau commercial au milieu des années 80. À présent, cette culture est aussi pratiquée en Gaspésie et sur la Côte-Nord. La pectiniculture, soit la culture de pétoncles et plus particulièrement du Pétoncle géant, s'est développée aux Îles-de-la-Madeleine depuis le début des années 90 et sur Basse-Côte-Nord depuis quelques années. En plus des essais concluants en mytiliculture et en pectiniculture, plusieurs autres recherches et

expérimentations ont été menées au Québec au cours des dernières années. Parmi celles-ci, notons les initiatives d'élevage du Crabe des neiges, du Homard, de la Plie rouge, du Flétan du Groenland, du Loups atlantique, du Loup tacheté, du Saumon atlantique, de l'Oursin vert, du Buccin commun, du Pétoncle d'Islande, de micro-algues et de la Mye commune. En 1999, la mariculture au Québec représentait près de 140 emplois répartis dans 19 entreprises pour la majorité en phase de démarrage (Lagier, 2001).

Plusieurs projets maricoles de type expérimental ont été menés dans la région maritime du Bas-Saint-Laurent depuis le début des années 1990 (Gagnon *et al.*, 1999a). Des expérimentations ont été menées sur le conditionnement de l'anguille en casier dans le secteur de Saint-Fabien-sur-mer (Bérubé, 1992) et sur la stabulation en mer du Crabe des neiges à Saint-Fabien-sur-mer (Coulombe, 1991) et au large de Trois-Pistoles (Provencher *et al.*, 1995). Ces essais ont tous été abandonnés depuis lors pour des raisons de rentabilité ou de problèmes techniques. Aucun exemple d'essais de mariculture en mer n'a été trouvé pour le secteur entre Métis-sur-mer et Les Méchins. Il peut toutefois être précisé que la région a supporté, et supporte encore, un grands nombre de projets expérimentaux de mariculture sur terre, notamment à l'Institut Maurice-Lamontagne et à l'ISMER. À l'heure actuelle, le grossissement de l'Oursin vert en milieu naturel est, en principe, la seule activité commerciale à caractère maricole pratiquée au Bas-Saint-Laurent. Quatre sites sont présentement alloués à cette pratique qui consiste à prélever les animaux dans les endroits où ils sont retrouvés en forte densité et à les transférer dans des sites peu peuplés, mais propices à la croissance. En 1998, la quantité d'oursins prélevés dans ces sites était de 10,5

t. À titre comparatif, en 1999 la production maricole de l'ensemble du Québec, toutes espèces confondues, était d'environ 160 tonnes métriques (Lagier, 2001).

À la lumière de ce qui vient d'être dit, il apparaît que le Bas-Saint-Laurent est, à ce jour, la région maritime la moins développée pour ce qui est de la mariculture en mer. Cette situation est due en partie au fait que la plupart des entrepreneurs du Bas-Saint-Laurent se sont souvent retrouvés dans l'obligation de faire de la recherche et développement plutôt que de concentrer leurs énergies dans la production commerciale. Ce type de fonctionnement a mené la grande majorité des entreprises maricoles du Bas-Saint-Laurent à des échecs économiques et/ou techniques. Une seconde raison pour laquelle l'aquaculture en mer s'est peu développée dans le Bas-Saint-Laurent est que les caractéristiques biophysiques de cette section de l'estuaire du Saint-Laurent sont peu connues et semblent, aux premiers abords, peu propices à ce type d'activité. Actuellement, les principales contraintes au développement de la mariculture au Bas-Saint-Laurent sont le fait d'impressions négatives nourries par les échecs de l'industrie et de l'apparente absence de connaissances du potentiel maricole de la région.

La présente étude a pour objectifs de combler, du moins en partie, le manque d'informations sur le potentiel maricole de la région en termes de caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques, en plus d'identifier les opportunités régionales qui pourraient inciter au développement d'entreprises maricoles. De manière plus concrète, ce

travail regroupe les connaissances disponibles dans la littérature afin de dresser un bilan général du potentiel maricole de l'estuaire du Saint-Laurent entre La Pocatière et Les Méchins. Dans ce dessein, le maximum d'informations pertinentes concernant les caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques a été amassé, traité et synthétisé sous forme de cartes, de figures et de tableaux. L'analyse détaillée de ces informations a permis d'identifier des zones potentiellement propices à la mariculture. Pour chacune de ces zones, nous avons identifié les espèces ayant un potentiel maricole. Enfin, quelques techniques appropriées aux conditions du milieu à l'étude et quelques modèles d'entreprises susceptibles d'obtenir un certain succès au Bas-Saint-Laurent sont proposés.

L'état actuel des connaissances sur le potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent est très peu avancé et se limite exclusivement à une « analyse préliminaire du potentiel aquacole en eau douce et en eau marine dans le Bas-Saint-Laurent » (Motnikar et Champagne, 2001). La partie de ce travail touchant la mariculture en eau salée a été réalisée par Mme Motnikar. Celle-ci stipule que la nature des fonds, la durée de l'élevage (saisonnier versus annuel), le peu d'endroits abrités, les hauts fonds et les battures du Bas-Saint-Laurent sont autant de freins à la mariculture en mer. Pour ce qui est des installations sur terre, Mme Motnikar précise que lorsque la prise d'eau est possible, ce type d'élevage peut être une solution pour la région, en soulignant toutefois les coûts appliqués à une telle activité. Elle suggère la stabulation, l'engraissement et le conditionnement comme types d'élevage à privilégier, en raison de leur facilité technique et de leur risque moins élevé. Enfin, en terme d'espèces potentielles, elle propose l'élevage du Loup atlantique, du Loup tacheté, de

la Loquette d'Amérique, de la Lompe, du Flétan d'Atlantique et de la baudroie dans des installations terrestres seulement. Pour l'Omble chevalier, le Saumon atlantique, l'Omble de fontaine et le Bar rayé, il semblerait que l'engraissement saisonnier soit envisageable si des sites appropriés sont disponibles. L'élevage des moules, huîtres, myes et buccins en milieu naturel est proposé par Mme Motnikar, malgré qu'il semble manquer de sites en profondeur près des côtes. Il est ajouter que la culture de l'Oursin vert et du Concombre de mer est aussi un possibilité, tout comme la stabulation et/ou conditionnement de crustacés et la production sur terre de micro-algues. La production de macro-algues semble dépendre des marchés. Pour conclure sur le contenu de ce document, il est précisé que tout le potentiel maricole de la région doit faire l'objet d'une ou de plusieurs études plus poussées.

Le manque de précédents en terme d'étude de potentiel maricole pour la région a exigé la recherche de modèles d'étude du potentiel maricole extérieurs à la région (Gagnon, 2002; CNEO, 1997; Murphy, 1997). Cela a également nécessité de colliger et d'analyser les informations propres au milieu à l'étude provenant de sources diverses et de les traiter, par la suite, dans une optique maricole. La littérature consultée, comme par exemple celle portant sur les paramètres biophysiques de la section du fleuve à l'étude, tisse l'essentiel de notre recherche.

1.2 MÉTHODOLOGIE :

La méthodologie employée lors de cette étude compte trois volets : la revue des connaissances disponibles, l'entrevue et le questionnaire. La revue des connaissances consiste à faire une revue exhaustive de la littérature officielle et de la littérature grise et à en extraire les informations nécessaires au projet. Les entrevues et questionnaires ont été utilisés pour combler les manques de données documentées.

Le recours à l'entrevue n'a été nécessaire qu'une seule fois lors de l'étude. Elle a permis de ressortir les caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques importantes pour la sélection d'un site maricole. Nous avons construit l'entrevue dans l'optique de l'administrer exclusivement à des spécialistes québécois de la mariculture en mer, ou plus précisément à ceux qui ont une expérience terrain de la mariculture en mer. Le guide d'entrevue a été monté afin de bien présenter la nature du projet aux personnes rencontrées, de connaître le profil des répondants et leurs spécialités en termes d'espèce et de techniques maricoles, de cerner le contexte de leur mariculture, soit les caractéristiques biophysiques importantes dans leur milieu d'opération, de présenter quelques caractéristiques de notre zone d'étude et enfin de leur demander quelles caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques leur semblent les plus importantes pour la mariculture en mer au Bas-Saint-Laurent.

La dernière méthode de cueillette de données utilisée a été le questionnaire. Cette fois encore, le questionnaire a été conçu pour des spécialistes de la mariculture. Nous avons utilisé ce questionnaire dans le but de mettre un ordre d'importance à chacune des caractéristiques choisies lors de l'entrevue. Cet outil méthodologique se présentait sous la forme d'une grille de cotation, grille qui contenait toutes les caractéristiques abordées lors de l'étude. Cette étape cruciale a permis de classer par ordre d'importance chaque caractéristique et de procéder à la sélection des sites à partir de ce schéma établi. De manière générale, l'entrevue et le questionnaire ont rendu possible une démarche globale de sélection des sites plus objective.

CHAPITRE 2

LES CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU IMPORTANTES EN MARICULTURE

2.1 INTRODUCTION AUX CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES EN MARICULTURE

Les caractéristiques biophysiques retenues pour l'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent sont tirées des références suivantes : CNEO *et al*, 1997; Carter, 1984; Day, 1989; Gharbi et Millot, 2000; Gagnon, 2002. Après comparaison, il est apparu que la liste des caractéristiques faite par Gharbi et Millot (2000) est la plus complète et regroupe tous les facteurs abordés par les autres documents. Dans ce document, ces caractéristiques sont divisées en trois grandes catégories : les facteurs physico-chimiques, les facteurs biologiques et les facteurs anthropiques.

Les facteurs physico-chimiques à considérer dans le choix d'un site pour l'aquaculture en mer, toujours selon Gharbi et Millot (2000), sont la salinité, la température, les glaces (dérivantes et fixes), la géologie du littoral et le potentiel hydrogéologique, la topographie, la bathymétrie, le substrat, les vents, les vagues, la géomorphologie du littoral, les courants, le marnage, la matière en suspension et, finalement, l'apport en eau douce.

Dans un même ordre d'idées, les facteurs biologiques importants sont la contamination bactérienne, les algues toxiques, les salissures marines, la présence d'habitats protégés, la production primaire, les algues et les prédateurs et parasites.

Enfin, les facteurs anthropiques énumérés par Gharbi et Millot (2000) sont le zonage municipal, les installations portuaires, les zones de navigation, les activités de pêche, le réseau routier, les activités touristiques, le dragage des ports, l'activité maricole, la pollution ainsi que la disponibilité de la main-d'œuvre et des services spécialisés.

Gagnon (2002) vient toutefois ajouter un aspect supplémentaire au volet anthropique, soit les lois et réglementations. Dans son ouvrage, il mentionne que les lois, règlements, politiques et normes gouvernementales qui protègent présentement les entités valorisées et qui régissent les conflits d'usage face au développement de la myiculture (culture de la mye) sont : la Loi sur la protection des eaux navigables, la Loi sur les Pêches et la Politique de gestion de l'habitat du poisson, la Loi sur la qualité de l'eau, la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune et son Règlement sur les habitats fauniques.

Cette liste complétée, nous obtenons un tableau assez complet des facteurs influençant de près ou de loin les activités maricoles, facteurs que nous appellerons caractéristiques à partir de maintenant. Il est important de garder en mémoire que meilleure

est la connaissance des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et anthropiques du milieu, plus efficace et réaliste sera la sélection du site maricole.

2.2 SÉLECTION DES CARACTÉRISTIQUES RETENUES POUR LA PRÉSENTE ÉTUDE

Les caractéristiques influençant les activités maricoles sont nombreuses et sont parfois peu ou pas étudiées selon les secteurs. Pour le Bas-Saint-Laurent, l'interprétation des données obtenues est complexifiée par le fait que la zone s'étend sur environ 350 kilomètres de côtes. Pour ces raisons, nous avons jugé préférable de réduire le nombre de paramètres à analyser. C'est dans cet esprit qu'une sélection a été effectuée à partir de la liste de toutes les caractéristiques énumérées plus haut.

Les différentes caractéristiques qui seront abordées à la section suivante ont été choisies pour leur importance en mariculture. Pour effectuer une sélection représentative des besoins du milieu, des spécialistes de la mariculture aux Îles-de-la-Madeleine ont été consultés. Six participants ont été questionnés à ce sujet lors d'entrevues (voir le guide d'entrevue à l'annexe 1).

Avant d'énumérer les caractéristiques ressorties par cette entrevue, il est intéressant de préciser certains points concernant l'équipe de spécialistes consultés. Il est important de rappeler que cette entrevue visait la sélection des caractéristiques les plus importantes pour

un exploitant maricole québécois œuvrant directement dans le milieu. Pour ces raisons, seuls les spécialistes ayant une expérience commerciale positive de la mariculture en mer ont été retenus pour répondre à l'entrevue. De cette façon, nous avons obtenu une liste très appliquée des caractéristiques importantes pour la mariculture en mer. Toutefois, ceci a aussi fait en sorte que les spécialistes de la mariculture sur terre, les chercheurs du domaine maricole et les experts en pisciculture en mer n'ont pas été sélectionnés, puisque aucun d'entre eux n'avait le profil «terrain» recherché. L'absence de consultants ayant une expérience fructueuse en pisciculture en mer est déplorée, mais elle découle directement du fait qu'aucune activité de ce genre n'est réalisée au Québec à l'heure actuelle. Pour pallier à ce manque, une expertise aurait pu être trouvée à l'extérieur de la province, mais cela dépassait les capacités temporelles, financières et humaines du projet.

Les caractéristiques qui seront développées sous peu, soit la température, la salinité, la présence de glaces, la bathymétrie, la nature des fonds, le vent, les vagues, les courants nets de surface, la production primaire, la présence d'algues toxiques, la contamination bactérienne, les habitats protégés, la présence de l'espèce, les zones de navigation, les ports, les activités maricoles et la contamination chimique, ont été ciblées majoritairement par ces professionnels de la mariculture. Il faut noter que ces professionnels sont spécialisés dans la culture de mollusques, soit du Pétoncle géant, de la Moule bleue ou de la Mye commune. En plus de la sélection inspirée par ces six personnes, quelques caractéristiques supplémentaires, comme les effets de la marée et la matière en suspension, ont été traitées

en raison de leur importance supposée dans le cas plus précis du Bas-Saint-Laurent ou de leur accessibilité au niveau de la littérature scientifique.

CHAPITRE 3

LES CARACTÉRISTIQUES DU BAS-SAINT-LAURENT

3.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA ZONE D'ÉTUDE

Comme il a été abordé dans l'introduction, la zone d'étude couvre l'ensemble du territoire du Bas-Saint-Laurent administratif. Elle est comprise entre la municipalité de La Pocatière et celle de Les Méchins et sa limite marine a été tracée de façon approximative, mais toujours de façon à inclure plus que le seul territoire bas laurentien (Carte 1). Cette zone couvrant quelques 350 km de littoral possède certaines particularités terrestres et marines qu'il est important de définir avant d'aborder les différentes caractéristiques plus spécifiquement.

La topographie du Bas-Saint-Laurent, en bordure du fleuve, est peu élevée sur la grande majorité du territoire. En fait, le profil des côtes est très adouci et dépasse rarement les 100 mètres de hauteur, à l'exception de la région du Bic et de celle située entre Matane et Les Méchins.

Pour ce qui est des particularités des eaux du Bas-Saint-Laurent, il faut en premier lieu parler des deux différentes zones de l'estuaire qui y sont présentes. Toutes les eaux du Bas-Saint-Laurent sont incluses dans l'Estuaire du Saint-Laurent, mais dans la zone d'étude,

cet estuaire est divisés en deux régions distinctes. Ces régions sont connues sous le nom d'estuaire moyen du Saint-Laurent et d'estuaire maritime du Saint-Laurent. L'estuaire moyen occupe la partie ouest de la zone et l'estuaire maritime occupe l'est. Cette division de l'estuaire traverse le fleuve de la pointe ouest de l'Île Verte, en passant par l'Île Rouge, jusqu'à Tadoussac. Il est intéressant de noter que la frontière entre l'estuaire moyen et maritime peut varier légèrement de position selon les ouvrages de référence. La raison à la base de cette séparation est la différence d'hydrodynamisme, de bathymétrie et de sédimentologie entre les deux régions. Principalement, c'est la présence de la tête du chenal laurentien qui cause ces différences en provoquant, lorsque la marée montante rencontre cette pente sous-marine abrupte, une remontée d'eaux profondes froides, eaux aux caractéristiques extrêmement différentes des eaux plus chaudes et saumâtres de l'estuaire moyen. Plusieurs de ces phénomènes seront discutés plus spécifiquement sous peu.

Pour faciliter la présentation des résultats et la lecture du document, la zone d'étude a été subdivisée en trois secteurs (Cartes 2 A-B-C). Le secteur A présente le tiers ouest, le secteur B montre le tiers central et le secteur C illustre le tiers est de la zone d'étude.

3.2 CARACTÉRISTIQUES PHISICO-CHIMIQUES

3.2.1 Salinité et température

Selon Gharbi et Millot (2000), la salinité est le facteur chimique le plus important pour un élevage maricole. Les variations de salinité sont principalement dues aux apports en eaux douces et au rapport précipitation / évaporation. De ce fait, la salinité varie tout au long de l'année. Toujours selon le même ouvrage, la température est pour sa part l'un des facteurs physiques les plus importants pour les organismes aquatiques. Alors que la salinité conditionne l'osmorégulation chez les organismes marins, la température influence, entre autres, la circulation des masses d'eaux, l'oxygénation des eaux, la reproduction et la croissance des espèces.

3.2.1.1 *Les masses d'eaux de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent*

L'estuaire moyen du Saint-Laurent est le véritable lieu de rencontre entre le milieu dulcicole et le milieu marin. Comme il sera abordé dans les sections suivantes, les eaux de ce tronçon sont partiellement mélangées (El-Sabh, 1979) par d'intenses courants, mais surtout par la force de la marée (Centre Saint-Laurent, 1996). Dans la partie de l'estuaire moyen du Saint-Laurent qui est touchée par notre zone d'étude, il y a présence de deux masses d'eaux principales, soit les eaux superficielles et les eaux profondes (Gagnon *et al.*, 1999a). Les propriétés de la masse d'eaux superficielles sont variables en raison, principalement, des changements climatiques et des variations saisonnières de débit d'eaux

douces. Selon Gagnon *et al.* (1999a), les eaux profondes sont, pour leur part, confinées au chenal du Nord et les variations saisonnières de leurs propriétés sont moins prononcées qu'en surface (Neu, 1970). Selon ces informations, il n'y aurait qu'une seule masse d'eaux présente à l'intérieur de la zone d'étude, soit la masse d'eaux superficielles.

Le patron des masses d'eaux de l'estuaire maritime est différent de celui de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Trois couches d'eaux y sont superposées : la couche d'eaux superficielles, la couche d'eaux intermédiaires froides et la couche d'eaux profondes (Vinet, 1998). La première couche, celle des eaux superficielles, se situe généralement entre 0 et 25 m de profondeur. Cette couche subit de grandes variations de propriétés. La couche intermédiaire est localisée à 80 mètres de profondeur et est délimitée par l'isotherme 2 °C (Lavoie *et al.*, 1996). Ce sont ces eaux intermédiaires qui remontent à la tête du chenal laurentien. Elles sont plus froides, plus salées et plus limpides que celles de la couche superficielle. Toutefois, l'hiver venu, les couches superficielle et intermédiaire se fondent en une seule couche très froide (moins de 0 °C) de près de 120 mètres de profondeur (Forrester, 1964). La troisième et dernière couche d'eaux présente dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent et la couche d'eaux profondes qui se situe au niveau du chenal laurentien, à plus de 120 mètres de profondeur. Les propriétés de cette masse ne varient pas selon les saisons.

Le tableau 1 présente les caractéristiques estivales, en termes de salinité et de température, des différentes masses d'eaux de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime.

Tableau 1 : Température et salinité estivales des différentes masses d'eaux de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent

Secteur	Masse d'eau	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Salinité ($^{\circ}/_{\text{oo}}$)
Estuaire moyen	Eaux saumâtres	5 à 20	0,3 à 28
	Eaux marines	2 à 5	28 à 31
Estuaire maritime	Couche superficielle	2 à 14	25 à 31
	Couche intermédiaire froide	-1 à 2	31 à 33
	Couche profonde	2 à 5	33 à 35

Source: adapté de Greisman et Ingram, 1977.

3.2.1.2 *La température*

Une représentation approximative de la température estivale des eaux de surfaces de la zone d'étude est disponible aux cartes 3 A-B-C. Ici, la notion d'approximation n'est pas utilisée à la légère. Comme pour l'ensemble des cartes produites lors de cette étude, les cartes de la température estivale sont une synthèse d'un certain nombre de données scientifiques disponibles actuellement dans la littérature et dans les centres de recherche. Certaines des cartes de l'étude sont basées sur la moyenne de plusieurs années, sur une seule année ou même, comme c'est le cas d'une grande partie de la carte 3 C, sur des

données ponctuelles, comme une image satellite. De ce fait, il est important d'interpréter ces cartes avec précaution tout en gardant à l'esprit qu'elles tendent à être, avant tout, la mosaïque des connaissances actuelles sur chacun de ces sujets.

Sur les cartes 3 A-B-C, il est constaté que les changements de température sont plus intenses au niveau de l'estuaire moyen et à proximité du secteur Embouchure de la Saguenay - Tête du chenal laurentien. De plus, les températures sont plus uniformes en aval de Matane et les eaux côtières sont légèrement plus chaudes que les eaux plus au large.

Les valeurs estivales de la température cette couche d'eau comprise entre 0 et 25 mètres sont très importantes pour la mariculture parce que les activités maricoles se déroulent généralement dans cette zone. Les valeurs minimales (hivernales) pour cette région ne sont pas illustrées, car elles sont considérées quasi-uniformes pour la majorité de la zone aux environs de $-0,5^{\circ}\text{C}$ à -1°C (Neu, 1970; Koutitonsky et Bugden, 1991; Petrie *et al.*, 1996).

3.2.1.3 La salinité

Dans la zone d'étude, ce sont, plus particulièrement, les apports en eaux douces en provenance du fleuve qui influencent la salinité. Toutefois, les apports en eaux douces de la

rivière Saguenay, de même que les remontées d'eaux profondes (froides et salées) à la tête du chenal laurentien, jouent également sur la salinité de l'estuaire.

La salinité des eaux superficielles de l'estuaire atteint des valeurs minimales au cours des mois d'avril, mai et juin. Ces mois correspondent plus particulièrement aux périodes de crues printanières et de fonte des glaces, ce qui se traduit en une augmentation des apports en eaux douces du fleuve Saint-Laurent et, par conséquent, à une diminution de la salinité des eaux estuariennes qui héritent de ces apports (El-Sabh, 1975; Koutitonsky et Bugden, 1991). À l'inverse, les valeurs maximales sont atteintes lors de la période hivernale, soit entre janvier et mars.

La salinité subit aussi l'influence des marées. Ainsi, dans le secteur de l'embouchure du Saguenay, la marée baissante favorise la substitution des eaux intermédiaires salées provenant de la remontée des eaux par les eaux plus saumâtres de la rivière Saguenay. Gagnon *et al.* (1998) précisent que dans l'estuaire moyen, le cycle des marées déplace les masses d'eaux de 12 à 20 mètres longitudinalement. Dans la section de l'estuaire moyen comprise dans la zone d'étude, la marée fait en sorte que les 30 premiers mètres de profondeur sont majoritairement de salinité homogène. Les cartes 4 A-B-C sont une synthèse de ce à quoi peut ressembler la salinité des eaux superficielles des sous-secteurs de la zone d'étude durant l'été.

Ces cartes présentent les particularités suivantes : 1) une zone de plus haute salinité est observée, en raison des remontées d'eaux profondes, dans le secteur du Saguenay; 2) les eaux qui longent la rive sud sont généralement moins salées qu'au nord de la zone d'étude; 3) pour ce paramètre, les eaux superficielles sont plus homogènes en aval de Matane, comme c'était le cas pour la température.

3.2.2 Glaces

Dans le Saint-Laurent, la formation de nouvelle glace débute dans les zones côtières, avant de s'étendre plus au large. Selon le même ordre de pensée, au niveau de la zone d'étude la croissance de la glace s'effectue plus rapidement le long de la rive sud. Cette croissance continue jusqu'à la dispersion des glaces qui survient à la fin février / début mars. C'est dans la région de la remontée d'eaux profondes, plus chaudes que celles de surface à cette époque de l'année, que la glace commence à devenir plus lâche. Ce relâchement de la glace s'accroît graduellement à partir de la deuxième semaine de mars.

Dans l'estuaire, la dérive des glaces vers l'est est un fait marqué. La rive sud de l'estuaire présente toutefois quelques banquises côtières qui se forment sur les hauts fonds. Ces plates-formes de glace commencent leur formation quelques semaines après le début de l'englacement et peuvent prendre un mois, en raison des mouvements de marée, avant

d'avoir une apparence cohérente, plus uniforme (Champagne *et al.*, 1983). Les marées printanières accompagnées de temps plus doux délogent ces banquises (SCG, 2001).

La majorité des glaces de dérive retrouvées dans l'estuaire maritime proviennent des parties amont de l'Estuaire du Saint-Laurent et sont constituées en grande partie de glaces formées en eaux douces et saumâtres (Brochu, 1958). Cet auteur mentionne que la majorité de ces glaces provient des estrans situés entre Québec et Trois-Rivières, de même que des grands estrans de la rive sud de l'estuaire. Les mouvements des glaces de dérive de l'estuaire maritime sont principalement influencés par la marée. À cela s'ajoute la direction et l'intensité des vents, les courants de dérive et la force de Coriolis qui ont tendance à concentrer les glaces le long de la rive sud de l'estuaire avec un mouvement net vers l'aval (Brochu, 1958).

L'annexe 2 traduit les connaissances actuelles sur glaces de la zone d'étude. Les figures qui y sont placées présentent la médiane sur 30 ans des dates d'englacement et de déglacement, de la fréquence des glaces, du type de glaces et de la concentration des glaces.

3.2.3 Bathymétrie

Les cartes 5 A-B-C illustrent le relief sous-marin de la zone d'étude. Les faits majeurs observés sur ces cartes sont : 1) la section en amont de l'Île Verte est caractérisée par des

fonds peu profonds, qui n'excèdent qu'exceptionnellement les 50 mètres, 2) de larges estrans sont présents sur une grande partie de la rive Sud, les plus larges étant situés vis-à-vis de La Pocatière, 3) la plate-forme littorale rétrécie de l'amont vers l'aval de la zone, 4) dans la partie maritime de l'estuaire, cette plate-forme est inclinée légèrement jusqu'à ce qu'elle atteigne les abords du chenal laurentien, aux environs de 150 mètres, et 5) le chenal laurentien est délimité par l'isobathe de 200 mètres (Fortin *et al.*, 1996).

3.2.4 Substrat ou nature des fonds

Dans le domaine maricole, la connaissance de la nature des fonds est importante pour s'assurer de la stabilité des installations ou encore pour cultiver des organismes fouisseurs, tel que les myes. Bien que les différentes technologies permettent de s'adapter à plusieurs types de substrat, il reste préférable que le substrat ne soient ni trop vaseux, ni trop durs. La distribution et la nature des sédiments dans la zone d'étude sont représentées aux cartes 6 A-B-C.

La quasi totalité des fonds de la zone d'étude ne sont pas sujets à une forte sédimentation. À la hauteur du moyen estuaire, les courants font en sorte que la sédimentation est très faible. Pour cette raison, la majorité des substrats retrouvés dans cette région sont de types sableux, sable graveleux, graveleux et même rocheux. Une petite section de type sable vaseux se retrouve à l'ouest de l'Île au Lièvre, endroit où les eaux sont

moins profondes et les courants moins importants. De façon globale, les fonds de l'estuaire moyen sont des lieux de sédimentation – resuspension ce qui provoque le dépôt temporaire de sédiments fins. Ces dépôts se retrouvent surtout dans la baie Sainte-Anne et au large de Kamouraska (Gagnon et al, 1999a; Gagnon *et al.*, 1998). Ils sont tous peu stables et ont tendance à être remaniés ou remis en suspension par les crues printanières et les mouvements de marée (D'Anglejan, 1981; Gagnon *et al.*, 1998).

La partie est de la zone d'étude a un taux de sédimentation un peu plus élevé. Cette sédimentation s'effectue presque exclusivement à l'intérieur du chenal laurentien. Selon les constatations de Gagnon et al (1999a), la taille des particules présentes au fond de l'estuaire maritime diminue avec la profondeur et en s'éloignant de la tête du chenal laurentien. Les fonds de moins de 100 mètres sont constitués de sable, de gravier ou de roche (Loring et Nota, 1973).

En résumé, la dynamique des courants qui caractérise la zone d'étude fait en sorte que le taux de sédimentation y est faible. Les matières en suspension transportées par le fleuve continuent leur route pour ne sédimenter que dans le chenal laurentien (Centre Saint-Laurent, 1996).

3.2.5 Vent et vagues

Selon Herfst (1974), lorsqu'il y a stabilité des couches d'air au-dessus de la vallée du Saint-Laurent, la direction principale des vents est parallèle à l'orientation de l'estuaire. De ce fait, dans la zone d'étude, les vents dominants en période estivale proviennent du sud-ouest. Leur vitesse moyenne est d'environ $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Les figures placées à l'annexe 3, tirées de Vigeant (1984), présentent les conditions climatologiques qui règnent à différentes époques de l'année sur la région du Bas-Saint-Laurent maritime. Le tableau présenté plus loin est la synthèse des cartes de Vigeant (1984).

Ainsi, sur toute une année, près de la moitié des vents soufflent dans l'axe de l'estuaire. Il est aussi noté que les vitesses et fréquences moyennes maximales sont associées aux vents en provenance du sud-ouest et du nord-est. Aussi, les vents les plus violents sont rencontrés durant l'hiver.

Pour ce qui est des vagues, le travail de Vigeant (1984) est encore cité comme référence. Il semble que les vagues de l'estuaire moyen atteignent les 2 m de hauteur dans 5% des cas et que celles de l'estuaire maritime le font dans une proportion de 1 sur 10 (10%). Les plus hautes vagues sont aperçues lors du mois de décembre, juste avant la formation des glaces. Comme la hauteur et la fréquence des vagues sont déterminées par la force et la durée du vent, de même que par la surface d'eau libre sur laquelle le vent peut souffler (fetch), il apparaît normal que les plus grosses vagues surviennent au moment où le

vent est le plus fort et, dans une grande proportion, dans la même orientation que l'estuaire. Lorsqu'il y a présence de glace (absence de fetch), la formation des vagues est bloquée, ce qui fait qu'il y a peu de vagues au Bas-Saint-Laurent pendant la saison hivernale.

Tableau 2 : Fréquences (%) et vitesses moyennes (km/h) des vents dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, pour les quatre saisons et pour chacune des huit principales directions de la rose des vents (d'après les résultats de Vigeant (1984)).

Prov.	Printemps		Été		Automne		Hiver		Moyenne/an	
	Fréq.	Vit.	Fréq.	Vit.	Fréq.	Vit.	Fréq.	Vit.	Fréq.	Vit.
Ouest	10	22	12	19	13	23	14	28	12	23
N-O	14	22	8	17	11	21	15	26	12	22
Nord	15	24	9	18	10	22	12	27	12	23
N-E	23	27	12	21	14	25	17	29	17	26
Est	6	17	6	14	5	16	6	20	6	17
S-E	3	18	3	16	4	18	5	19	4	18
Sud	7	26	9	25	10	29	8	30	8	27
S-O	22	27	41	25	32	29	24	33	30	28

Source: Adapté de Chassé (1994).

3.2.6 Courants

Parmi les ouvrages les plus populaires en matière de courants, en ce qui concerne la région à l'étude, celui de El-Sabh (1979) se situe assurément en tête de liste. Cet article est

en effet synthétique et complet, ce qui fait en sorte qu'il est cité en tant que source dans la quasi totalité des documents qui abordent la circulation des eaux de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Pour les courants de la section de l'estuaire moyen qui nous concerne, Gagnon *et al.* (1999a) fournit une bonne adaptation de MPO (1997a). Les cartes des sous-secteurs à l'étude (Cartes 7 A-B-C) présentent les courants nets estivaux de surface. Ces courants nets sont, en fait, le déplacement net de la masse d'eaux sur plusieurs cycles de marée (Gagnon *et al.*, 1999a).

El-Sabh (1979) mentionne que le patron de circulation des eaux de l'estuaire est régi par plusieurs facteurs tels que les vents, les variations de la pression atmosphérique, les apports d'eau douce, la stratification des masses d'eaux, les marées, la rotation de la Terre (effet de Coriolis), la friction aux frontières, les ondes internes et la topographie marine (traduction inspirée de Lacroix, 1987). Selon l'avis de Chassé (1994), il apparaît désormais que la densité de l'eau, la marée et le vent, placés ici en ordre d'importance, sont les facteurs qui influencent la circulation de l'estuaire maritime à long terme.

El-Sabh (1979) parle en ces termes de la circulation des eaux dans l'estuaire maritime : «Les caractéristiques principales de la circulation superficielle dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent sont : un écoulement vers le sud d'eau de surface tiède et peu dense provenant du fjord de la Saguenay; ce courant rejoint le courant de surface vers l'est le long de la côte sud de l'estuaire; une remontée des eaux intermédiaires froides et salines près de

l'embouchure de la Saguenay; un tourbillon anticyclonique entre Pointe-des-Monts et l'Île du Bic, et un courant transversal vers le nord d'une vitesse résiduelle de 0,6 nœuds observé près de Rimouski.». Dans le cas de l'estuaire moyen, la circulation nette est dominée par le débit d'eau douce qui s'écoule vers l'aval (Gagnon *et al.*, 1998). Les eaux saumâtres, qui résultent de ce courant d'eau douce en provenance du fleuve, sont transportées, sous l'effet de Coriolis, en suivant la côte sud et ce, de manière plus notable en aval de l'Île Rouge. Dans le secteur de l'étude, il est noté que la région de l'Île Rouge, où se rejoignent les courants venant de la Saguenay, du Chenal du Nord et du Chenal Sud, est le lieu où les courants résiduels sont les plus forts. Lorsque le courant longeant la rive sud atteint les limites est de la zone d'étude, il est à la veille d'être nommé "courant de Gaspé".

3.2.7 Marnage et marée

Ce sont les astres, de par leur influence sur les masses d'eaux, qui provoquent les marées. Puisque les masses d'eaux présentent dans l'estuaire du Saint-Laurent ne sont pas assez imposantes pour subir l'effet gravitationnel du soleil et de la lune, les marées qui sont observées dans la zone d'étude proviennent plutôt de la partie ouest de l'océan Atlantique, par le golfe du Saint-Laurent (Vinet, 1998). Lors de leur entrée dans l'estuaire maritime, les ondes de marée deviennent semi-diurnes (deux oscillations quotidiennes du niveau de l'eau), sous l'action plus particulière des ondes internes lunaires (onde de type M_2) (Centre Saint-Laurent, 1996; Godin, 1979). Ces ondes sont en effet celles qui régissent le plus les marées. La période des ondes M_2 est de 12,42 heures (Koutitonsky et Bugden, 1991).

L'amplitude des marées dans l'estuaire du Saint-Laurent varie selon un cycle bihebdomadaire (mortes-eaux et vives-eaux) (Fortin *et al.*, 1996).

La figure 1 montre le schéma de la propagation de l'onde de marée dans le système Saint-Laurent. Il y est observé que l'onde de marée se propage tout d'abord du côté nord de l'estuaire (Centre Saint-Laurent, 1996). Ainsi, son amplitude augmente si l'on se dirige de la côte sud vers la côte nord (El-Sabh *et al.*, 1979). Les amplitudes des marées du sud-est de l'estuaire maritime sont les plus faibles de la zone d'étude, de ce fait, elles ne font que s'intensifier lorsqu'il y a un déplacement vers l'ouest et le nord (El-Sabh *et al.*, 1979). Aussi, la marée haute se propage rapidement entre Pointe-des-Monts et Tadoussac, dû à la présence du chenal laurentien qui offre peu de frottement à l'onde. La situation change brusquement en amont de Tadoussac, où les fonds moins profonds et le rétrécissement du fleuve ralentissent la progression de la marée (El-Sabh *et al.*, 1979; Godin, 1979; Fortin *et al.*, 1996). Lorsque la marée subit cette augmentation de résistance (frottement) dans la région de Tadoussac, elle se déforme, ce qui fait en sorte qu'elle est amplifiée, donc qu'elle atteint une hauteur moyenne (marnage) plus importante (Godin, 1979; El-Sabh *et al.*, 1979).

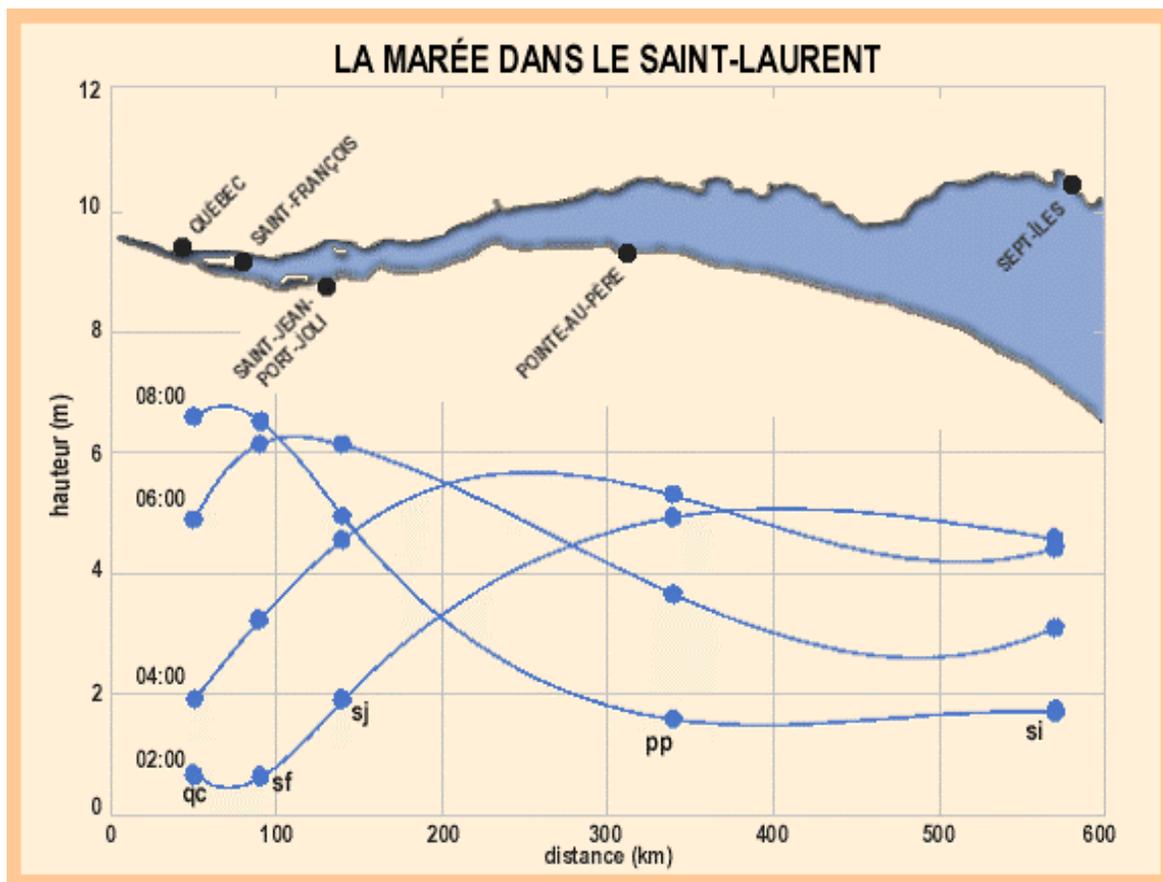


Figure 1 : Propagation de l'onde de marée dans l'estuaire du Saint-Laurent.

(Source : Site Internet de l'Atlas du Saint-Laurent)

La marée, telle que décrite précédemment, n'a pas une grande influence au niveau des activités maricoles. En fait, ce sont plutôt le marnage et les courants de marée qui peuvent y jouer un rôle.

3.2.7.1 Le marnage

Le marnage a été défini plus haut comme la hauteur moyenne de la marée. La hauteur de la marée, à titre de précision, est la différence de valeur entre la haute mer et la basse mer. Quelques auteurs abordent de près ou de loin le sujet du marnage dans l'estuaire du Saint-Laurent. Parmi ceux-ci, Godin (1979) a produit une représentation graphique du marnage lors de l'année 1975 (figure 2) et Gagnon *et al.* (1999a) présente un tableau du marnage dans le Saint-Laurent et le Saguenay.

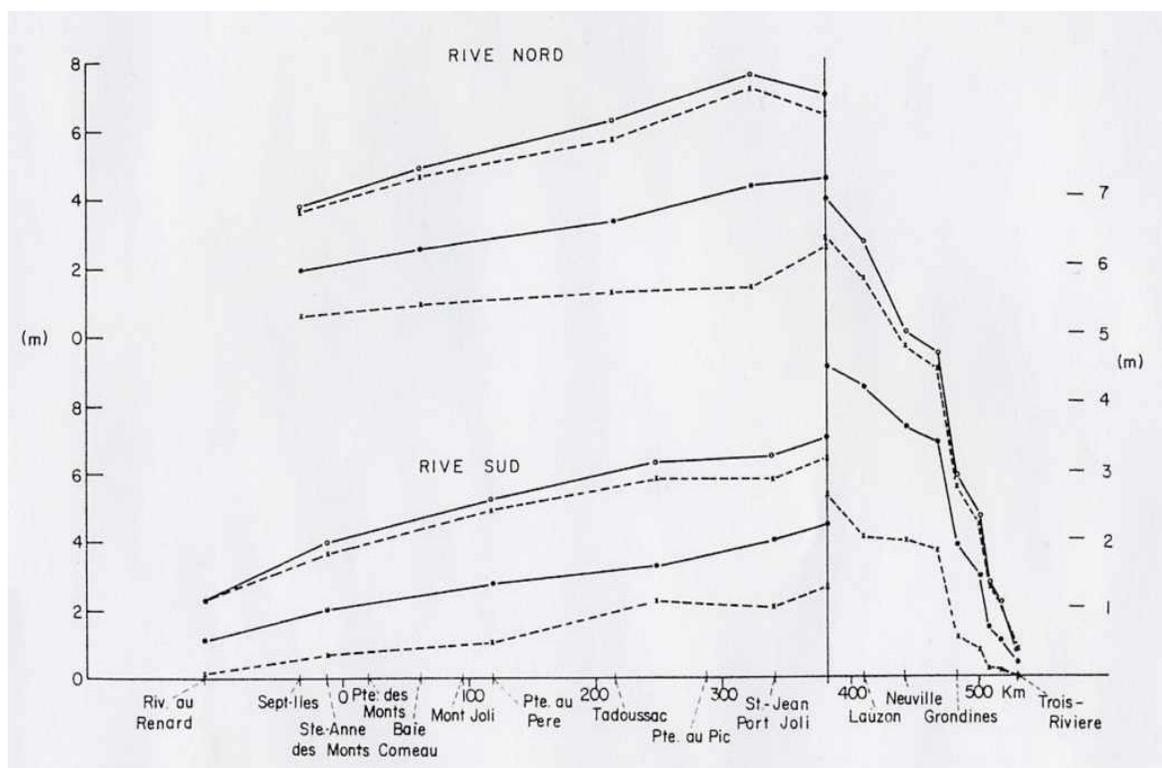


Figure 2 : Marnage dans l'estuaire du Saint-Laurent durant l'année 1975.

(Source: Godin, 1979)

Ainsi, pour la zone d'étude, la caractéristique principale du marnage reste l'augmentation d'est en ouest de ce paramètre. Ainsi, il passe des environs de 2,5 mètres aux Méchins à 4,2 mètres dans le secteur de la Pointe-aux-Orignaux, près de La Pocatière.

Tableau 3 : Marnage moyen et marnage des grandes marées dans l'estuaire du Saint-Laurent

Localité	Marnage moyen (m)	Marnage des grandes marées (m)
Pointe-des-Monts	2,5	4,0
Pointe-au-Père	3,0	4,6
Rivière-du-Loup	3,8	5,5
Pointe-aux-Orignaux	4,2	6,2
Saint-Jean-Port-Joli	4,5	6,3
Île d'Orléans	4,5	6,6
Québec	4,1	5,8

Source : MPO, 1997a; adapté de Gagnon *et al.*, 1999a

3.2.7.2 Les courants de marée

La marée engendre aussi des courants qui sont généralement d'une vitesse plus grande en milieu côtier qu'en plein océan. El-Sabh *et al.* (1979) parlent en ces termes des courants de marée de l'estuaire du Saint-Laurent : «Globalement on peut dire que la composante de

M_2 induit des courants de marée dans la direction de l'Estuaire de l'ordre de 100 cm/s sur la rive nord, entre le Saguenay et l'Île-aux-Coudres. Cette valeur diminue dans les environs de 50 cm/s sur la côte sud, pour cette même portion de l'Estuaire. À part la région du Saguenay où la composante transversale est de l'ordre de 70 cm/s, le reste de l'Estuaire est soumis à des courants de marée longitudinaux de l'ordre de 25 cm/s.».

Les observations faites sur les courants de marée peuvent se résumer ainsi : 1) les courants de marée sont une composante majeure des courants nets, 2) ces courants de marée sont plus rapides dans l'estuaire moyen que dans l'estuaire en raison des conditions dites «côtières» de cette région et 3) ils sont, règle générale pour la majorité de la zone d'étude, de l'ordre de 25 cm/s.

3.2.8 Matières en suspension

Les cartes représentant les concentrations de matières en suspension du secteur étudié s'interprètent aisément (cartes 8 A-B-C). Bien entendu, de telles cartes ne font que tenter de montrer le patron général de distribution de ces matières. Dans les faits, ces concentrations varient selon la marée et les saisons (Kranck, 1979).

Il est vite dégagé de ces illustrations que les secteurs les plus turbides se situent dans la région ouest de la zone, soit aux environs de La Pocatière. Les matières en suspension

(MES) accumulées dans cette zone peuvent flocculer et sédimenter, comme c'est le cas pour la majorité des MES d'origine organique, ou quitter l'estuaire moyen en suivant la circulation nette vers l'aval, principalement en longeant la rive sud. À l'opposé de cette zone turbide, les régions où les concentrations de matières en suspension sont les plus faibles sont situées à l'est de l'Île aux Lièvres. L'une d'elles, dans la région de l'Île Verte, correspond au secteur de remontée d'eaux profondes à la tête du chenal laurentien. Ces eaux sont effectivement moins turbides que les eaux de surfaces, conformément à leurs caractéristiques identifiées précédemment. Une seconde zone de très faible turbidité se retrouve à l'est de Grand-Métis. Cette zone, remarquée jusqu'à présent pour l'homogénéité des paramètres physiques qui y ont été étudiés, est, selon les observations faites, soumise à des courants moins forts que ceux de l'estuaire moyen et dotée d'une zone de sédimentation au niveau du chenal laurentien. Les concentrations de MES sont faibles à la grandeur de l'estuaire maritime, car la majeure partie des matières qui pénètrent la zone en provenance de l'estuaire moyen est d'origine inorganique, donc de petite taille, soit environ $4 \mu\text{m}$ ($4 \times 10^{-6} \text{ m}$) (Yeats, 1990). Ainsi, selon Fortin *et al.* (1996), les variations temporelles des teneurs en matières en suspension de l'estuaire maritime dépendent surtout de deux cycles saisonniers, celui des apports terrigènes dans le moyen estuaire et de la production primaire dans l'estuaire maritime.

La majorité des observations qui viennent d'être faites est expliquée par le mélange des eaux salines et douces qui a lieu dans l'estuaire moyen; ce milieu est propice à la

réention de MES. Le fait est que, dans ce milieu de changement de salinité, un front de turbidité est créé en raison, en grande partie, du patron de circulation des masses d'eaux qui se rencontrent et des marées asymétriques (courants de marée montante plus importants que ceux de marée descendante dans cette portion du système Saint-Laurent) (Gagnon *et al.*, 1998). Ce front de turbidité est bien visible aux environs de la baie Sainte-Anne, où les concentrations passent rapidement de plus de 50 mg/l à moins de 10 mg/l.

À titre général, il est nécessaire de prendre en note que les concentrations de MES relevées dans le secteur sont faibles. Seules les valeurs de plus de 50 mg/l peuvent être considérées comme relativement fortes.

3.3 CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

3.3.1 Production primaire

3.3.1.1 Distribution des sels nutritifs

Les sels nutritifs sont un des éléments qui régissent la production primaire ou, en d'autres termes, l'abondance et le taux de production du phytoplancton. Parmi les sels nutritifs essentiels au phytoplancton se retrouvent les nitrates, les phosphates et les silicates. Dans le milieu marin au sens large, les composés nitreux sont les plus limitatifs pour la croissance des organismes phytoplanctoniques. La distribution des nitrates – nitrites ($\text{NO}_3 - \text{N}$) pour la période estivale (cartes 9 A-B-C) est intéressante, car elle présente des

concentrations plus faibles qu'en hiver et qu'au printemps, ce qui équivaut à une situation plus limitative pour le phytoplancton.

Pour qu'il y ait production primaire, il doit y avoir présence de sels nutritifs en quantité suffisante. Dans le milieu à l'étude, les diminutions d'azote dissous dans l'eau sont dues à la stratification des masses d'eau. En d'autre terme, lorsque le phytoplancton consomme les nitrates – nitrites et que ceux-ci ne sont pas renouvelés, les nutriments viennent à manquer. Le fait que les couches soient stratifiées implique que les échanges entre la couche supérieure où se développent ces organismes et les couches inférieures riches en nutriments sont difficiles et rares. Pour cette raison, la zone de remontées des eaux est identifiée par plusieurs comme une véritable «pompe à nutriments», comme la source en nutriments de l'estuaire (Greisman et Ingram, 1977; Therriault et Levasseur, 1985). De cette façon, en été, la concentration de nitrates de la couche d'eau superficielle est généralement proportionnelle à la salinité de cette eau (Gagnon et al, 1999a). Les concentrations de nitrates estivales sont élevées dans l'ensemble de l'estuaire en raison des remontées d'eaux profondes à la tête du chenal laurentien.

3.3.1.2 Production primaire

La production primaire est la quantité de phytoplancton produite par unité de temps, ici des $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ ou des $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$. Cette mesure est en fait un indicateur de la productivité d'un écosystème. Les principaux facteurs qui influencent la productivité

primaire sont ceux qui touchent la profondeur de la couche photique. La couche photique étant la zone où il y a pénétration de la lumière, les facteurs qui l'affectent sont le mélange vertical des eaux dû à l'onde de marée et la turbidité. Le mélange vertical fait en sorte que les cellules photosynthétiques sont brassées et entraînées sous la couche photique, ce qui nuit à la production primaire. La turbidité, pour sa part, réduit la quantité de lumière qui pénètre l'eau, ce qui vient aussi réduire les possibilités de production du phytoplancton et, par le fait même, de l'écosystème entier.

Selon Mousseau *et al.* (1998), la production primaire de l'estuaire moyen n'a fait l'objet que d'une seule étude, celle de Legendre (1977). Les résultats de cette étude montrent que la zone la plus productive de l'estuaire moyen est sa partie aval, côté sud. Ce secteur correspond à celui qui est inclus dans notre zone d'étude. À cet endroit, le maximum de production primaire est atteint à la fin de l'été. Les valeurs de cette production sont d'environ $1 \text{ à } 2 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ et dépassent rarement la dizaine. Il peut être dit que la production primaire de ce milieu est faible en raison de la turbidité des eaux et du brassage intensif généré par les marées.

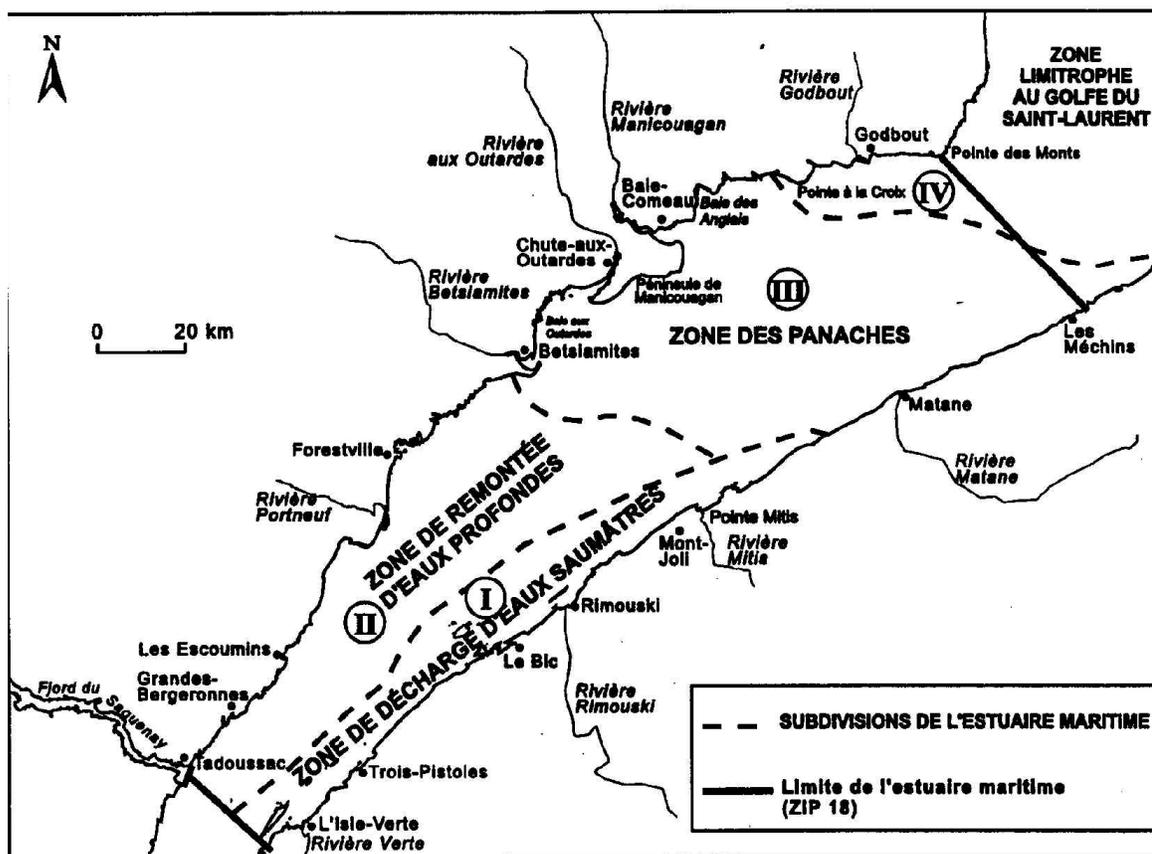


Figure 3 : Zone de production primaire de l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

Source: Therriault et Levasseur 1985; Tirée de Fortin et al 1996.

Ce sont principalement les travaux de Therriault et Levasseur (1985) qui ont défini la production primaire pour le secteur estuaire maritime. La figure 3 est citée par plusieurs auteurs afin d'illustrer ce paramètre dans le tronçon maritime de l'estuaire du Saint-Laurent.

Therriault et Levasseur (1985) font quelques observations générales pour l'estuaire maritime tel que 1) le cycle annuel est caractérisé par une production phytoplanctonique

essentiellement estivale (juin à septembre) dans la majeure partie de l'estuaire, 2) la lumière et les débits d'eau douce sont identifiés comme les plus importants facteurs de contrôle de la production phytoplanctonique et 3) la production annuelle moyenne, de $104 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$, est peu élevée par rapport aux eaux côtières de même latitude en raison, principalement, de la courte saison de production.

Les quatre zones définies à la figure 3 ont des traits distincts en termes de productivité primaire, traits qui leur sont attribués par les paramètres que sont la température, la salinité, la turbidité et les éléments nutritifs. La compréhension que nous avons de ces paramètres permet une meilleure interprétation des valeurs de productivité primaire de la zone. Ces quatre zones sont, telles qu'identifiées à la figure 3, I) la zone de décharge d'eaux saumâtres, II) la zone de remontée d'eaux profondes, III) la zone des panaches et IV) la zone limitrophe au golfe Saint-Laurent. Cette dernière zone ne fait pas partie de notre zone d'étude, pour cette raison, elle ne sera pas décrite ici.

I) La zone de décharge d'eaux saumâtre : Ce secteur est caractérisé par une faible production primaire (moins de $50 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ selon Gagnon *et al.* (1998)). Bien que riches en sels nutritifs, les eaux de cette zone sont saumâtres, froides, turbides et instables en raison de la marée, ce qui limite la production des cellules phytoplanctoniques (Terriault et Levasseur, 1985).

II) *La zone de remontée d'eaux profondes* : Ce secteur est plus productif que la zone I, soit entre 75 et 150 $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ selon Gagnon *et al.* (1998). Dû à la remontée d'eaux profondes à la tête du chenal laurentien, les eaux de surface y sont plus froides, salées et riches en sels nutritifs. De plus, les périodes d'enrichissement sont suivies d'une stabilisation de la colonne d'eau lors des marées de mortes-eaux (Therriault et Levasseur, 1985; Lavoie *et al.*, 1996).

III) *La zone des panaches* : Cette région est stabilisée par les apports, régularisés par des ouvrages hydroélectriques, des rivières Manicouagan et aux Outardes. De plus, l'effet de mélange de la marée y est moins intense que dans le reste de la zone d'étude. Pour ces raisons, la couche superficielle y est plus stable en été. En plus, cette zone est alimentée en sels nutritifs par les secteurs en amont. Tous ces éléments font en sorte que la productivité primaire de la zone des panaches est élevée, de plus de 100 $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ selon Gagnon *et al.* (1998), et qu'elle est identifiée par Therriault et Levasseur (1985) comme étant la plus riche.

Les cartes 9 A-B-C montrent, combinées aux concentrations de sels nutritifs, les données de production primaire disponibles pour la zone d'étude.

3.3.2 Algues toxiques

Dans l'est du Canada, les algues microscopiques produisant des toxines sont *Alexandrium* ssp., *Dynophysis* ssp. et *Nitzschia pungens* (Larocque et Cembella, 1991). Trois différentes intoxications sont reliées à la consommation de mollusques filtreurs ayant accumulés les toxines de ces algues dans leur tissus, soit l'intoxication paralysante par les mollusques (IPM) pour les *Alexandrium* ssp., l'intoxication diarrhéique par les mollusques (IDM) pour les *Dynophysis* ssp. et l'intoxication amnésiante par les mollusques (IAM) pour *Nitzschia pungens* (Larocque et Cembella, 1991; Gagnon *et al.*, 1999a).

Les algues toxiques sont présentes dans tout l'estuaire maritime du Saint-Laurent. L'intoxication paralysante par les mollusques est le type d'intoxication le plus fréquent et il est provoqué par la présence des biotoxines saxitoxines et analogues dans la chair des mollusques (Larocque et Cembella, 1991). La haute toxicité d'*Alexandrium* ssp., souvent appelée algue rouge, a motivé la mise sur pied, en 1989, d'un programme fédéral de monitoring des algues toxiques et de la toxicité des mollusques (Site Internet de l'observatoire du Saint-Laurent). Les données recueillies dans ce contexte confirment que l'estuaire maritime est une région particulièrement affectée par la présence et la toxicité d'*Alexandrium* ssp. (Therriault *et al.*, 1985; Site Internet de l'OSL). Une floraison d'*Alexandrium* ssp. survient de façon quasi annuelle aux environs des mois de juin et juillet et, parfois, une deuxième floraison se produit à la fin août ou au début de septembre (Larocque et Cembella, 1991; Site de l'OSL). Puisque les conditions optimales ne sont pas

réunies à chaque année, il y a des fluctuations dans la prolifération d'*Alexandrium* ssp. (Therriault *et al.*, 1985). Les concentrations d'*Alexandrium* ssp. dépassent souvent les 10 000 cellules•L⁻¹ et même, dans le cas du Bas-Saint-Laurent, les 50 000 cellules•L⁻¹. Un record de 171 000 cellules•L⁻¹ a été observé à Sainte-Flavie le 28 juin 1990 (Site Internet de l'OSL). Selon Blasco *et al.* (1998), ce genre d'algue devient toxique à compter de 1 000 cellules•L⁻¹.

Les cas de *Dynophysis* ssp. et de *Nitzschia pungens* sont différents. *Dynophysis* ssp. est présent dans l'estuaire du Saint-Laurent, mais il n'entraîne pas d'accumulation significative de toxines IDM chez les mollusques de la zone (Larocque et Cembella, 1991). Pour *Nitzschia pungens*, les preuves de sa présence dans les eaux de l'est du Québec reste à être faite (Larocque et Cembella, 1991; Blasco *et al.*, 1998).

Comme il a été précisé plus haut, les conditions favorisant les floraisons d'*Alexandrium* ssp. sont présentes dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Les floraisons de ce type sont très rares dans l'estuaire moyen. La stabilité de la colonne d'eau (stratification) et les apports en eau douce caractéristiques à certaines régions de l'estuaire maritime en font des zones sujettes au bloom de phytoplancton toxique (Therriault et Levasseur, 1985; Therriault *et al.*, 1985; Site de l'OSL). Parmi les zones définies par Therriault et Levasseur (1985) et présentées à la section portant sur la production primaire, la zone des panaches est celle possédant les conditions les plus propices à *Alexandrium* ssp.

La zone d'écoulement des eaux saumâtres est déjà moins favorable à cette croissance en raison du mélange vertical intense et des courants qui y sont présents. Enfin, la zone de remontée des eaux profondes est très peu propice à ce genre de phytoplancton, car les eaux y sont fréquemment déstabilisées.

Les facteurs qui initient les floraisons d'*Alexandrium* ssp. sont méconnus. La présence de kystes d'*Alexandrium* ssp. dans les sédiments du milieu est une option qui est étudiée. La resuspension des kystes aurait un impact important sur la toxicité des mollusques. À titre d'information, la figure suivante (figure 4), tirée de Turgeon (1989), montre la répartition spatiale des kystes d'*Alexandrium* ssp. dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. La présence et l'abondance de ces kystes sont illustrées à l'aide de points. Plus ceux-ci sont volumineux, plus il y a de kystes d'*Alexandrium* ssp. à l'endroit indiqué.

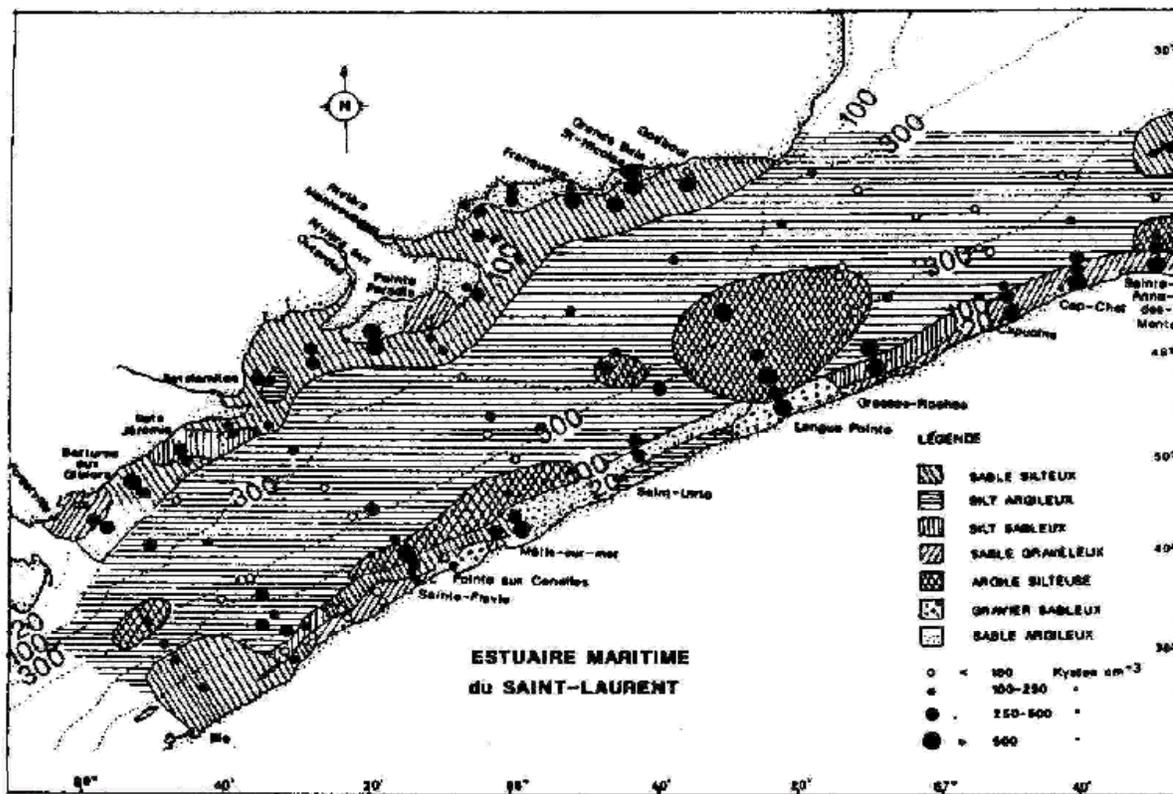


Figure 4 : Répartition spatiale des kystes d'*Alexandrium* ssp. dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

(Source : Turgeon, J. 1989)

3.3.3 Contamination bactérienne

3.3.3.1 Sources de la contamination bactérienne

L'indicateur de contamination bactérienne le plus communément utilisé est la concentration de coliformes fécaux (nombre de cellules par 100 mL). Les coliformes fécaux se retrouvent dans l'environnement principalement par le biais des déjections humaines et animales. Ce fait explique que les sources de coliformes fécaux majeures pour

les eaux du Bas-Saint-Laurent sont les effluents d'eaux usées municipales, la pollution agricole diffuse, les puisards et les fosses septiques riverains et même les mammifères marins et les colonies d'oiseaux aquatiques. La présence de bactéries et de virus dans les eaux peut causer des maladies suite à un contact cutané direct lors de la baignade ou suite à l'ingestion de cette eau ou d'organismes filtreurs y vivant.

Il est possible d'apprécier l'ampleur de la pollution ponctuelle que provoquent les effluents urbains, toutefois, la pollution diffuse occasionnée par les activités agricoles reste plus difficile à estimer.

1) Les effluents urbains : Le tableau 4, adapté de Gagnon (1998) et de Fortin (1996), comprend quelques données comparatives sur les municipalités qui possèdent un système d'assainissement des eaux sur la rive sud de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Dans ces deux régions, le traitement par étang aéré est le procédé d'épuration privilégié.

Tableau 4 : Bilan de l'assainissement municipal des eaux usées des municipalités riveraines de la rive sud de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime

Municipalité	Type de station	Mise en service	Population desservie par l'usine (% de la population totale)	Point de rejet
<i>Estuaire moyen</i> ^a				
Cap-Saint-Ignace	EA	94.08	1 518 (51)	Rivière du Sud
L'Islet ^b	EA	97.09	2 318 (58)	Estuaire moyen
Montmagny	EA	91.07	10 732 (91)	Rivière du Sud
Saint-Jean-Port-Joli	EA	94.10	2 487 (73)	Estuaire moyen
Kamouraska	EA	96.11	478 (61)	Estuaire moyen
La Pocatière	EA	91.12	4 925 (100)	Rivière Saint-Jean et Rivière Ouelle
Saint-Patrice-de-la-Rivière-du-Loup	FS	99.03 ^c	60	Estuaire moyen
Rivière-du-Loup ^d	EA	97.11	15 358 (100)	Rivière du Loup
Saint-Georges-de-Cacouna	BA	86.--	nd	nd
<i>Estuaire maritime</i> ^e				
Trois-Pistoles ^f	EA	93.01	4 453 (100)	Estuaire maritime
Saint-Fabien	EA	95.12 ⁱ	1 709 (94) ⁱ	Rivière Porc-Pic
Le Bic	EA	86.09	2 203 (72)	Rivière Bic
Rimouski-Est ^g	EA	86.12	37 798 (100)	Estuaire maritime
Luceville	EA	84.11	1 399 (100)	Ruisseau de la Tannerie
Mont-Joli ^h	EA	95.11 ⁱ	7 788 (99) ⁱ	Estuaire maritime
Matane	EA	85.08	12 725 (100)	Estuaire maritime
Petit-Matane	EA	95.11 ⁱ	382 (30) ⁱ	Estuaire maritime
Sainte-Félicité (village)	EA	94.12	758 (100)	Estuaire maritime

Source: Fortin *et al.*, 1996; Gagnon *et al.*, 1998.

^a Population totale estimée au 31 décembre 1994 selon le Répertoire des municipalités du Québec. ^b Cette station desservira également l'Islet-sur-Mer et Saint-Eugène. ^c Mise en service prévue en 1998 ou 1999. ^d Cette station desservira également une partie de Saint-Patrice-de-la-Rivière-du-Loup. ^e Estimation du ministère des Affaires municipales (MAM) comparée à la donnée de recensement de 1991 de Statistique Canada pour les municipalités de la ZIP. ^f Cette station dessert également Notre-Dame-des-Neiges-de-Trois-Pistoles. ^g Cette station dessert également Rimouski et Pointe-au-Père. ^h Cette station dessert également Sainte-Flavie et Saint-Jean-Baptiste. ⁱ Selon les prévisions. EA : Étangs aérés. FS : Fosse septique avec traitement biologique. BA : Boues activées.

La majorité des usines de traitement des eaux usées de la zone d'étude respectent les exigences d'assainissement des eaux. Certaines autres municipalités présentes sur la rive sud de l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent peuvent posséder un réseau d'égout, mais leurs eaux usées ne sont pas acheminées à une usine de traitement des eaux si elles ne comptent pas parmi les municipalités mentionnées dans le tableau 4 (en date de 1996 pour les données de l'estuaire maritime et de 1998 pour les données de l'estuaire moyen). Les municipalités qui n'ont pas de système de traitement acheminent généralement leurs eaux usées vers des fosses septiques individuelles ou vers un réseau pluvial (Gagnon *et al.*, 1998). Dans la zone d'intérêt, il peut arriver que ces eaux soient rejetées directement dans l'estuaire ou dans un de ses tributaires sans aucun traitement.

II) La pollution agricole diffuse : La source de ce type de pollution est difficilement identifiable en raison de son étendue, d'où le terme diffuse. Les activités agricoles jouent un rôle dans la contamination bactérienne des eaux littorales du Bas-Saint-Laurent par l'épandage de déjections animales comme fertilisant pour les sols ou par les déjections produites par les cheptels. Les coliformes fécaux résultant de ces activités peuvent être transportés jusqu'au fleuve par les bassins versants, lorsque lessivés par les pluies et entraînés dans les tributaires. Les agriculteurs situés en bordure du fleuve ajoutent ces bactéries au milieu estuarien plus directement que les autres exploitants agricoles, toutefois ils sont beaucoup plus restreints en nombre. La contribution de l'agriculture à la

contamination bactérienne du milieu est évidemment proportionnelle à l'intensité de cette activité dans une région donnée. Le tableau 5 donne une approximation de la pression que peut exercer l'agriculture bas laurentienne sur les eaux qui la bordent.

Tableau 5 : Profil des activités agricoles dans les municipalités riveraines de certaines régions du Saint-Laurent en 1991

	Estuaire moyen et Saguenay	Estuaire maritime et golfe
<i>Données générales</i>		
Superficie du territoire (ha)	1 121 730	2 366 740
Superficie utilisée pour l'agriculture (ha)	151 851	106 086
Nombre de fermes	1 445	909
Superficie des terres cultivés (ha)	70 199	48 660
Revenus bruts totaux (000\$)	131 652	55 397
<i>Productions animales</i>		
Volume du cheptel (unités animales)	76 134	38 102
<i>Productions végétales</i>		
Superficie plantes fourragères (ha)	45 753	32 597
Superficie maïs (ha)	0	0
Superficie orge (ha)	8 860	7 710
<i>Épandages</i>		
Superficie traitée avec pesticides (ha)	14 675	8 513
Superficie traitée avec engrais chimiques (ha)	30 079	24 896
Superficie traitée avec fumier /purin	25 567	12 943

Source : adapté de Centre Saint-Laurent, 1996.

3.3.3.2 Salubrité des eaux coquillères

Environnement Canada est responsable du programme de salubrité des eaux coquillères, lui-même inclus dans le programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques (PCCSM). Le PCCSM est réalisé conjointement par Environnement Canada,

l'Agence canadienne d'inspection des aliments et Pêches et Océans Canada (Site Internet de la voie verte d'Environnement Canada).

Le programme de salubrité des eaux coquillières vise la détermination et l'évaluation du degré et des sources de pollution bactérienne dans les eaux où se reproduisent les mollusques bivalves (tel que la mye, la moule et l'huître) et où se pratique leur cueillette à des fins de consommation (Fortin *et al.*, 1996). La salubrité est déterminée par la concentration de coliformes fécaux présents dans une série d'échantillons d'eau (la valeur médiane ne doit pas excéder 14 c.f./100 mL et pas plus de 10% des échantillons ne doivent dépasser 43 c.f./100 mL). Les échantillons sont pris à plusieurs reprises entre mai et octobre. Les trois différents titres qui peuvent être attribués aux secteurs coquilliers par Environnement Canada sont approuvé (ouvert toute l'année), approuvé conditionnel (fermé à certaines périodes) ou fermé (fermé toute l'année). Toutefois, le pouvoir légal d'ouvrir et de fermer les secteurs revient à Pêches et Océans Canada qui juge les sites en fonction de la contamination bactérienne, de la contamination chimique et de la contamination par les algues toxiques. Il faut noter que la contamination bactérienne est souvent la raison des fermetures.

La région du Bas-Saint-Laurent administratif comprend 40 secteurs coquilliers distincts dont 2 sont ouverts et 38 sont fermés. Aucun de ces secteurs n'est du type approuvé conditionnel. Cette classification des sites date de plusieurs années et, par

conséquent, les conditions qui règnent présentement dans la zone d'étude peuvent être différentes de celles de l'époque. Les cartes suivantes (cartes 10 A-B-C) présentent le statut des différents secteurs coquilliers et non la salubrité actuelle de ces eaux, critère très difficile à obtenir.

3.3.4 Habitats protégés

Plusieurs habitats de la zone à l'étude sont protégés. Selon les cas, l'organisme responsable et le niveau de protection diffèrent. Aux cartes 11 A-B-C, les habitats protégés sont divisés en cinq groupes : les zones protégées de juridiction fédérales, les zones protégées de juridiction provinciales, les zones protégées de juridiction mixte, les habitats fauniques et les autres zones protégées. Comme il sera précisé dans la section 3.2.4.2, la catégorie «habitats fauniques» fait partie des zones protégées de juridictions provinciales.

3.3.4.1 Les zones protégées de juridiction fédérale

Les zones protégées fédérales, dans la région qui nous intéresse, sont principalement des réserves nationales de faunes et des refuges d'oiseau migrateurs. Les réserves nationales de faune, créées en vertu de la *Loi sur les espèces sauvages* du Canada, assurent une protection intégrale et permanente aux oiseaux migrateurs et aux habitats qui les reçoivent (Gagnon *et al.*, 1999a). Pour ce qui est des refuges d'oiseaux migrateurs, ils ont été créés selon la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*. Le niveau de protection

y est moins élevé que dans le cas précédent, puisqu'il ne touche que les oiseaux. En fait, les limites imposées veillent seulement à restreindre le dérangement de la faune avienne lorsqu'elle est présente.

3.3.4.2 Les zones protégées de juridiction provinciale

La zone d'étude comprend trois types de ces zones de compétence provinciale, soit les parcs nationaux, les habitats fauniques et les rivières à saumon. Parmi les parcs nationaux, un seul est présent dans la zone à l'étude : le parc du Bic. Ce territoire, protégé en permanence, a une superficie de 33,2 km² dont près de la moitié se situe en milieu marin (Gagnon *et al.*, 1999a). Ce type d'habitat protégé interdit la chasse, la prospection, le piégeage, l'utilisation et l'exploitation des ressources à des fins de production forestière, énergétique ou minière. Pour ce qui est des habitats fauniques, ils ont été mis sur pied en 1993 en vertu de la *Loi provinciale sur la conservation et la mise en valeur de la faune* et du *Règlement sur les habitats fauniques* afin d'interdire toute activité susceptible de modifier un élément biologique, chimique ou physique propre à ces habitats (Gagnon *et al.*, 1999a). Enfin, les rivières à saumon de la zone ne seront pas étudiées, car ce statut offre une protection au niveau des rives et du lit de ces cours d'eau douce, ce qui ne touche pas directement la sélection de sites pour la mariculture.

3.3.4.3 *Les zones protégées de juridiction mixte*

La juridiction mixte apparaît lorsque les gouvernements fédéral et provincial gèrent tous deux la même zone. Le seul cas de zone protégée de juridiction mixte pour le Bas-Saint-Laurent est le Parc marin Saguenay – Saint-Laurent. Le principal but de ce parc est de protéger les écosystèmes d'un secteur représentatif de l'estuaire du Saint-Laurent et du fjord du Saguenay. Comme tout parc provincial ou fédéral, la protection est aussi accompagnée de la sensibilisation, de l'éducation et de la récréation du public.

3.3.4.4 *Autres zones protégées*

Les autres zones protégées sont majoritairement sous responsabilité internationale, municipale ou privée. Les zones de compétence internationale et privée seront développées ici.

Les zones de compétence internationale incluses dans la zone d'étude sont au nombre de deux : le site RAMSAR de l'Isle-Verte et la réserve mondiale de la biosphère de Charlevoix. Les objectifs poursuivis par la *Convention relative à la conservation des milieux humides d'importance internationale* (Convention de Ramsar) sont de promouvoir l'utilisation rationnelle des terres humides par l'application de politiques de conservation et de gestion compatibles avec les propriétés naturelles du milieu (Gagnon *et al.*, 1999a). La réserve mondiale de la biosphère de Charlevoix a été créée en vertu du programme

«L'homme et la biosphère» de l'UNESCO, programme qui se soucie principalement du développement durable.

Les zones de compétences privées retrouvées dans notre zone d'étude sont, pour la plupart, associées aux îles de l'estuaire, comme c'est le cas pour l'archipel Les Pèlerins, l'Île aux Lièvres, l'Île aux Basques, les îles du Pot à l'Eau-de-vie et l'Île aux Pommes. Les battures de Kamouraska comptent aussi parmi ces zones protégées. Les types de protection que procurent ces organismes privés peuvent passer de la protection de la biodiversité, à la protection des habitats ou des oiseaux, jusqu'à la protection intégrale d'une île.

3.3.5 Présence d'espèces animales à potentiel maricole ou retrouvées en abondance dans la zone d'étude

Les aires de distribution des espèces à potentiel maricole ou encore des espèces retrouvées en abondance dans le secteur à l'étude peuvent donner d'importants indices pour la mariculture. En effet, la présence d'espèces à potentiel maricole montre que les conditions biophysiques nécessaires à ces espèces sont regroupées dans le milieu. D'un autre côté, le fait de connaître les espèces qui se retrouvent en abondance dans la zone d'étude peut motiver le développement de nouvelles activités maricole entourant ces espèces disponibles.

Les cartes 12 à 19, présentées en rafale, montrent les aires de distribution, de reproduction et/ou de capture de plusieurs espèces lorsque ces dernières sont présentes dans les secteurs (A-B-C). À titre d'exemple, il n'y a pas de carte 12 A, étant donné qu'il n'y a pas d'informations concernant l'anguille dans cette région. Toutes les données présentées ont été fournies par le département du Système Intégré de Gestion de l'Habitat du Poisson (SIGHAP) de l'Institut Maurice-Lamontagne (MPO). Ces cartes doivent parfois être interprétées avec précaution, car 1) les données prêtes présentent l'état actuel des connaissances du SIGHAP sur les espèces ciblées et 2) les aires de distribution et de présence de l'espèce prouvent que des individus ont été retrouvés dans ces endroits sans toutefois signifier qu'il y a des concentrations élevées de ces mêmes individus.

Ces cartes 12 à 19 apportent des précisions et des informations précieuses à propos de l'Anguille d'Amérique, du Flétan du Groenland, de la Plie rouge, de la Mactre de Stimpson, de la Moule bleue, de la Mye commune et du Pétoncle d'Islande. Ce dernier est le seul organisme présenté comme étant abondant dans la région en raison de son aire de distribution qui englobe presque toute la zone. Il faut spécifier ici que le SIGHAP a prédécoupé les aires pour notre zone d'intérêt afin de ne rendre accessible que les données qui nous sont pertinentes. Ainsi, il ne faut pas déduire trop rapidement que ces espèces ne sont pas retrouvées à l'extérieur de la zone. D'autres aires de distribution d'espèces répandues dans toute la zone auraient pu être présentées sous forme de cartes, comme celle du Couteau de mer, de la Crevette des sables et du Concombre de mer. Ces espèces ont, à peu de différences près, la même répartition que le Pétoncle d'Islande. Le Buccin commun

est, pour sa part, présent entre Bic et Matane et aussi dans la région des Méchins. Dans le cas des espèces à potentiel maricole, il est ressorti que leur présence est généralement ponctuelle et ce, à la grandeur du Bas-Saint-Laurent.

3.3.6 Algues benthiques

Tout comme les espèces animales énumérées à la section précédente, les algues macroscopiques qui croissent sur les fonds de l'Estuaire du Saint-Laurent ont un certain potentiel commercial. À ce titre, il est intéressant de voir les possibilités qu'offre le Bas-Saint-Laurent. Les trois classes d'algues présentés sont les algues rouges, brunes et vertes. Cette classification fait référence à leur coloration et, dans le cas des algues rouges benthiques, ne doit pas être confondue par le lecteur avec les algues microscopiques toxiques héritant de la même appellation. Au Bas-Saint-Laurent, ce sont les algues brunes qui ont le plus grand intérêt commercial, c'est-à-dire les ascophylles, les fucus et les laminaires. Encore ici, les données ont été fournies par le SIGHAP.

3.4 CARACTÉRISTIQUES ANTHROPIQUES

3.4.1 Zones de navigation et installations portuaires

Les voies maritimes les plus importantes sont représentées aux cartes 20 A-B-C. Les principaux ports de même que les trajets de traversiers y sont aussi présentés.

3.4.1.1 *Les zones de navigation*

Le trafic maritime dans la zone d'étude n'est pas négligeable. La majorité de ces déplacements de navires se font dans le cadre de transports commerciaux ou encore de services de traversiers. Le tableau 6, inspiré de Gagnon *et al.* (1998), présente certaines statistiques concernant ces mouvements.

Tableau 6 : Sommaire du trafic maritime annuel dans la zone d'étude (pour 1997, 1998 ou 2000 selon la source)

Type de trafic	Nombre de déplacements ou mouvements de bateaux par année	Remarques	Source
Voie maritime du Saint-Laurent à la hauteur des Escoumins (trafic national, international et institutionnel)	5 231 mouvements en 1997 63,5% entre mai et octobre (inclusivement)	Mouvements de bateaux par catégorie en 1997: <ul style="list-style-type: none"> • Navires marchands : 3 970 • Navires citernes : 866 • Remorqueurs : 174 • Barges : 12 • Dragues : 6 • Paquebots : 21 • Navires institutionnels : 142 • Autres : 40 	1
Traversiers	Plus de 45 000	Mouvements de bateaux et période: <ul style="list-style-type: none"> • Rivière-du-Loup/Saint-Siméon : 1 788 (1997); début avril à début janvier avec pointe de la mi-juillet à la mi-août • Traversier de l'Île Verte : non déterminé • Trois-Pistoles/Île aux Basques : ~ 640 (1998); 1^{er} mai au 15 novembre • Trois-Pistoles/Les Escoumins : 700 (1997); mi-mai à mi-octobre • Rimouski/Forestville : 1 050 (1998); mai à octobre • Matane/Baie-Comeau/Godbout : 2 013 (2000) 	1 1 2 3

Sources: 1) Bouchard, 1999; 2) Traversier Rimouski/Forestville, 1999; 3) STQ, 2000.

Le tableau précédent montre que le trafic annuel engendré par la voie maritime du Saint-Laurent, incluant les déplacements des traversiers de la zone d'étude, est d'environ 50 000 mouvements de navire. Bien entendu, ces deux volets du trafic maritime ne couvrent pas tous les déplacements : les bateaux de pêche, les ports, les croisières (observation des baleines et autres), les plaisanciers, les kayaks de mer et les motomarines contribuent aussi à intensifier le trafic. Toutefois, nous gardons l'accent sur la voie maritime du Saint-Laurent et sur les traversiers, car ils utilisent des corridors précis de façon quasi permanente. Ce type d'utilisation, comme nous en discuterons ultérieurement, a un impact plus prononcé sur le potentiel maricole que les autres types de déplacements.

3.4.1.2 Les ports

Les ports de la zone d'étude ont aussi été identifiés aux cartes 20. La connaissance de l'emplacement des ports permet de situer le trafic qui l'accompagne, mais permet en plus d'identifier les opportunités que ces lieux procurent. Lors de la mise en place d'activités maricoles, la proximité d'installations portuaires est un facteur à ne pas négliger.

3.4.2 Activités maricoles

Comme il a été abordé dans l'introduction, les activités maricoles de la zone d'étude se limitent pour l'instant au grossissement et au conditionnement de l'Oursin vert en milieu naturel. Quatre sites aquicoles ont été autorisés dans la totalité de la zone (carte 21).

L'autorisation nécessaire à de telles activités, soit le permis d'installation aquicole en mer, est délivrée par le MAPAQ. Les quatre permis de la zone sont détenus par deux promoteurs (Gagnon *et al.*, 1999a).

3.4.3 Contamination chimique

Fortin *et al.* (1996), Centre Saint-Laurent (1996), Gagnon *et al.* (1998) et Gagnon *et al.* (1999a) dressent un bon portrait de la situation de la contamination chimique, organique ou inorganique de l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent. Ce sont ces ouvrages qui ont servis de base au résumé de la contamination chimique qui suit.

Les sources de contamination de ce type peuvent être divisées en quatre catégories: les eaux continentales, les eaux océaniques, les sources locales et les retombées atmosphériques.

3.4.3.1 Les eaux continentales

Dans la zone d'étude, les eaux continentales représentent une part importante de l'apport en contaminants. Ce sont principalement le fleuve et les tributaires de grande taille, comme la rivière Saguenay, qui y transportent les polluants dissous ou agrégés à des particules en suspension. Ces contaminants proviennent, dans la majorité des cas, des Grands Lacs et des activités riveraines intensives de la partie ouest du Fleuve Saint-

Laurent. Une bonne partie de ces contaminants parviennent aux eaux continentales par le biais des retombées atmosphériques. Pour la majorité des tributaires de la rive sud, les contaminants ont pour origine le rejet d'eaux usées industrielles et municipales, de même que les activités agricoles.

3.4.3.2 *Les eaux océaniques*

Les eaux océaniques parviennent du Golfe du Saint-Laurent. Bien qu'il y ait certaines sources de pollution en provenance des rives du golfe, celles-ci sont considérées comme mineures. Ces eaux peu polluées seraient contaminées majoritairement par les retombées atmosphériques locales aussi bien qu'éloignées. Le mercure et les BPCs présents dans les eaux océaniques sont un exemple de ces contaminants amenés par voie atmosphérique. Malgré tout, pour la zone d'étude, cette source de contamination n'est pas reconnue comme une source importante, sauf pour le cas des hydrocarbures pétroliers.

3.4.3.3 *Les sources locales*

Les eaux usées urbaines et industrielles, le trafic maritime, les activités portuaires, le ruissellement de zones urbaines et agricoles ou de sites riverains contaminés et les résidus de dragage sont les principaux exemples de sources locales. Les eaux usées urbaines sont une source de pollution importante, mais elles ont déjà été traitées précédemment. Les activités industrielles de la rive sud du Saint-Laurent ne sont pas majeures, ce qui fait que leur impact sur le milieu n'est en rien comparable à celui des entreprises implantées dans le

tronçon amont du fleuve. La zone d'étude possède toutefois un certain nombre de sites de dépôts dangereux (estimé à 8), dont le niveau de risque pour le milieu maritime est qualifié de faible à moyen par Gagnon *et al.* (1998). Pour ce qui est du trafic maritime, il est une source potentielle de déversements accidentels, de peintures antisalissures et de rejets d'eaux usées et de débris plastiques. Même si les déversements importants ne sont pas, historiquement, chose commune dans la zone d'étude, les impacts d'un tel événement serait très importants en terme de contamination. Enfin, les zones portuaires, en plus de générer une certaine contamination par leurs activités quotidiennes, sont parfois accompagnées, comme c'est le cas pour le quai de Rivière-du-Loup et de Rimouski-Est, d'activités de dragage. Ces activités peuvent être sources de redistribution dans les eaux de contaminants accumulés dans les sédiments dragués. Cette contamination peut affecter aussi bien la zone draguée que celle qui reçoit les matériaux enlevés.

3.4.3.4 Les retombées atmosphériques

Comme il a été précisé précédemment, les retombées atmosphériques peuvent provenir de très loin. Cette source de pollution est de ce fait plus difficilement contrôlable. Pour cette raison, la part de la contamination due à cette source est vouée à augmenter, puisque qu'un contrôle et une diminution des contaminants sont exercés sur les autres types de sources. Les retombées atmosphériques touchent inévitablement toute la zone d'étude, mais sa contribution à la contamination du milieu reste difficilement quantifiable.

3.4.3.5 L'état de la zone d'étude

«Les substances toxiques introduites dans la zone sont considérablement diluées par les eaux marines peu contaminées. Les concentrations aqueuses de la plupart des substances persistantes et bioaccumulatives (BPC, Mirex, etc.) sont de façon générale très faibles et inférieures aux critères de qualité les plus sévères établis pour la protection de la vie aquatique (Fortin et Pelletier, 1995; Fortin *et al.*, 1996; Gagnon *et al.*, 1998)» (Gagnon *et al.*, 1999c). Bien que la citation précédente stipule que les eaux de la zone d'étude sont faiblement polluées, l'âge des données sur les teneurs en contaminant (datant des années 1970), combiné au court temps de séjour de l'eau dans la zone d'étude, rend difficile l'obtention d'un portrait juste et valable de la contamination actuelle par les substances toxiques. Toutefois, ce que nous savons des patrons de distribution des contaminants dans la colonne d'eau, c'est qu'au niveau du front de turbidité de l'estuaire moyen, plusieurs contaminants dissous ont tendance à se lier à des particules en suspension, ce qui fait qu'au niveau de l'estuaire maritime, la patron de contamination de l'eau est semblable à celui des matières en suspension. Ceci se résume par des concentrations de contaminants plus fortes dans les couches d'eaux superficielles et profondes, la couche intermédiaire étant quasiment exempte de substances toxiques.

Puisque que les contaminants sont souvent liés aux particules en suspension, il est facile d'associer leur concentration dans les sédiments aux zones de sédimentation de la zone d'étude. De cette façon, la tête du chenal laurentien et les zones portuaires sont les principales zones de dépôt de contaminants du Bas-Saint-Laurent. Les principaux

contaminants retrouvés dans les sédiments à la tête du chenal sont le mercure, le plomb, les BPCs, les dioxines et les furannes polychlorés (en concentrations très faibles), le DDT, le mirex et les HAPs. Il est à noter que la concentration de ses contaminants n'a que dans quelques rares cas (aux environs des années 1970) dépassé le seuil d'effets néfastes (SEN). Ce seuil correspond à une teneur en polluants ayant des effets nuisibles sur la majorité des organismes benthiques ou, en d'autres termes, sur les organismes vivant en relation avec le fond (Fortin *et al.*, 1996). Dans le cas des ports, il faut préciser que les dépôts de contaminants sont souvent temporaires en raison des dragages. Ces sites sont aussi plus souvent contrôlés et analysés. Y sont présents, pour la zone d'intérêt, des métaux lourds, des BPCs et des HAPs. Le port de Rivière-du-Loup a déjà dépassé, en 1997, la SEN en mercure en raison d'un déversement accidentel ponctuel (Gagnon *et al.*, 1999a).

CHAPITRE 4

LE POTENTIEL MARICOLE DU BAS-SAINT-LAURENT

4.1 CRITÈRES DE SÉLECTION DES SITES

Pour effectuer une évaluation efficace du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent, il est intéressant de donner un ordre d'importance à chacune des caractéristiques décrites précédemment. Afin d'amoindrir la subjectivité qui pourrait s'insérer ici, l'avis de douze spécialistes du domaine, des producteurs et des chercheurs scientifiques, a été demandé. Ces spécialistes se subdivisaient en trois sous-groupes : cinq spécialistes en mariculture d'invertébrés, quatre spécialistes en pisciculture marine et trois spécialistes en mariculture générale (sans tendance marquée envers une ou l'autre des spécialisations précédentes). Malgré nos ambitions, seulement quatre de ces douze spécialistes, qui plus est uniquement des spécialistes de la mariculture d'invertébrés, ont fait suite à notre demande dans les délais de l'étude. Bien que le petit nombre de répondants entraîne une faible fiabilité des résultats et une grande variabilité des réponses fournies, nous jugeons qu'il est tout de même préférable de tenir compte et de s'inspirer des réponses offertes. La classification des caractéristiques qui a été obtenue suite à cette démarche est présentée au tableau 7. Les caractéristiques marquées d'un astérisque identifient les facteurs anthropiques qui peuvent être modifiés à plus ou moins long terme et les celles marquées de deux astérisques indiquent les facteurs anthropiques qui ne pourront vraisemblablement pas être modifiés dans un but d'aquaculture.

Tableau 7 : Importance relative en mariculture en mer, et selon quatre spécialistes (S1 à S4), des différentes caractéristiques physiques, biologiques et anthropiques énumérées au chapitre 3.

Caractéristiques	S1	S2	S3	S4	Moyenne
1. Contamination chimique (agriculture et industrie) *	1,00	0,80	1,00	1,00	0,95
2. Présence de l'espèce à l'état indigène	1,00	0,95	1,00	0,75	0,93
3. Présence d'algues toxiques	1,00	0,80	1,00	0,90	0,93
4. Endroits abrités (courants + vents + vagues + topographie de la côte)	1,00	0,70	1,00	0,90	0,90
5. Contamination bactérienne *	0,75	0,75	1,00	0,90	0,85
6. Nature des fonds	1,00	0,70	1,00	0,50	0,80
7. Présence de glaces dérivantes	0,75	0,75	1,00	0,70	0,80
8. Présence d'une voie navigable **	1,00	0,50	1,00	0,50	0,75
9. Présence de zones de conservation, parcs, etc. **	0,75	0,60	1,00	0,50	0,71
10. Bathymétrie	0,50	0,80	0,75	0,75	0,70
11. Température de surface	0,75	0,60	0,50	0,90	0,69
12. Aspects administratifs entourant les secteurs coquilliers fermés *	0,25	0,70	1,00	0,70	0,66
13. Salinité de surface	0,75	0,60	0,50	0,75	0,65
14. Conflits d'usage (avec pêche, tourisme, etc.) *	0,50	0,60	1,00	0,50	0,65
15. Présence de glaces fixes	0,25	0,70	1,00	0,60	0,64
16. Vitesse du vent	0,75	0,50	0,75	0,50	0,63
17. Courants de marée (valeur extrêmes)	0,50	0,40	0,75	0,70	0,59
18. Nutriments (exemple)	0,25	0,60	0,50	0,85	0,55
19. Production primaire (plancton)	0,25	0,60	0,50	0,85	0,55
20. Vitesse des courants résiduels	0,25	0,50	0,50	0,75	0,50
21. Direction du vent	0,50	0,25	0,75	0,25	0,44
22. Hauteur des vagues	0,25	0,40	0,75	0,25	0,41
23. Marnage (amplitude de la marée)	0,25	0,40	0,25	0,55	0,36
24. Topographie (relief terrestre, escarpement de la côte)	0,25	0,25	0,00	0,85	0,34
25. Matière en suspension	0,25	0,40	0,50	0,00	0,29

Les résultats présentés dans ce tableau dépendent des quatre répondants et de leur vision de la mariculture. Il leur avait été demandé de coter chaque caractéristique selon l'importance qu'ils lui confèrent en mariculture québécoise (notation sur 20). Aussi, ils devaient considérer la mariculture dans son sens le plus large, c'est-à-dire sans privilégier une espèce en particulier. Évidemment, un plus grand nombre de répondants aurait apporté une plus grande fiabilité des données, mais les résultats obtenus permettent tout de même de broser un tableau plus réaliste et complet de l'importance relative des caractéristiques du milieu pour la mariculture et principalement pour la mariculture en mer.

Sur les 25 caractéristiques cotées, les dix premières peuvent être considérées comme prioritaires. Ces caractéristiques sont la contamination chimique, la présence de l'espèce à l'état indigène, la présence d'algues toxiques, la présence d'endroits abrités, la contamination bactérienne, la nature des fonds, la présence de glaces dérivantes, la présence d'une voie navigable, la présence de zone de conservation et la bathymétrie. De ce fait, il est pris en compte que ces caractéristiques sont à considérer plus sérieusement lors du démarrage d'une entreprise maricole.

Aussi, une distinction peut être faite à l'intérieur même des caractéristiques anthropiques, soit entre celles qui sont permanentes et celles qui peuvent, à plus ou moins long terme, être modifiées. Les caractéristiques classées comme permanentes sont les voies navigables et les zones protégées. Ainsi, l'espace occupé par ces activités est considéré

comme non disponible de façon définitive. Les caractéristiques qui peuvent être modifiées, mais qui sont présentes actuellement, sont la contamination chimique et bactérienne, les secteurs coquilliers classés fermés à la consommation et les possibilités de conflits d'usage.

Ces deux types de classification des caractéristiques étudiées serviront de base à l'évaluation du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent présentée à la section suivante.

4.2 LES SITES PROPICES À LA MARICULTURE

La première étape de sélection est l'élimination des aires touchées par une caractéristique anthropique créant un obstacle permanent pour la mariculture. En plus de ce type de caractéristiques, identifié à la section précédente, les cartes 22 A-B-C retirent les régions dont la bathymétrie atteint les 50 mètres et plus de même qu'une région de dépôt permanente située en face d'Anse-au-Persil. En fait, les profondeurs de 50 mètres et plus ont été classées comme non propices à la mariculture pour des raisons techniques. Selon l'évolution des techniques maricoles, ces zones pourront être réévaluées, mais pour l'instant elles sont jugées sans potentiel maricole. De même, la zone de dépôt est exclue du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent pour des raisons de contamination, de concentrations probablement élevées de matières en suspension (phénomène ponctuel) et de trafic maritime.

Aux secteurs qui viennent d'être rognés peuvent être ajoutés quelques autres régions affectées par des caractéristiques anthropiques modifiables à plus ou moins long terme. Dans cette ligne de pensée, les cartes 23 A-B-C illustrent les zones restant après l'élimination supplémentaire des secteurs coquilliers fermés.

Les zones classées sans contraintes majeures et celles où la mention "secteur coquillier fermé" est la seule contrainte existante ont été divisées en plus petits sites. Les sites dessinés sont représentés sur les cartes 24 (A-B-C). Les caractéristiques de chacun de ces sites sont présentées dans le tableau 8. Ce tableau permet de faire une intégration de la situation particulière de zones plus restreintes, ce qui peut s'avérer un outil pratique pour les futurs entrepreneurs maricoles.

Selon ce tableau, les sites situés plus à l'est de la zone d'étude, soit les sites 17 à 24, sont généralement plus riches en terme de nombre d'espèces différentes qui y sont retrouvées. Quelques autres sites sont aussi variés en espèces présentes, comme les sites 12 et 15. Quatorze sites comprennent une partie de secteur coquiller, mais seulement 5 de ces sites contiennent, selon les données utilisées, des myes ou des mactres. Tous les gisements de Moule bleue sont exclus des sites puisqu'ils sont tous situés à l'intérieur de zones protégées. Le reste du tableau illustre bien les différentes caractéristiques qui ont été développées tout au long de cette étude. On y voit facilement les qualités conférées par la proportion plus élevée d'eau douce dans les sites 1 à 9. Les sites situés à l'est sont

remarqués pour leur caractère nettement plus marin et pour la plus grande stabilité de leurs caractéristiques biophysiques.

Dans une optique de développement maricole, les autres caractéristiques qui ne représentent pas des contraintes majeures ont tout de même une certaine influence. Ainsi, ces caractéristiques n'empêchent pas les activités maricoles, mais elles peuvent parfois les gêner considérablement.

Tableau 8 : Caractéristiques biophysiques des sites sans contraintes majeures à la mariculture

Numéro du site	Température de surface en été (°C)	Salinité de surface en été (‰)	Bathymétrie (m)	Présence de zone interdite (Oui ou Non)	Nature des fonds ^a	Courants nets estivaux de surface (cm/s)	MES (mg/L)	Production primaire (mgC•m ⁻² •an ⁻¹)	Statut de secteur coquillier (Ouvert ou Fermé)	Espèces présentes
1	10-20	8-16	0-10	O	P, S	0-5	10-50 et +	nd	F	Anguille, Couteau de mer.
2	7,5-15	12-20	0-50	N	S, SG	0-5	5-50 et +	nd	---	Anguille, Couteau de mer.
3	10-15	12-24	0-20	O	S	0-5	5-50	nd	F	Anguille, Couteau de mer.
4	7,5-15	12-24	5-50	N	S	0-5	5-50	nd	---	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
5	10-15	20-24	0-50	O	S	5-10	5-10	nd	F	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
6	7,5-15	16-24	5-50	N	PS, S	5-10	5-10	nd	---	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
7	7,5-15	20-24	0-50	O	PS, S, SG	0-5	2-10	nd	---	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
8	7,5-10	20-24	10-50	N	PS, S, SG	0-5	2-10	nd	---	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
9	7,5-15	20-24	0-20	O	PS, S, SG	0-5	2-10	nd	---	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
10	5-10	20-28 et +	5-50	N	S, SG	0-50	- de 2-5	0-50	F	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.

11	7,5-15	20-28	0-20	O	S, SG	0-5	2-5	0-50	---	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
12	5-15	24-28 et +	0-50	O	S, SG	30-50	- de 2-5	0-50	O	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Mye.
13	- de 5- 7,5	28 et +	10-50	N	SG	30-50	- de 2	0-100	---	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
14	5-15	24-28 et +	0-50	O	S, SG	20-50	- de 2-5	0-150	F/O	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Mye.
15	5-15	24-28 et +	0-50	O	S	10-30	- de 2-5	0-50	F	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Mactre de Stimpson.
16	5-7,5	28 et +	10-50	N	S, PTS	10-30	2-5	0-150	---	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande.
17	5-15	24-28 et +	0-50	O	S, PTS, SG	0-10	2-5	0-100	F/O	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande,
18	5-15	24-28 et +	0-50	N	S, PTS	5-20	2-5	0-50	---	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Buccin
19	5-7,5	28 et +	10-50	N	PTS, S	5-20	2-5	0-100	---	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Buccin.
20	5-10	24-28 et +	0-50	O	S, PTS	10-20	2-5	0-100	F	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Buccin.
21	5-15	24-28 et +	0-50	O	S, PTS, PS	10-20	2-5	0-100	F	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Buccin.
22	10-20	20-28	0-50	N	S, PTS	10-20	- de 2-5	0-100	F	Anguille, Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Mye, Plie rouge.
23	15-20	20-28	0-50	N	PTS, S, PS	10-20	- de 2	50- 150	F	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Plie rouge.
24	15-20 et +	24-28	0-50	O	PTS, S	20-30	- de 2	100- 150	F	Couteau de mer, Concombre de mer, Pétoncle d'Islande, Mye, Mactre de Stimpson, Buccin, Plie rouge, Pétoncle géant.

^a P: pétilite; S: sable; SG: sable graveleux, gravier et roche en place; PS: pétilite sableuse; PTS: pétilite très sableuse.

En premier lieu, la présence d'algues toxiques sur une grande partie de la région à l'étude implique des perturbations de l'exploitation lors des floraisons, soit principalement entre la fin juin et la mi-juillet de presque toutes les années. Cette caractéristique du milieu apparaît au troisième rang d'importance en mariculture (tableau 7) et elle est la première limite à ce type d'activité étant donné que la contamination chimique n'est pas une contrainte dans la zone d'étude et que la présence de plusieurs espèces dans la zone offre un certain nombre de possibilités. Les perturbations dues aux algues toxiques peuvent être de deux principaux ordres : la présence de toxines dans la chair des mollusques impose la cessation de leur vente et les floraisons importantes peuvent causer des mortalités massives chez les poissons en cages marines. Pour compléter le tour de ce sujet, il faut spécifier que la décontamination des mollusques se fait naturellement lorsque que les toxines disparaissent du milieu. Ce processus peut être utilisé pour accélérer la remise en vente de ces produits, ce qui est appelé la dépuration. Ce procédé consiste à mettre les coquillages dans de l'eau exempte de toxine jusqu'à ce qu'ils soient de nouveau comestibles toutefois, il représente des coûts en temps et en argent.

Placée en quatrième rang d'importance, la présence d'endroits abrités est aussi limitative pour la région étudiée. L'importance de cette caractéristique découle du fait qu'elle régie toutes les activités qui nécessitent des déplacements et des opérations en mer à partir d'embarcations. Lorsqu'il est question d'endroits abrités, plusieurs caractéristiques doivent être regroupées et observées dans leur ensemble. Ainsi, la vitesse et la direction des vents, en relation avec la topographie du littoral, la hauteur des vagues, la bathymétrie, de

même que les courants, servent à définir le degré d'abri que peut procurer un site. Il va de soit que les endroits abrités se retrouvent généralement le long des côtes. Or, les côtes du Bas-Saint-Laurent offrent peu de baies et d'escarpements protecteurs, donc plus d'exposition aux vents et aux courants. De plus, la bathymétrie fait en sorte que les quelques baies présentes sont en fait des zones intertidales, ce qui implique qu'elles se vident de leurs eaux à marée basse. Enfin, pour compléter le sujet des endroits abrités, le vent est une caractéristique à ne pas négliger. Un des spécialistes consultés lors de l'étude a souligné que des vents de plus de 15 nœuds rendent difficiles, même impossibles, les opérations à partir d'embarcations. Ces vents correspondent à un peu plus de 27 km/h (1 nœud = 1,852 km/h). Selon le tableau 2, la moyenne annuelle de la vitesse des vents excède les 26 km/h dans 50% des cas. Aussi, seulement 10% des vents sont de moins de 20 km/h. Lorsque l'année est fractionnée en saisons, il ressort que les vents les plus violents proviennent toujours du sud-ouest, du sud ou du nord-est. Au printemps, 52% des vents dépassent les 26 km/h. En été, la saison la plus calme, la vitesse des vents n'atteint pas la limite de 27 km/h, toutefois, 50% des vents sont de 25 km/h. L'automne est plutôt mouvementé avec 42% de vent de plus de 26 km/h et l'hiver est de loin la période la plus venteuse avec uniquement 11% de vents de moins de 26 km/h. En plus de la force appréciable des vents qui règnent sur le Bas-Saint-Laurent, leur direction ajoute aussi au manque d'endroits abrités. En fait, les deux directions les plus fréquentes sont dans l'axe du Saint-Laurent, soit le sud-ouest et le nord-est. Ainsi, à une fréquence moyenne annuelle de 47%, les vents soufflent de manière à ce que la côte n'offre aucune protection lors des opérations maricoles. Tous ces facteurs font en sorte que les sites à potentiel maricole

offerts par la région bas laurentienne sont difficilement exploitables sur près de la moitié de l'année en termes d'endroits abrités.

La nature des fonds est placée en 6^e rang d'importance pour la mariculture (tableau 7). Cependant, bien qu'elle soit importante, cette caractéristique est rarement limitative. Effectivement, les techniques maricoles actuelles permettent de s'adapter à presque tous les types de fonds. Il faut toutefois faire plus attention aux substrats trop mous ou trop durs, ce qui ne représente pas une contrainte particulière pour le milieu à l'étude.

Les glaces, dérivantes ou fixes, ont été classées respectivement au 7^e et 10^e rang d'importance. Les glaces dérivantes sont celles qui sont les moins compatibles avec les activités maricoles. Ce sont aussi ces glaces qui sont les plus présentes dans ce milieu. En fait, les conditions retrouvées ici imposent l'immersion des structures d'élevage lors de la période de glace, soit approximativement de la troisième semaine de décembre jusqu'à la fin du mois de mars. Cette particularité de l'hiver bas laurentien vient s'ajouter aux vents qui rendaient cette saison impropre aux activités maricoles. La présence de banquises solides aurait permis certaines activités maricoles lors de l'hiver, tel que la récolte, mais les seules glaces fixes de la région sont des glaces d'étran, ce qui signifie qu'elles sont soit liées au substrats, soit séparées de celui-ci par une faible quantité d'eau. Ceci implique qu'aucune structure ne peut se retrouver sous cette glace.

Les autres caractéristiques contenues dans le tableau 7 sont peu ou pas restrictives pour les activités maricoles. Ces caractéristiques sont la température, la salinité, les nutriments, la production primaire, le marnage et les matières en suspension. Premièrement, la température et la salinité ont une importance pour les organismes cultivés. Ce point sera abordé dans le chapitre suivant. Il ne s'agit dans ce cas que de choisir une espèce qui a un bon taux de croissance dans les conditions présentes dans le milieu d'intérêt. Aussi, les nutriments et la production primaire de la zone d'étude ne laissent présager aucun problème pour ce qui est de la nutrition des organismes filtreurs. Les poissons sont encore moins influencés par ces caractéristiques, dû au fait qu'ils sont nourris par l'éleveur. Le marnage n'est pas un élément critique puisque, comme dans le cas de la nature des fonds, les techniques peuvent le pallier. De plus, le marnage n'atteint pas de valeurs qui pourraient être qualifiées d'extrêmes, ce qui rend ses effets encore plus facilement contournables. Enfin, les matières en suspension n'atteignent pas des valeurs trop imposantes, à l'exception des environs de la baie Sainte-Anne. Toutefois, même dans cette section de la zone, les MES ne devraient pas causer de troubles importants aux organismes cultivés, qu'ils soient des mollusques, des échinodermes ou des poissons. À titre d'exemple, la concentration maximum de MES pour l'élevage des salmonidés en mer, 80 mg/L, n'est pas atteinte (Laird et Needham, 1988).

4.3 CONCLUSIONS CONCERNANT LES SITES PROPICES À LA MARICULTURE

Existe-t-il un potentiel maricole au Bas-Saint-Laurent? Lorsque sont enlevées les sections de la zone où règnent des contraintes majeures à la mariculture, nous pouvons calculer qu'une surface de 213 685 hectares demeure disponible à la mariculture. Toutefois, selon les conclusions qui ont été tirées à partir des connaissances accumulées sur les différentes caractéristiques du milieu, il est pertinent de douter du potentiel de mariculture «en mer» pour ce qui est des poissons, de même que pour les exploitations actives tout au long de l'année.

Pour les poissons, il faut prendre en compte l'alimentation. Nous avons dit précédemment que les conditions climatiques, tout particulièrement les vents, rendent difficiles les opérations à partir de navires. Aussi, il est logique de se questionner sur la viabilité d'un projet maricole pour lequel il serait impossible d'aller nourrir les organismes pendant plusieurs jours consécutifs. De plus, le fort stress imposé aux structures d'élevage de poissons (cages, ancrages et autres) par les vagues, les courants et les vents peut menacer la réussite d'un tel projet.

Le Bas-Saint-Laurent impose de sévères conditions climatiques hivernales. Il faut par conséquent prendre en considération le fait qu'une entreprise maricole active dans cette région devrait être rentable sur une base saisonnière, soit du printemps à l'automne. Ceci n'exclut pas toutes activités maricoles de la zone d'étude, mais constitue simplement une

mise en garde essentielle pour un développement rentable et durable de l'industrie maricole bas laurentienne.

De plus, il ne faut pas négliger les développements en ce qui a trait aux techniques maricoles. Toute technique permettant d'outrepasser les limites imposées par les conditions climatiques doit être considérée et, par la suite, le potentiel décrit ici doit être réévalué. Les techniques actuelles pouvant être envisagées pour la mariculture au Bas-Saint-Laurent sont ressorties au chapitre 6.

CHAPITRE 5

LES ESPÈCES AYANT UN POTENTIEL MARICOLE AU BAS-SAINT-LAURENT

5.1 ESPÈCES À POTENTIEL MARICOLE DANS L'EST DU CANADA

Les spécialistes consultés pour la classification des caractéristiques du milieu selon leur importance en mariculture ont placé la présence de l'espèce à l'état indigène au second rang. Ceci relève tout l'intérêt de connaître les ressources présentes dans la zone afin d'en considérer les possibilités en mariculture. Bien évidemment, le potentiel est fonction des caractéristiques du milieu, mais il ne faut pas négliger le fait que ces activités tournent autour d'un élément principal : l'organisme cultivé. Ainsi, la présence de l'espèce convoitée dans le milieu choisi indique que les conditions retrouvées à cet endroit sont favorables à cette même espèce. Cependant, il faut vérifier le rendement ou le taux de croissance qu'offre cet animal ou ce végétal dans le milieu ciblé. Là encore, la présence de l'organisme est un indice, mais n'est pas un truc infallible permettant décider de l'implantation d'une ferme maricole.

Blier *et al.* (2000) ont évalué le potentiel aquicole de différentes espèces de poissons marins, à des fins de développement de la mariculture au Québec, selon trois scénarios, soit l'élevage œuf à œuf, l'engraissement des juvéniles et l'ensemencement. Les poissons à plus fort potentiel pour l'élevage d'œuf à œuf sont, en ordre décroissant, le Loup atlantique, le Loup tacheté, l'Omble chevalier, le Saumon atlantique, la Truite arc-en-ciel, l'Omble de

fontaine, la Loquette d'Amérique, la Lompe, le Flétan de l'atlantique et la Baudroie. Dans le scénario d'engraissement de juvéniles, l'Omble chevalier, la Morue franche, le Flétan de l'atlantique, le Saumon atlantique, la Truite arc-en-ciel et l'Omble de fontaine sont ressortis premiers. Enfin, pour l'ensemencement, le Bar rayé arrive en tête de liste, suivi de l'Esturgeon, de la Plie grise, de la Plie rouge et de l'Aiglefin. Il faut se rappeler, avant de continuer, que cette classification est faite dans un contexte théorique qui peut être très différent de la réalité des années à venir. Ainsi, certaines possibilités ou espèces ont pu être mises de côté à l'heure actuelle et, dans quelques années, devenir des opportunités notables et vice versa.

Le potentiel d'élevage de différentes espèces d'invertébrés marins dans l'est du Canada a, lui, été étudié par Lemieux *et al.* (2002). Selon ces auteurs, les dix premiers crustacés en terme de potentiel maricole sont : le Homard, la Crevette grise des sables, la Crevette de roche, *Sabinea septemcarinata*, le Crabe araignée (*Hyas araneus*), le Crabe des neiges, la Crevette rose, le Crabe araignée (*Hyas coarctatus*), le Crabe commun et la Crevette verte. Pour l'embranchement des échinodermes, ce sont l'Oursin vert et la Concombre de mer qui se démarquent. Dans le cas des bivalves, la Mye commune, suivie par la Moule bleue, la Mactre de l'atlantique, l'Huître de l'est, le Pétoncle géant, la Quahog de mer (Cyprine d'Islande), le Couteau de mer, la Quahog commune (Clam quahog du nord), la Mye tronquée et la Mactre de Stimpson sont les dix espèces favorites pour l'est du Canada. Les dernières classes d'invertébrés à avoir été étudiées sont les gastéropodes et les

céphalopodes. Les espèces semblant y présenter le meilleur potentiel maricole sont le Buccin commun, le Calmar à courtes nageoires, la patelle et le Bigorneau comestible.

Comme pour les poissons marins, la classification des invertébrés fournie par Lemieux *et al.* (2002) est un outil théorique sur lequel peuvent se baser les entrepreneurs pour faire un choix d'espèce dans un but d'exploitation maricole. La section suivante aborde, de façon plus ciblée, les possibilités actuelles en ce qui concerne les espèces pouvant être envisagées pour la mariculture au Bas-Saint-Laurent.

5.2 ESPÈCES CIBLÉES POUR LE BAS-SAINT-LAURENT ET LEURS PARTICULARITÉS BIOLOGIQUES

Les espèces susceptibles d'être cultivées au Bas-Saint-Laurent sont choisies ici en tenant compte des limites du milieu exposées plus tôt, des espèces considérées à potentiel maricole dans l'est du Canada et de la disponibilité des connaissances et des technologies d'élevage.

Avant d'étudier les espèces ayant un potentiel pour la mariculture en mer, il est intéressant de s'arrêter sur la mariculture sur terre. La mariculture sur terre demande une grande connaissance de l'espèce cultivée et des paramètres qui influencent sa croissance et sa santé. Les espèces ayant un potentiel pour la mariculture sur terre au Bas-Saint-Laurent

sont, par conséquent, des espèces qui sont déjà cultivées de cette façon ou en voie de le devenir. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la zone d'étude entre aussi en jeu lors de cette sélection. Selon Motnikar et Champagne (2001), les poissons semblent à privilégier pour ce qui est de ce type de mariculture. Mme Motnikar précise que, pour le Bas-Saint-Laurent, le Loup atlantique, le Loup tacheté, la Loquette d'Amérique, la Lompe, le Flétan d'Atlantique et la Baudroie ont un potentiel en installations terrestres. Au sujet des espèces à cultiver en infrastructure terrestres au Bas-Saint-Laurent, nous avons aussi consulté un chercheur-conseil, lequel chercheur nous a confirmé la pertinence de la liste de Mme Motnikar dans une optique d'industrie visant le marché de la table. Ce chercheur-conseil a ajouté que les plus belles opportunités de mariculture sur terre au Bas-Saint-Laurent résident probablement dans les biotechnologies, comme les nutraceutiques, la biopharmaceutique, la production d'intrants de qualité pour l'industrie maricole, la production de produits certifiés et plus encore. Règle générale, les produits à haute valeur économique seraient à favoriser afin de rentabiliser la mariculture terrestre. Les particularités techniques et économiques de la mariculture sur terre seront abordées au chapitre suivant.

Pour ce qui est de la mariculture en mer au Bas-Saint-Laurent, selon ce qui a été dit précédemment, les poissons ne sont pas les meilleurs candidats. Étant donné les contraintes climatiques présentes dans ce milieu, il est plus justifié de se tourner vers les cultures qui nécessitent moins de soins et qui requièrent des structures moins imposantes que celles utilisées pour les poissons marins. De ce point de vue, les invertébrés offrent d'avantage de

possibilités. Il se peut que la culture d'algues soit aussi une option à envisager, cependant nos recherches se sont attardées plus spécifiquement sur les animaux.

En l'an 2002, il semblerait que les espèces les plus favorables à une mariculture en mer au Bas-Saint-Laurent sont le Buccin commun ou bourgot, l'Oursin vert, le Concombre de mer, la Mye commune et la Moule bleue. Le Pétoncle d'Islande est aussi envisagé en raison de son aire de distribution qui couvre une grande partie de la zone d'étude. Il sera aussi discuté brièvement du Pétoncle géant. Les crustacés ne sont pas de la liste précédente pour deux principales raisons : les techniques maricoles pour ces espèces sont peu développées au Québec et lorsqu'elles le sont, elles sont inadéquates à l'environnement de la zone d'étude.

5.2.1 Le Buccin commun

Le buccin est bien adapté aux conditions qui prévalent dans la zone d'étude dû au fait qu'il peut tolérer d'importantes variations de température et de salinité. C'est aussi une espèce sédentaire, c'est-à-dire qui se déplace peu. Il est exploité dans l'est du Canada, mais sa croissance lente amène une certaine difficulté au niveau du renouvellement des stocks.

Pour ces différentes raisons, déclin de certaines agrégations, intérêt commercial, bonne adaptation aux conditions climatiques de la zone et sédentarité, cette espèce est

candidate au conditionnement et grossissement en milieu naturel. Ce choix d'élevage s'est effectué en considération que bien que les techniques actuelles permettent l'élevage d'œuf à œuf pour le buccin, sa faible vitesse de croissance (7 à 8 ans) impose des coûts d'exploitation faible pour atteindre la rentabilité.

5.2.2 L'Oursin vert

Les recherches de techniques et de connaissances pour la culture de l'oursin sont beaucoup plus avancées que pour le buccin. En effet, les taux de fertilisation, le développement des larves et les caractéristiques des œufs commencent à être bien connus. Malgré cela, la véritable culture de cette espèce d'œuf à œuf n'est pas encore chose du possible. Dans la région, comme il a déjà été spécifié, la mariculture de l'Oursin vert se résume au conditionnement et à l'engraissement en milieu naturel.

L'Oursin vert a un taux de croissance non standard (variant selon les individus), taux qui dépend énormément des conditions qui règnent dans l'environnement, de même que des sources d'alimentation disponibles. Aussi, l'indice gonadique, ou la grosseur des gonades (les organes reproducteurs étant les seuls à posséder une valeur commerciale chez cette espèce), est difficile à évaluer comme, de ce fait, la valeur au marché de chaque individu. Ces deux particularités indiquent que plusieurs connaissances restent à être acquises avant d'entreprendre la mariculture de cette espèce sur un cycle de vie complet. Cependant, il est

intéressant de souligner que des moulees commerciales, produites aux États-Unis, sont déjà disponibles pour ce type d'élevage.

Cette espèce se retrouve dans la zone d'étude. Elle est tolérante aux différences de température et de salinité que l'on y retrouve. L'Oursin vert est sédentaire ce qui permet son conditionnement et son engraissement sans structures de confinement. Il se retrouve sur tous les types de fonds, mais préférentiellement sur les substrats durs tels que les rochers. Malgré le fait que les oursins peuvent vivre à des profondeurs considérables, ils se tiennent majoritairement à moins de 20 mètres et habituellement près des forêts de laminaires, leur source de nourriture.

5.2.3 Le Concombre de mer

Le concombre de mer n'est pas exploité commercialement au Québec. Il a un certain marché du côté asiatique, particulièrement en Chine et au Japon. Cet animal sédentaire se retrouve sur les fonds plutôt rocheux. Sa croissance lente suggère qu'une pêche plus intensive risquerait de faire décliner la population actuelle. Bien qu'il soit présent dans l'estuaire, il est difficile dans évaluer la densité.

Étant donnée l'état actuel des connaissances sur cette espèce, la stabulation en milieu naturel ou en cage est une option envisageable. Toutefois, une véritable mariculture sur tout

le cycle de vie nécessiterait des recherches plus avancées sur la biologie de l'animal, mais surtout sur la pertinence économique du développement d'une telle activité.

5.2.4 La Mye commune

Des essais expérimentaux de culture de la mye sont entrepris au Québec depuis peu. Les résultats de ses recherches permettront peut-être de développer cette mariculture au Bas-Saint-Laurent. La mye commune est déjà présente dans ce milieu, car elle est capable de supporter certains écarts de salinité et de température. Toutefois, le taux de croissance de cet organisme varie selon ces changements de valeurs, ce qui fait qu'il a une préférence pour les températures se situant entre 6 et 14 °C et pour les salinités oscillant entre 25 et 35⁰/₀₀. Aussi, les myes ont une meilleure croissance dans les substrats sableux ou vaseux et lorsqu'elles sont immergées. Elle se situe majoritairement entre 0 et 9 mètres de profondeur.

Le perfectionnement de ce type de mariculture semble intéressant pour le Bas-Saint-Laurent, car certains secteurs (tableau 8) présentent des conditions propices à leur développement. Aussi, la faible utilisation à des fins touristiques des plages du Bas-Saint-Laurent laisse croire à peu de conflits d'usage. Cependant, il faut considérer sérieusement l'impact de la contamination bactérienne et de la présence d'algues toxiques dans l'évaluation de la rentabilité d'un tel type de culture.

5.2.5 La Moule bleue

La Moule bleue est probablement le mollusque le mieux connu en mariculture québécoise. Plusieurs techniques sont disponibles et les recherches continuent d'en développer de nouvelles. Le tout dernier numéro de La Dépêche (CSMOPM, 2002) fait état de possibilités d'élevage en suspension en plein océan, démonstration biotechnique faite par l'Université du New Hampshire en collaboration avec le NOAA. La technique du boudin en continu est celle qui a été utilisée. Cette nouvelle présente un intérêt certain pour cette région exposée qu'est le Bas-Saint-Laurent.

La mariculture de moule représente une possibilité de développement pour la région à l'étude en raison des caractéristiques biologiques de cet animal. Comme la mye, elle supporte certains écarts de température et de salinité. Les valeurs optimales pour sa croissance sont des températures entre 10 et 20 °C et une salinité de 26 ppm. Le paramètre qui semble influencer le plus la moule est la quantité de nourriture, ce qui ne devrait pas être un inconvénient dans la zone d'étude. Toutefois, il faudrait porter une attention particulière au taux de croissance de cette espèce dans les conditions propres à la zone d'étude avant d'envisager une telle exploitation.

5.2.6 Le Pétoncle géant

Le Pétoncle géant a une valeur commerciale très intéressante. Au Bas-Saint-Laurent, les données du SIGHAP indiquent une possibilité de présence de cette espèce dans la zone d'étude. Après consultation (Giguère, 2002), il semblerait que cette présence soit anecdotique ou encore le résultat d'une erreur. En plus, si cette espèce est effectivement présente, il est très probable que la production de naissains par les quelques individus présents ne soit pas suffisante pour supporter une activité maricole.

Il faut noter que le Pétoncle géant supporte mal les variations de salinité. Cette espèce d'eau froide a une croissance optimale entre 10 et 15 °C. Il importe aussi de connaître la tolérance de ces organismes envers l'exposition, car étant donné les caractéristiques bathymétriques du milieu à l'étude, les profondeurs d'eau adéquates à une mariculture en suspension imposent un site de culture au large des côtes. Toujours après consultation, il a été spécifié qu'étant donné les caractéristiques de cette espèce, il n'y aurait pas d'avenir pour ce type de mariculture au Bas-Saint-Laurent.

5.2.7 Le Pétoncle d'Islande

La présence du Pétoncle d'Islande dans la zone d'étude ne passe pas inaperçue. Toutefois, dans une optique purement maricole, cette espèce semble avoir un avenir très incertain. Ceci est dû principalement à sa croissance lente, soit de huit ans pour atteindre la

taille commerciale. De plus, son potentiel maricole semble avoir été étudié par certains, notamment les Norvégiens, mais sans grandes conclusions.

Cette espèce a malgré tout des avantages indéniables pour le Bas-Saint-Laurent : la turbidité influence sa croissance, elle peut se situer à des profondeurs allant de 15 à plus de 300 mètres, elle vit à des températures oscillant entre -1,8 et 8 °C, elle supporte les variations de salinité. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, ses rendements les plus élevés sont retrouvés à l'est de l'Île Rouge.

CHAPITRE 6

LES PARTICULARITÉS TECHNIQUES D'UNE MARICULTURE BAS LAURENTIENNE

Au risque de nous répéter, lors de la sélection d'un site pour la mariculture un lien très fort ressort entre les caractéristiques du milieu, la ou les espèces cultivées et les techniques maricoles. Comme il a été mentionné précédemment, les lacunes techniques ont repoussées l'option de la mariculture de poissons en mer pour la zone étudiée.

Dans ce chapitre, l'ensemble des techniques actuelles intéressantes pour le Bas-Saint-Laurent seront exposées. D'abord, un coup d'œil à la figure 5 tirée de Gharbi et Millot (2000) offre un résumé des techniques maricoles qui sont utilisées de nos jours.

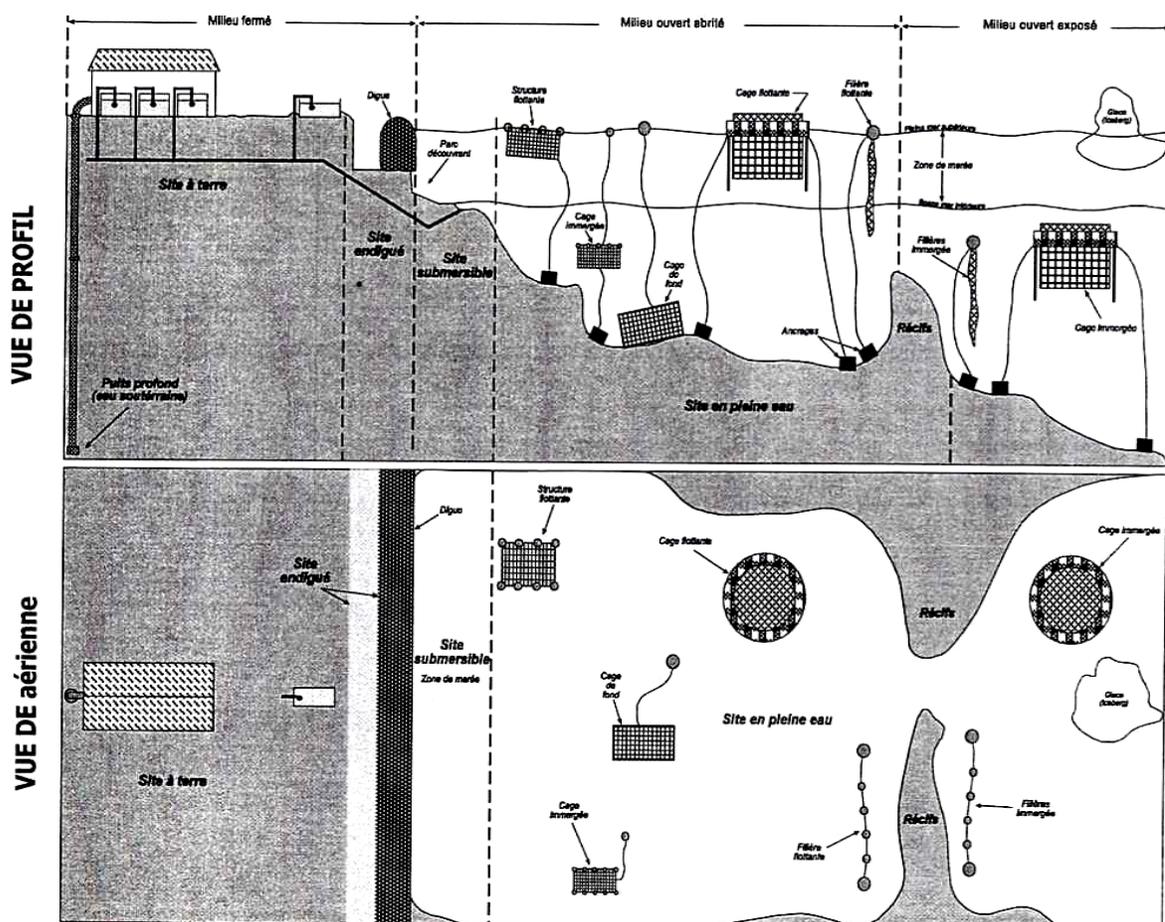


Figure 5 : Sites et infrastructures maricoles en milieux terrestre et marin

(Source : Gharbi et Millot, 2000)

6.1 TECHNIQUES DE MARICULTURE EN MER

Quelques techniques pouvant être appliquées au Bas-Saint-Laurent ont été présentées, selon les espèces, dans le chapitre précédent. Il est possible de résumer les exigences techniques imposées par le milieu à la mariculture en mer : 1) le type de culture choisi doit minimiser le nombre de sorties en mer, 2) les techniques utilisées doivent offrir le moins de

résistance possible aux courants, aux vents et au marnage, 3) les techniques doivent s'adapter aux différents types de fonds et 4) les structures doivent se retirer facilement du milieu ou encore être compatibles avec la présence de glaces dérivantes (immersion ou absence de structures de confinement).

Toutes ces conditions font en sorte que les activités pouvant être réalisées sur le fond et celles ne nécessitant aucune structure d'élevage sont particulièrement intéressantes pour la zone d'étude. Ainsi, les espèces sédentaires sont privilégiées à ce niveau. Mis à part ces élevages particuliers, les techniques employées en zone exposées, telles que les filières en suspension flottantes ou immergées, ont un intérêt certain pour le territoire bas laurentien.

Règle général, le Bas-Saint-Laurent voit l'avenir du développement de son industrie maricole passer par le biais du développement de techniques d'élevage adaptées aux conditions qui lui sont particulières. Le fait de se concentrer sur ce point permet de répondre véritablement au besoin des entrepreneurs susceptibles de s'implanter dans cette région.

6.2 TECHNIQUES DE MARICULTURE SUR TERRE

Étant donné les nombreuses limites imposées à la mariculture en mer, la mariculture sur terre est une option à envisager pour le Bas-Saint-Laurent. En fait, plusieurs caractéristiques de la région font en sorte que la construction de telles infrastructures serait

possible. C'est particulièrement la topographie de la côte, qui fait en sorte que la majorité des terres à proximité du fleuve sont peu élevées par rapport à celui-ci, qui constitue un avantage.

6.2.1 Approvisionnement en eau salée

Selon la description faite par Gharbi et Millot (2000), il y a deux types d'approvisionnement en eau salée, soit l'approvisionnement en eau salée de surface et celui en eau salée souterraine. Dans la région du Bas-Saint-Laurent, il y a des installations de surface en place à l'IML (Mont-Joli) et à l'ISMER (Pointe-au-Père). Ces installations ont démontré, après une décennie de fonctionnement, la faisabilité de cette approche dans la région. Il est probable que l'approvisionnement en eaux souterraines ait déjà été effectué dans la région, mais nous n'avons pas poussé plus loin la recherche en ce sens.

6.2.2 L'aquaculture terrestre canadienne

Dans son rapport intérimaire, le comité sénatorial permanent des pêches (2001) dresse un portrait intéressant des discussions entourant actuellement l'aquaculture sur terre de poisson au Canada.

Au Canada, la méthode préférée pour le grossissement en aquaculture du poisson est celle des cages en filet, une technique d'élevage qui offre aux aquaculteurs l'avantage d'être relativement simple, qui nécessite un investissement relativement

moins important que les autres techniques et qui permet d'augmenter progressivement la capacité de production. Toutefois, comme il a déjà été mentionné, les cages en filet posent des problèmes environnementaux, écologiques et sanitaires. On s'est donc tourné vers les soi-disant « systèmes fermés » (ou systèmes à recirculation), qui ont été décrits comme étant la prochaine étape normale de l'évolution du secteur. D'après plusieurs intervenants, ces systèmes devraient remplacer, ou remplaceront tôt ou tard, les cages à saumon en filet⁽⁵²⁾. Certains seraient déjà en usage pour d'autres espèces ou dans d'autres pays, ou en sont actuellement à l'étape de la mise au point. [...] Décrit comme étant le moyen le plus sûr pour exploiter une pisciculture (installations terrestres dans lesquelles l'eau est recirculée), ce genre d'installation offre les avantages suivants : impossibilité pour le poisson de s'évader; risque réduit de rejets d'effluents dans le milieu marin; risque faible ou nul de transmission de maladies entre les espèces d'élevage et les espèces locales; élimination du problème de la prédation; besoin réduit de médicaments et d'antibiotiques; pharmacothérapie contrôlée et réduction d'autres coûts (assurance, réglementation gouvernementale, etc.); réglage et contrôle plus facile des conditions d'élevage pour maximiser la production. Des intervenants des deux côtes ont prédit que l'aquaculture terrestre deviendra un jour la technique aquacole de pointe pour la mise en valeur de nouvelles espèces, tant en eau douce qu'en milieu marin. [...] Concernant les systèmes ouverts et les systèmes fermés, les tenants de la salmoniculture ont rejeté les « systèmes fermés », les jugeant beaucoup trop coûteux par rapport aux cages en filet. Ils exigent un investissement initial relativement élevé et leur coût d'exploitation (p. ex. le coût de l'énergie) est plus élevé parce que d'importants volumes d'eau doivent être recirculés et traités quotidiennement. Les membres du Comité ont appris que ces systèmes, quoique réalisables techniquement, ne sont pas tout à fait au point et peuvent ne pas convenir à des conditions rigoureuses (comme les grandes marées et les eaux tumultueuses de la baie de Fundy), et que leur rentabilité reste à prouver, particulièrement eu égard aux réalités d'un marché mondial des produits de la mer très compétitif. D'aucuns ont contesté ce dernier point, déclarant que si on comparait tous les coûts environnementaux, écologiques, sociaux et réglementaires de l'aquaculture en cages de filet à ceux des systèmes fermés, ces derniers s'avéreraient très intéressants. C'est que la salmoniculture telle qu'elle se pratique actuellement ne tient pas compte des coûts qu'elle impose à l'environnement et aux autres groupes d'utilisateurs (les pêcheurs sportifs et commerciaux, les peuples autochtones, le tourisme maritime). D'autres ont fait remarquer que les systèmes terrestres n'offrent pas de solution au « dilemme de la farine de poisson » dont il a été question plus haut.

Règle générale, la mariculture sur terre implique des coûts importants ce qui remet en cause la viabilité des entreprises utilisant une telle technologie. Aussi, la complexité

zootechnique de ce type d'élevage le rend encore plus difficilement réalisable. Les améliorations techniques à venir et le développement des connaissances biologiques sur le cycle d'œuf à œuf des espèces cultivées réduiront peut-être l'écart de rentabilité creusé entre la mariculture en mer et a mariculture sur terre. Toutefois, pour le Bas-Saint-Laurent, la mariculture en installations terrestres est une avenue de développement très intéressante qui doit être considérée.

CHAPITRE 7

DISCUSSION

Les informations recueillies et traitées lors de l'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent suscitent plusieurs réflexions et questionnements. Chacun des sous-titres de cette discussion aborde un thème différent de ces prises de conscience. Les données obtenues tout comme certaines façons employées pour les obtenir sont à la base de cette discussion.

7.1 OPPORTUNITÉS POUR LE BAS-SAINT-LAURENT DANS LE DOMAINE DE LA MARCULTURE

Deux des atouts que possède la Bas-Saint-Laurent en terme de développement de l'industrie maricole sont l'existence de centres de recherches spécialisés dans les sciences halieutiques déjà bien implantés dans la région et sa proximité par apport aux marchés nationaux et internationaux. Ces avantages peuvent fournir la motivation et les outils afin de surmonter ou de contrer les difficultés rencontrées lors du processus de développement

La présence de plusieurs centres de recherche sur le territoire bas laurentien est une particularité pouvant stimuler le développement de l'industrie maricole de cette région. Le Bas-Saint-Laurent se distingue déjà par son expertise dans le domaine de la recherche et de

la formation en océanographie et en «science de la mariculture». Ces institutions sont une force qui peut être utilisée pour améliorer la position de la mariculture dans cette région maritime. Leur proximité et leur accessibilité peuvent être exploitées afin d'améliorer, de façon plus adaptée aux besoins du Bas-Saint-Laurent, les techniques d'élevage de même que les connaissances sur des espèces potentiellement cultivables. Ainsi, en gardant l'accent sur les contraintes imposées par le milieu, il serait possible de développer une mariculture plus adéquate à la zone et, par le fait même, de limiter l'effet «essai et erreur» qui a été observé chez les entreprises de ce type dans le passé.

La proximité des marchés peut être un élément favorable à la rentabilité des futures entreprises maricoles bas laurentiennes. Le Bas-Saint-Laurent est en fait la région maritime la plus près des grands centres de consommation du Québec et des centres de distribution au niveau national et international. Ceci réduit les coûts en transport et en perte de fraîcheur du produit et, par le fait même, représente un avantage pour cette région. Dans un autre ordre d'idées, les caractéristiques du Bas-Saint-Laurent le rendent propice à la stabulation des organismes marins, ce qui, combiné à la proximité des marchés, peut représenter une stratégie de développement intéressante pour l'industrie québécoise. Ainsi, les organismes en provenance de l'est du Québec pourraient être reparqués quelques temps dans la zone d'étude afin de conserver la fraîcheur du produit tout en guettant le moment propice à la vente.

7.2 LE BAS-SAINT-LAURENT PEUT-IL ÊTRE COMPÉTITIF DANS CE DOMAINE?

Une étude de potentiel maricole comme celle-ci ne peut répondre à une telle question, mais il est important de la soulever et de ressortir ce qui peut représenter une limite sérieuse à la rentabilité et à la compétitivité d'éventuelles entreprises maricoles.

Règle générale, en plus des contraintes techniques, la mariculture est restreinte par l'état des connaissances en biologie des espèces marines et, par conséquent, sur le véritable potentiel de ces espèces en ce domaine. En fait, ce type de connaissance est mieux développé pour les organismes déjà commercialisés que pour les autres. Ceci fait en sorte que l'amélioration en quantité et en qualité des informations sur les organismes marins ne peut qu'améliorer le sort de la mariculture au Bas-Saint-Laurent en créant de nouvelles avenues ou de nouveaux créneaux qui pourraient être particulier à la région. À titre d'exemple, les biotechnologies, les produits biologiques et les produits à forte valeur commerciale sont des axes qu'il pourrait être intéressant d'explorer. L'exclusivité semble être une des rares possibilités de succès dans le cas où la compétitivité technique et économique du Bas-Saint-Laurent s'avérerait impossible.

7.2.1 Les menaces au développement de la mariculture au Bas-Saint-Laurent et les manières de les contrer

Les principaux désavantages du Bas-Saint-Laurent dans le domaine maricole découlent directement de ses caractéristiques biophysiques. Comme il a déjà été cerné précédemment, le caractère saisonnier de la mariculture en mer, les valeurs et variations des paramètres physico-chimiques et les techniques disponibles à l'heure actuelle, tant pour la mariculture en mer que sur terre, sont les freins majeurs au développement de cette industrie dans cette région.

La rigueur de l'hiver au Québec est particulièrement restreignante pour la mariculture au Bas-Saint-Laurent. Il est certain qu'une entreprise désirant s'y implanter devra faire le choix de ne pas opérer entre décembre et fin mars ou encore d'œuvrer sur terre. Dans ces conditions, une telle entreprise peut-elle vraiment être concurrentielle? C'est la question qu'il lui sera nécessaire de se poser et, qui plus est, à laquelle elle devra trouver une réponse. Étant donné les obstacles imposés à cette activité dans la zone d'étude, son succès pourrait reposer sur l'exclusivité plutôt que sur les produits offerts par les joueurs déjà bien établis.

L'instabilité de certaines des caractéristiques physico-chimiques étudiées, tel que la salinité et la température, constitue aussi un élément de ralentissement du développement maricole. Autrement dit, les changements de paramètres physico-chimiques de l'eau doivent

inévitablement être pris en compte lors du choix de l'espèce cultivée. Ces variations, bien que l'organismes choisi soit capable d'y résister, peuvent imposer un stress métabolique certain à celui. En effet, afin d'y survivre, une demande énergétique plus grande sera faite par l'organisme qui vit dans de telles conditions. Cette demande énergétique accrue fait souvent en sorte que l'organisme est limité dans sa croissance en raison de l'énergie dépensée à son adaptation à l'environnement. Cet aspect du Bas-Saint-Laurent est aussi à prendre en considération lors des intentions de démarrage d'entreprise maricole, autant sur terre qu'en mer.

Comme il a été répété à quelques reprises depuis le début de ce rapport, les techniques actuellement utilisées ou disponibles pour la mariculture (sur terre ou en mer) ne permettent pas une totale liberté dans le choix des sites d'exploitation. C'est dans le développement de techniques pour la mariculture en milieu exposé ou des installations terrestres, en recirculation ou non, que repose les plus grandes possibilités de développement de la mariculture bas laurentienne. Ainsi, de nouvelles techniques permettant l'utilisation des espaces en milieu ouvert, une plage de production plus élargie et plus rentable, de même qu'une diminution de l'impact de la variation des paramètres physico-chimiques sont l'avenue que le Bas-Saint-Laurent devrait emprunter pour assurer un plus grand succès de ses activités maricoles. Les freins à l'exploitation maricole sont une chose, mais la prise de conscience face à ces menaces est probablement le début de la solution.

7.3 LA FIABILITÉ ET LA VALIDITÉ DES DONNÉES DE BASE DE L'ÉTUDE OU LE DEGRÉ D'INCERTITUDE

Une recherche comme l'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent est basée sur plusieurs données et informations recueillies lors de revues de littérature, d'entrevues et de conversations tenues avec des spécialistes du domaine. Toutefois, il est important de remettre ces données en perspective afin d'être pleinement conscient des quelques lacunes que peut cacher cette recherche. Pour cette raison, nous traiterons ici des efforts qui ont été déployés pour réduire la subjectivité de ce travail, de la variabilité spatio-temporelle des caractéristiques observées lors de l'étude et, enfin, des effets qui découlent directement du style de recherche employé, soit la recherche littéraire.

7.3.1 Efforts de réduction de la subjectivité

La subjectivité peut survenir à tout moment lors de la réalisation d'un projet comme celui-ci. Dans notre cas, certaines mesures ont été prises dès le début de la recherche afin de réduire ce paramètre. Dans la majeure partie des cas, l'appel aux spécialistes a permis d'atteindre cet objectif. Ainsi, le choix des caractéristiques a été objectivé par les six spécialistes consultés. De cette façon, ce choix est plus efficace que s'il avait été effectué par une seule personne. De la même façon, l'importance relative de chacune de ces caractéristiques a été rendue plus objective dû au fait qu'elle a été réalisée par quatre spécialistes. Bien que notre but premier était d'obtenir une plus grande participation, nous apprécions les résultats obtenus.

Néanmoins, tous ces efforts n'ont pas révoqué toute subjectivité de cette étude. Il peut être dit que le choix des différentes caractéristiques est fiable et valable, toutefois, l'ordre d'importance des caractéristiques en contexte maricole porte à discussion. Cette étape est déterminante pour le travail réalisé, ce qui fait que le petit nombre de spécialistes qui a participé à la cotation de la grille remet en question l'efficacité de celle-ci. Malgré tout, le résultat obtenu semble cohérent et suffisamment réaliste pour servir de base à la sélection des sites effectuée.

À ce titre, et comme dernier effort de réduction de la subjectivité, et pour suivre les conseils de certains lecteurs, nous avons consulté notre chercheur-conseil après la fin de l'étude, afin d'appuyer les résultats obtenus au tableau 7. Notre chercheur-conseil a soutenu le fait que l'ordre présenté dans ce tableau s'adapte très bien à une situation de pisciculture en mer. Cet avis vient combler le manque de spécialistes en ce domaine ayant répondu à notre questionnaire. Ce chercheur ajoute que la présence de l'espèce à l'état indigène est d'autant plus important en situation d'élevage de poissons en cages marines, puisque de cette caractéristique dépendent la pollution génétique et les risques environnementaux liés aux échappées de nouvelles espèces dans l'environnement. Il ajoute aussi que la perception du public et le risques de pollution découlant de cette industrie sont aussi des caractéristiques importantes pour la pisciculture en mer.

7.3.2 Variabilité spatio-temporelle des caractéristiques observées

Le but de cette section de rapport est de conscientiser le lecteur à propos des cartes produites. En fait, il faut garder en mémoire que ces cartes sont une synthèse de ce qui existe dans la littérature à l'heure actuelle. Le point le plus important à retenir est toutefois que plusieurs caractéristiques physico-chimiques, comme la température, la salinité, la nature des fonds, les courants nets estivaux de surface et les concentrations de matière en suspension (MES) et de $\text{NO}_3\text{-N}$, peuvent être et sont majoritairement sujettes à des changements saisonniers, mensuels, hebdomadaires, journaliers et même horaires dans certains cas. Nous voulons simplement mettre l'accent sur le fait que les cartes présentées dans ce rapport ne sont qu'une approximation ou une moyenne des valeurs observées sur le terrain. Ces cartes sont efficaces pour ce qui est de se faire une idée générale des conditions du milieu, mais elles ne représentent en rien la réalité de tous les instants.

7.3.3 Effets de la recherche littéraire sur les résultats

Le dernier point concernant l'incertitude possible des résultats présentés dans cette étude est l'effet induit par le caractère particulier de la recherche littéraire. La recherche littéraire a ceci de particulier : seul les sujets déjà abordés dans le passé sont documentés, certaines données datent de plusieurs années et il n'y a qu'un nombre restreint d'études et de chercheurs spécialiste pour un même sujet.

Dans notre recherche, ceci implique que plusieurs données perdent de la valeur en raison du fait qu'elles sont âgées, elles datent parfois même des années 1940. Aussi, dans le cas des différentes caractéristiques biophysiques du milieu, le même auteur est souvent repris pour un sujet donné. À titre d'exemple, El-Sabh (1979) semble être l'ouvrage de référence pour tout ce qui concerne la circulation de surface de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Ceci a pour conséquence qu'une recherche littéraire portant sur un milieu peu étudié, dans l'absolu, a des possibilités restreintes en ce qui concerne la confirmation des informations à travers plusieurs sources. Par conséquent, la présente recherche est limitée par la quantité et la fiabilité des données de base recueillies lors de la revue.

CHAPITRE 8

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent a su démontrer qu'actuellement 213 685 des 841 884 hectares de la zone d'étude ont, jusqu'à preuve du contraire, un certain potentiel maricole. Toutefois, les contraintes climatologiques qui y règnent ne sont pas négligeables et devront être prises en compte lors de l'évaluation des projets maricoles à venir. Ces contraintes nous ont poussé à conclure que la pisciculture en mer doit être évitée dans la zone d'étude. L'oursin vert et la Mye commune semble être les espèces favorites pour ce qui est de la mariculture en mer. Certains poissons marins élevés pour le marché de la table (Loup atlantique, Loup tacheté, Loquette d'Amérique, Lompe, Baudroie et Flétan atlantique) et des organismes élevés dans un but d'utilisation en biotechnologie sont, pour leur part, à envisager pour la mariculture en installations terrestres. Comme il a été répété fréquemment, le développement de la mariculture au Bas-Saint-Laurent est dépendant des améliorations techniques et économiques des méthodes d'élevage en milieux exposés et sur terre.

Il faudrait peut-être mettre en garde le lecteur face au fait que certaines des données utilisées datent de plusieurs décennies et que les résultats obtenus jadis diffèrent sensiblement de la situation actuelle. C'est donc en tenant compte de ces limites que nous énonçons les cinq recommandations suivantes.

Recommandation 1 : il est proposé de vérifier sur le terrain la précision des résultats énoncés dans cette étude et en particulier pour les sites potentiels les plus prometteurs. En ce sens, nous vous recommandons d'étudier un site par secteur de la zone d'étude, soit un site pour la région saumâtre, un pour la région à salinité intermédiaire et un dernier dans la région à caractère plus marin afin de vérifier la pertinence des résultats obtenus. Étudier ces sites permettrait de pousser plus loin encore la connaissance du potentiel maricole de la région. D'après l'analyse des 24 sites ayant un potentiel, il ressort que les sites les plus à l'est sont plus diversifiés en terme d'espèces présentes. Les caractéristiques biophysiques y sont aussi plus stables et à caractère plus maritime que l'ouest de la zone d'étude. Toutefois, les courants longeant la rive dans cette région sont forts et pourraient mêmes être contraignants pour la mariculture. Lorsque nous observons les sites dans leur ensemble, nous constatons que 14 d'entre eux couvrent en partie une zone coquillière, cinq seulement possèdent des myes ou des mactres (sites 12, 14, 15, 22 et 24) et seulement deux de ces cinq sites, les sites 12 et 14, ont une partie de leur surface dans un secteur coquillier ouvert. Il est aussi intéressant de noter que l'Anguille d'Amérique, le Couteau de mer, le Concombre de mer et le Pétoncle d'Islande sont communs à presque tous les sites à potentiel maricole de la région.

Recommandation 2 : l'évaluation de la performance biologique d'un nombre restreint d'espèces ayant le plus de potentiel dans les sites à haut potentiel. Plusieurs intervenants du

milieu suggèrent que la Mye commune et l'Oursin vert fassent partie des espèces sur lesquelles la priorité devrait être mise pour la mariculture en mer au Bas-Saint-Laurent. L'évaluation de leur performance en mariculture serait une continuation logique de l'étude du potentiel maricole de cette région.

Recommandation 3 : le développement d'une expertise régionale en technique de stabulation pourrait avoir un impact non négligeable pour la région. Une telle expertise aurait des retombées pour l'élevage d'une espèce comme l'Oursin vert, par exemple, et pourrait également permettre à moyen terme de mettre sur pied un centre de stabulation et de distribution de la production maricole du Québec. À ce dernier niveau, le Bas-Saint-Laurent tirerait profit du fait qu'il est la région maritime la plus rapprochée des grands centres.

Recommandation 4 : la mise sur pied d'un centre de recherche et développement en techniques et structures d'élevage qui pourrait prendre la forme d'un réseau de spécialistes à travers le Québec. En fait, un tel centre permettrait à la région de mieux répondre aux besoins de tous les secteurs maritimes. Par exemple, l'augmentation des connaissances en matière de captage de mollusques et de leur production en écloserie - nurserie pourraient avoir un impact majeur pour résoudre les problématiques de l'approvisionnement en juvéniles pour la mariculture. La région serait également en mesure d'utiliser ses infrastructures de recherche pour tester, en milieu contrôlé, les techniques

d'ensemencement. De plus, les conditions difficiles rencontrées dans le Bas-Saint-Laurent procureraient à la région l'avantage de pouvoir tester sur le terrain les techniques et structures dans des conditions rigoureuses. Un tel centre permettrait aussi de pousser plus loin les recherches sur la mariculture sur terre et plus précisément sur la recirculation, une voie d'avenir pour la région d'intérêt. Bien qu'un réseau comme celui-ci réponde aux besoins de la province entière, pour le Bas-Saint-Laurent le développement de l'expertise régionale et des techniques adaptées au milieu serait à privilégier plutôt que la production.

Recommandation 5 : il faudrait explorer, à moyen terme, les caractéristiques identifiées par Gharbi et Millot (2000) et non abordées lors de la présente étude. Ces caractéristiques, par exemple la disponibilité de la main-d'œuvre et la proximité du réseau routier, doivent aussi être connues lorsque arrive le moment de l'implantation des entreprises. Dans un même ordre d'idées, il est recommandé de procéder à des études économiques de scénarios d'entreprises maricoles bas laurentiennes. Ces études économiques, combinées à des études de marchés sérieuses, permettraient d'approfondir un autre volet du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent, volet qui pourrait être très révélateur.

CHAPITRE 9

BIBLIOGRAPHIE

1. Archambault, S. 1999. Les activités anthropiques au Parc marin Saguenay-Saint-Laurent : synthèse des connaissances. Rapport remis à Parcs Canada. Pagination multiple.
2. Bérubé, G. 1992. « Élevage et conditionnement de l'anguille à Saint-Fabien-de-Rimouski ». Dans: Colloque Mariculture Québec tenu le 1er mai 1992 à l'Institut Maurice-Lamontagne. Conseil de l'Aquiculture et des Pêches du Québec en collaboration avec le ministère des Pêches et des Océans. pp.95-96.
3. Bewers, J.M. & P.A. Yeats. 1979. « The behavior of trace metals in estuaries of the St. Lawrence River ». Le naturaliste canadien, volume 106, numéro 1. pp. 149-161.
4. Bibeault, J.-F., Gratton, N. & A. Jourdain. 1996. Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Estuaire maritime : zone d'intervention prioritaire 18. Montréal : Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. 203p.
5. Blasco, D., Levasseur, M., Gélinas, R., Larocque, R., Cembella, A.D., Huppertz, B. et E. Bonneau. 1998. Monitoring du phytoplancton toxique et des toxines de type IPM

- dans les mollusques du Saint-Laurent : 1989-1994. Rapp. Stat. Can. Hydrogr. Sci. Océan. 151. x + 117p.
6. Blier, P., Le François, N., Lemieux, H & C. Paradis. 2000. Potentiel aquicole de différentes espèces de poissons marins à des fins de développement de la mariculture au Québec. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 343p.
 7. Bouchard, N. 1999. Trafic maritime. Chapitre 5, Dans : Plan de conservation des écosystèmes du parc marin Saguenay-Saint-Laurent. Ébauche finale. 29p.
 8. Bouchard, R., Michaud, J-C. & C. Rioux. 1989. Structure de l'industrie aquicole québécoise. Rimouski : Groupe d'étude des ressources maritimes (GERMA) Université du Québec à Rimouski. 48p.
 9. Bousfield, E.L., Filteau, G., O'Neil, M. & P. Gentes. 1982. « Population dynamics of zooplankton in the middle St. Lawrence estuary ». New York : L.E. Cronin (éd.). Estuarine research, volume1, Academic Press. pp. 325-351.
 10. Brochu, M. 1958 (?). Dynamique et caractéristiques des glaces de dérive de l'estuaire et de la partie nord-est du golfe Saint-Laurent, hiver 1957-1958: étude géographique no 24. Ottawa : Ministère des Mines et des Relevés techniques, Direction de la géographie. 93p.
 11. Carter, P. & P. Béland. 1984. L'aquaculture marine au Québec. Rimouski : Pêches et Océans Canada. 85p.

12. Centre national pour l'exploitation des océans (CNEO) & Institut scientifique et technique des pêches maritimes. 1977. Inventaire des sites potentiels pour l'aquaculture sur le littoral du Finistère : première phase : étude bibliographique et reconnaissance terrain. Brest : Centre national pour l'exploitation des océans. 55p.
13. Centre Saint-Laurent. 1996. Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent : Volume 1 : l'écosystème du Saint-Laurent. Québec : Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement; Montréal : Éditions Multi-Mondes.
14. Champagne, P., Denis, R. & C. Lebel. 1983. Établissement de modèles caractérisant l'équilibre dynamique des estrans de la rive sud du moyen estuaire du Saint-Laurent. Québec: Pêches et Océans, gouvernement du Canada. 67p.
15. Chassé, J. 1994. « Modélisation numérique tridimensionnelle de la circulation dans l'estuaire du Saint-Laurent. ». Thèse de doctorat ès sciences (océanographie). Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 392p.
16. Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent. 1978. Rapport d'étude sur le tronçon en aval de Montmagny : Volume 1. Québec : Éditeur officiel du Québec, Service de la reprographie. 228p.
17. Comité sénatorial permanent des pêches. Juin 2001. L'aquaculture dans les régions canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique. Rapport intérimaire. Site Internet du Parlement du Canada : www.parl.gc.ca.

18. Coulombe, R. 1991. Stabulation du Crabe des neiges. Rapport produit en collaboration avec Techno-Mar inc. Rapport final 77, Programme d'essai et d'expérimentation halieutiques et aquicoles, Ministère des Pêches et des Océans. 8p.
19. D'Anglejan, B. 1990. « Recent sediments and sediment transport processes in the St. Lawrence estuary ». Dans : El-Sabh, M.I. & N. Silverberg (éd.). *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System – the St. Lawrence*. New York : Springer-Verlag New York inc.. pp. 109-125.
20. D'Anglejan, B. 1981. « On the advection of turbidity in the St. Lawrence middle estuary ». *Estuaries*, volume 4. pp. 2-15.
21. Day, A. 1989. *Aquaculture in the maritimes*. Halifax : Nimbus Publishing Limited. 80p.
22. Drainville, G. 1968. « Le fjord du Saguenay : I. Contribution à l'océanographie ». *Le naturaliste canadien*, volume 95. pp. 809-855.
23. Drolet, R. 1998. Rapport sur l'état du Saint-Laurent : le dérangement des espèces fauniques du Saint-Laurent. Sainte-Foy : Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Rapport technique. 108p.
24. Dufresne Dumas Mizoguchi et associés. 1999. Étude de marché : problématique de mise en marché des produits aquatiques québécois sur le marché intérieur – rapport de synthèse. Réseau pêches et aquiculture Québec. 26p.

25. El-Sabh, M.I. & N. Silverberg. 1990. Oceanography of a Large-Scale Estuarine System – the St. Lawrence. New York : Springer-Verlag New York inc.. 434p.
26. El-Sabh, M.I. 1979. « The lower St. Lawrence Estuary as a physical oceanographic system ». Le naturaliste canadien, volume 106, numéro 1. pp. 55-73.
27. El-Sabh, M.I., Lévesque, L. & T.S. Murty. 1979. « Mouvement des eaux induit par la marée et le vent dans l'estuaire du Saint-Laurent ». Le naturaliste canadien, volume 106, numéro 1. pp. 89-104.
28. El-Sabh, M.I. 1976. Bibliographie sur l'océanographie de l'estuaire du St-Laurent. Rimouski: Université du Québec à Rimouski, Section d'océanographie. 97p.
29. El-Sabh, M.I. 1975. Transport and currents in the Gulf of St. Lawrence. Darmouth : Institut océanographique de Bedford, rapport numéro BI-R-75-9. 180p.
30. El-Sabh, M.I. 1973. Compte-rendu de l'atelier des sciences physiques dans le golfe et l'estuaire du St-Laurent : tenu à l'Université du Québec à Rimouski 11-12 octobre 1973. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 249p.
31. Forrester, W. D. 1964. A quantitative temperature-salinity study of the Gulf of St. Lawrence. Darmouth : Institut océanographique de Bedford. Rapport no. 64-11. 16p.
32. Fortier, L. & J.A. Gagné. 1990. « Larval herring (*Clupea harengus*) dispersion, growth and survival in the St. Lawrence estuary : match/mismatch or membership/vagrancy ». J. can. Sci. Halieut. Aquat., volume 47. Pp. 1898-1912.

33. Fortin, G.R. (éditeur), Gagnon, M. & P., Bergeron. 1996. Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude Estuaire maritime : rapport technique : zone d'intervention prioritaire 18. Montréal : Centre Saint-Laurent, Environnement Canada - Région du Québec. 172p.
34. Gagnon, M. Mars 2002. Étude des caractéristiques biophysiques, des usages et du potentiel myicole de six barachois du sud de la Gaspésie : rapport préliminaire. Ste-Foy : Biorex et SODIM (ouvrage non publié). 153p.
35. Gagnon, M., Bergeron, P., Biorex inc., Ministère des Pêches et des Océans. 1999a. Caractérisation biophysique et des usages d'un secteur retenu pour la détermination d'une zone de protection marine sans l'estuaire du Saint-Laurent : Volume 1 Introduction, Cadre biophysique et anthropique. Sainte-Foy : Biorex inc.. Pagination multiple.
36. Gagnon, M., Bergeron, P., Biorex inc., Ministère des Pêches et des Océans. 1999b. Caractérisation biophysique et des usages d'un secteur retenu pour la détermination d'une zone de protection marine sans l'estuaire du Saint-Laurent : Volume 2 Les mammifères marins et leur principales ressources alimentaires. Sainte-Foy : Biorex inc.. Pagination multiple.
37. Gagnon, M., Bergeron, P., Biorex inc., Ministère des Pêches et des Océans. 1999c. Caractérisation biophysique et des usages d'un secteur retenu pour la détermination d'une zone de protection marine sans l'estuaire du Saint-Laurent : Volume 3 Autres

habitats et ressources importantes – problématiques et enjeux. Sainte-Foy : Biorex inc..
Pagination multiple.

38. Gagnon, M., Institut Maurice-Lamontagne, Centre Saint-Laurent, Santé Canada, Ministère de la santé et des services sociaux, Ministère de l'environnement et de la faune & Saint-Laurent Vision 2000. 1998. Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments de l'estuaire moyen du Saint-Laurent : rapport technique : zones d'intervention prioritaire 15,16 et 17. Mont-Joli : Ministère des pêches et des océans, Région Laurentienne, Division de la gestion de l'habitat et des sciences de l'environnement, Institut Maurice-Lamontagne; Montréal : Centre Saint-Laurent, Environnement Canada – Région de Québec. 132p.
39. Gagnon, M. 1977. « Étude d'océanographie physique dans la région de Rimouski : Estuaire du St-Laurent ». Mémoire de maîtrise en océanographie. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 159p.
40. Gaudry, R. 1938. Les températures de l'estuaire du St-Laurent. Québec : Université Laval, Contributions de la Station biologique du St-Laurent à Trois-Pistoles no. 13. 14p.
41. Gharbi, R. & L. Millot. 2000. Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec. DIT, Guide, publication G004. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 38p.
42. Giguère, M. 2002. Communication téléphonique.

43. Godin, G. 1979. « La marée dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent ». *Le naturaliste canadien*, volume 106, numéro 1. pp. 105-121.
44. Gratton, N. & J.-F. Bibeault. 1998. Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Estuaire moyen : zones d'intervention prioritaire 15, 16 et 17. Montréal : Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. 184p.
45. Greisman, P. & G. Ingram. 1977. « Nutrient distribution in the St. Lawrence Estuary ». *J. fish. Res. Board Can.*, volume 34. pp. 2117-2123.
46. Herfst, F.J. 1974. « Wind regimes in the St. Lawrence river valley ». Thèse de maîtrise en sciences (département de physique). Toronto: Université de Toronto. 154p.
47. INRS-Océanologie. Avril 1978. Étude de Gros-Cacouna comme superport pour vrac solide au Québec (synthèse, navigabilité, environnement marin et aménagement portuaire) – Annexes. Rimouski : Gouvernement du Québec, comité interministériel portuaire, sous-comité du vrac solide. 352p.
48. Krank, K. 1979. « Dynamics and distribution of suspended particulate matter in the St. Lawrence estuary ». *Le naturaliste canadien*, volume 106, numéro 1. pp. 163-173.
49. Koutitonsky, V. G. et G. L. Bugden. 1991. "The physical oceanography of the Gulf of St. Lawrence : A review with emphasis on the synoptic variability of the motion". Dans

- J.-C. Therriault (éd.), Le Golfe du Saint-Laurent : petit océan ou grand estuaire ? Publ. Spé. Can. Sci. Halieut. Aquat. numéro 113. pp. 57-90.
50. Koutitonsky, V.G. & R. Noël. Août 1976. Étude des paramètres océanographiques dans l'estuaire du Saint-Laurent – Rive Sud – Annexe A. Rimouski : INRS-Océanologie, Laboratoire Océanographique de Rimouski. 167p.
51. Lagier, M. 2001. Guide de démarrage d'une entreprise maricole. Gaspé : Comité sectoriel de main-d'œuvre des pêches maritimes. 205p.
52. Lacroix, J. 1987. « Étude descriptive de la variabilité spatio-temporelle des phénomènes physiques de surface de l'estuaire maritime et de la partie ouest du golfe du Saint-Laurent à l'aide d'images thermiques du satellite NOAA-7 ». Mémoire de maîtrise en océanographie. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 186p.
53. Laird, L. & T. Needham. 1988. Salmon and trout farming. Chichester : Ellis Horwood Limited. 271p.
54. Laprise, R. & J.J. Dodson. 1989. « Ontogenic changes in the longitudinal distribution of two species of larval fish in a turbid well-mixed estuary ». J. fish. Biol, volume 35 (Supp. A). pp. 39-47.
55. Laroque, R. & A.D. Cembella. 1991. Résultats du premier programme de suivi des populations de phytoplancton toxique dans l'estuaire et le Golfe du Saint-Laurent (Région du Québec). Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. aquat. 1796. 42p.

56. Lavoie, D., Simard, Y., Benoit, J., Larouche, P. & B. Thibeault. 1996. Distribution des masses d'eau à la tête du chenal Laurentien dans l'estuaire du Saint-Laurent aux été 1994 et 1995. Mont-Joli : Ministère des Pêches et des Océans, Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. 176. 126p.
57. Leclerc, J. et J-P. Ducruc. 2000. Sédiments de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Carte. Québec: Environnement Canada.
<http://lavoieverte.qc.ec.gc.ca/faune/biodiv/images/12/.gif>.
58. LeFrançois, N., Lemieux, H., Blier, P., Lévesque, M. & C. Paradis. 2000. Potentiel aquacole de différentes espèces de poissons marins à des fins de développement de la mariculture au Québec. Rimouski : Université du Québec à Rimouski (ouvrage non publié). 345p.
59. Legendre, L. 1977. Bilan de la production primaire de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Groupe interuniversitaire de recherche océanographique du Québec, Rapport annuel 1975-1976. pp.44-45.
60. Lemieux, H., Blier, P., Parent, B. & N. LeFrançois. 2002. Potentiel d'élevage de différentes espèces d'invertébrés marins à des fins de diversification de l'aquaculture dans l'Est du Canada. Rimouski : Université du Québec à Rimouski (ouvrage non publié). 460p.
61. Loring, D.H. & J.M. Bowers. 1979. « Geochemical mass balances for mercury in a Canadian fjord ». Chem. Geol., volume 22. pp. 309-330.

62. Loring, D.H. & D.G. Nota. 1973. Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. Bull. can. sci. halieut. aquat., volume 182. 147p.
63. Lucotte, M., Hillairew-Marcel, C. & P. Louchouart. 1991. « First-order organic carbon budget in the St. Lawrence lower estuary from ^{13}C data ». Estuarin, Coastal and Shelf Sci., volume 32. pp. 298-312.
64. Ministère des Pêches et des Océans (MPO). 1997a. Table des marées et courants du Canada 1997. Volume 3 : Fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay.
65. Ministère des Pêches et des Océans (MPO). 1997b. Atlas des courants de marée : Estuaire du Saint-Laurent, du cap de Bon-Désir à Trois-Rivières. Ottawa : Pêches et Océans Canada. 108p.
66. Motnikar, S. & R. Champagne. 2001. Analyse préliminaire du potentiel aquacole en eau douce et eau marine dans le Bas-Saint-Laurent. MAPAQ-Pêcheries. 12p.
67. Mousseau, P., Gagnon, M., Bergeron, P., Leblanc, J. & R. Siron. 1998. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques de l'estuaire moyen du Saint-Laurent : zones d'intervention prioritaire 15, 16 et 17. Ministère des Pêches et des Océans – Région Laurentienne, Division de la Gestion de l'habitat et des sciences de l'environnement, Institut Maurice-Lamontagne et Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. xxvi + 309p.

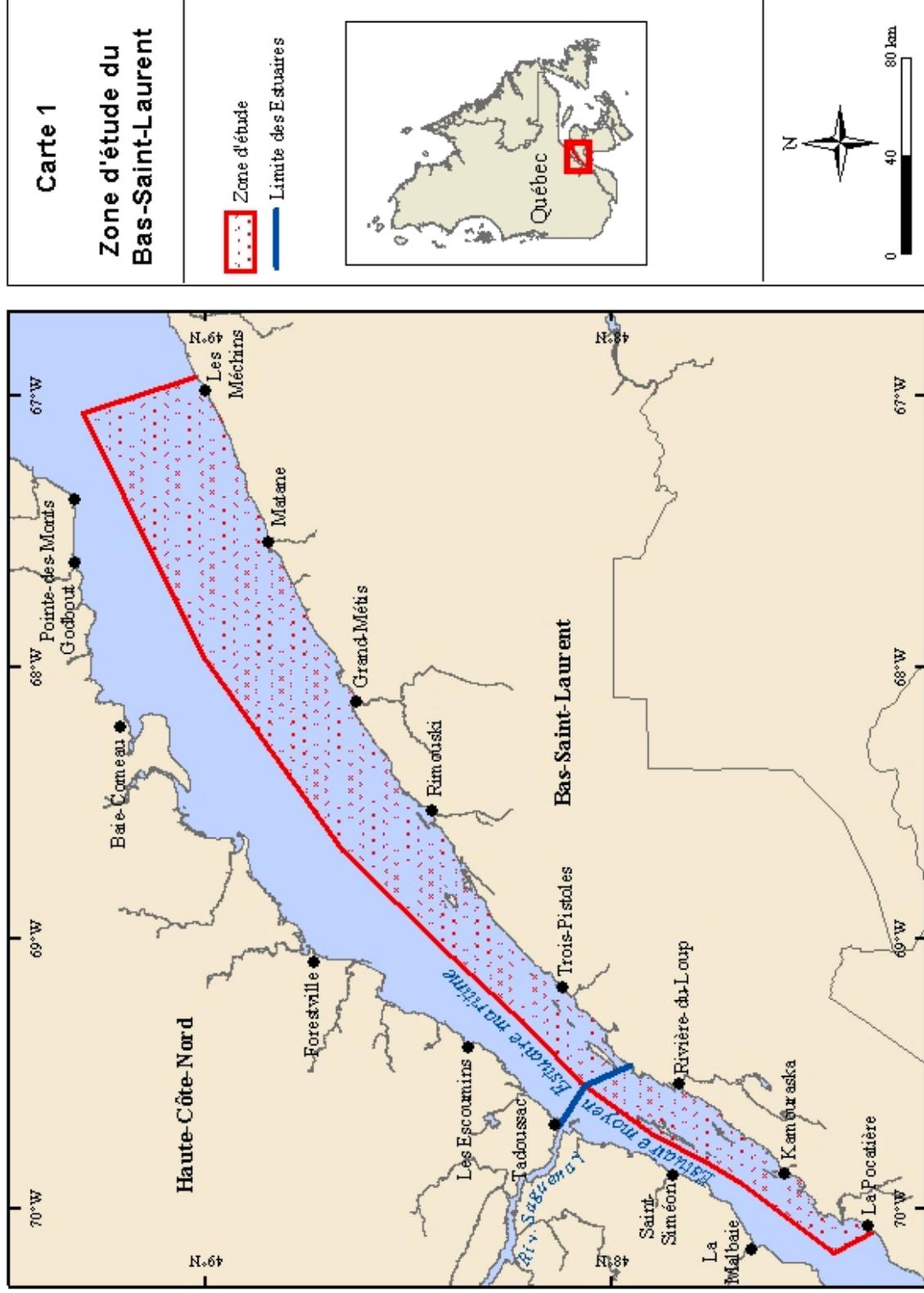
68. Mousseau, P. & A. Amellin. 1996. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur d'étude Estuaire maritime : zone d'intervention prioritaire 18. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. 340p.
69. Murphy O.C. 1997. Estimate of available area, production capacity and economic value of potential aquaculture development in coastal inlets in three Nova Scotia counties. Halifax : Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences 239, DFO, Aquaculture co-ordination Branch,.
70. Nadeau, A. 1938. Salinité des eaux de l'estuaire du St-Laurent. Contribution de la Station biologique du St-Laurent à Trois-Pistoles. Québec: Université Laval.
71. Neu, H. J. A. 1970. A study on mixing and circulation in the St. Lawrence estuary up to 1964. Darmouth : AOL Rep. 1970-9, Bedford Institute of Oceanography. 31p.
72. Ouellet, Y. & C. Trump. 1979. « La circulation hydrodynamique dans la zone de mélange estuarienne du Saint-Laurent ». Le naturaliste canadien, volume 106, numéro 1. pp. 13-26.
73. Petri, B., Drinkwater, K., Sanström, A., Pettipas, R., Gregory, D., Gilbert, D. & P. Sekhon. 1996. Temperature, salinity and sigma-T atlas for the gulf of St. Lawrence. Darmouth : Bedford Institute of Oceanography, MPO. 256p.

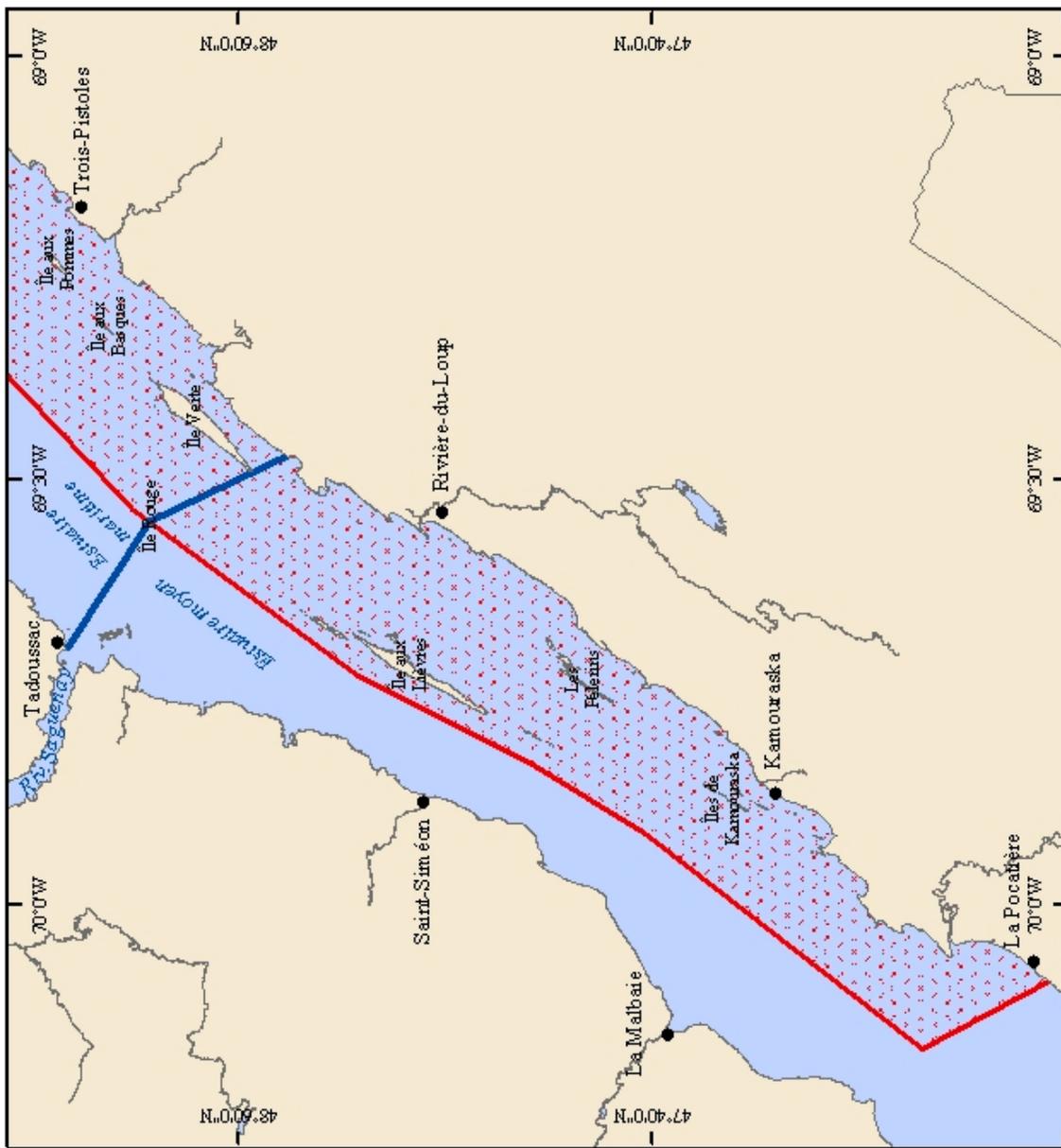
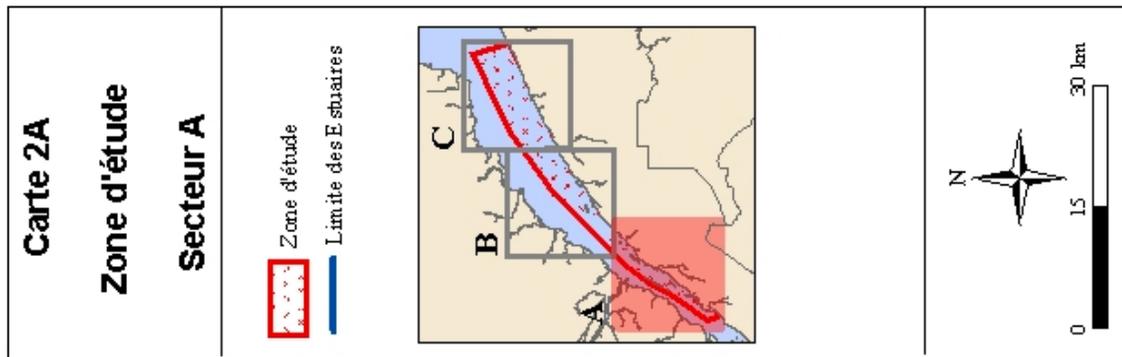
74. Provencher, L., Dorion, D. & P. Gagnon. 1995. Stabulation du crabe des neiges en mer : type de casiers et niveau d'entassement des crabes. Rapp. Can. Ind. Sci. Halieut. aquat. 231. vii + 23p.
75. Répertoire de la recherche institutionnelle québécoise - domaine maritime. Technopole maritime du Québec.
76. Schafer, C.T., Smith, J.N. & R. Côté. 1990. « The Saguenay Fjord : a major tributary to the St. Lawrence estuary ». Dans : El-Sabh, M.I. & N. Silverberg (éd.). Oceanography of a Large-Scale Estuarine System – the St. Lawrence. New York : Springer-Verlag New York inc.. pp.378-420.
77. Service canadien des glaces. 2001. Atlas climatique des glaces de mer, Côte est du Canada 1971-2000. Ottawa : Canadian Ice Service. 42p. et 145 cartes.
78. Service hydrographique du Canada. Cartes marines 1233, 1234, 1235 et 1236.
79. Simard, Y., de Ladurantaye, R. & J.C. Therriault. 1986. Aggregation of euphausiids along a coastal shelf in an upwelling environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 32. pp. 302-215.
80. Société des traversiers du Québec (STQ). 2000. Rapport d'activité – Société des traversiers du Québec.
81. Soucy, A., Bérubé, V., Troude, J.-P. & P. Méric. 1976. Évolution des suspensions et des sédiments dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Les cahiers Centreau 1(5). 67p.

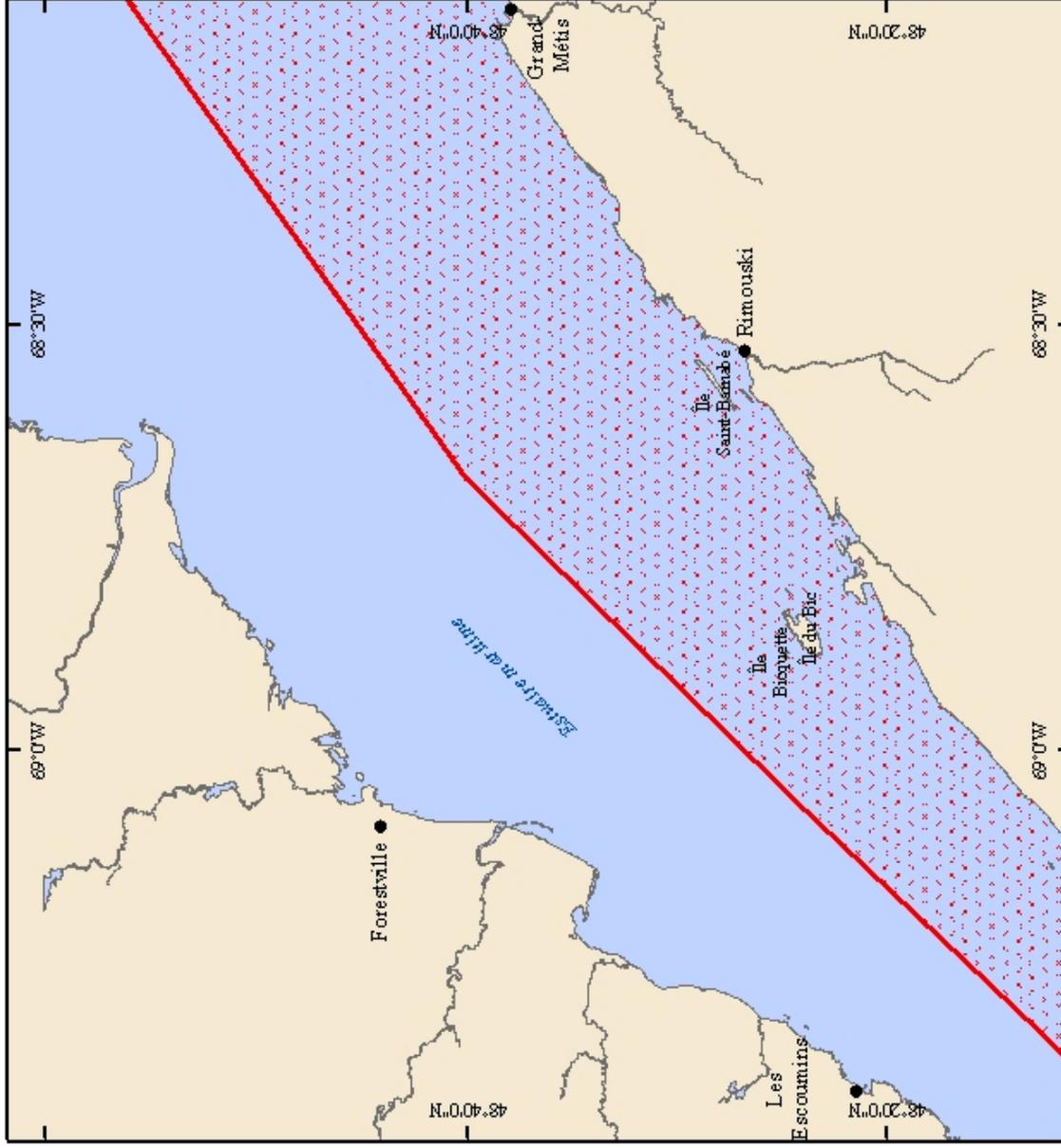
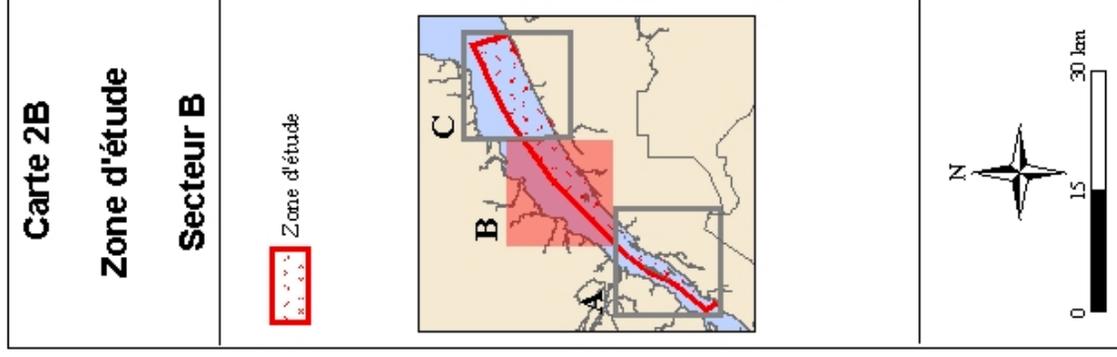
82. Sundby, B. & D.H. Loring. 1978. « Geochemistry of suspended particular matter in the Saguenay Fjord ». *Can. J. Earth Sci.*, volume 15. pp. 1002-1011.
83. Therriault, J.-C. & M. Levasseur. 1985. « Control of phytoplankton production in the lower St. Lawrence estuary : light and freshwater runoff ». *Le naturaliste canadien*, volume 112. pp. 77-96.
84. Therriault, J.-C., Painchaud, J. & M. Levasseur. 1985. "Factors controlling the occurrence of *Protogonyaulax tamarensis* and shellfish toxicity in the St. Lawrence estuary : freshwater runoff and stability of the water column". Dans : D.M. Anderson, A.W. White et D.G. Baden (éd.). *Toxic dinoflagellates. Proc. Third Int. Conf. On Toxic Dinoflagellates*, Elsevier, New York, NY. pp. 141-146.
85. Turgeon, J. 1989. « Distribution spatiale des kystes d'*Alexandrium* spp. (BRAARUD) Balech & Tangen, dans les sédiments de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, le long de la cote de Gaspé ainsi que dans le Havre et la Baie de Gaspé ». Mémoire de maîtrise en océanographie. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 115p.
86. Vigeant, G. 1984. *Cartes climatologiques du Saint-Laurent; fleuve et golfe. Ville Saint-Laurent, Québec : Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique.* 15p.
87. Vinet, P. 1998. « Étude de la variabilité synoptique dans la couche de surface de l'estuaire maritime du Saint-Laurent ». Mémoire de maîtrise en océanographie. Rimouski : Université du Québec à Rimouski. 259p.

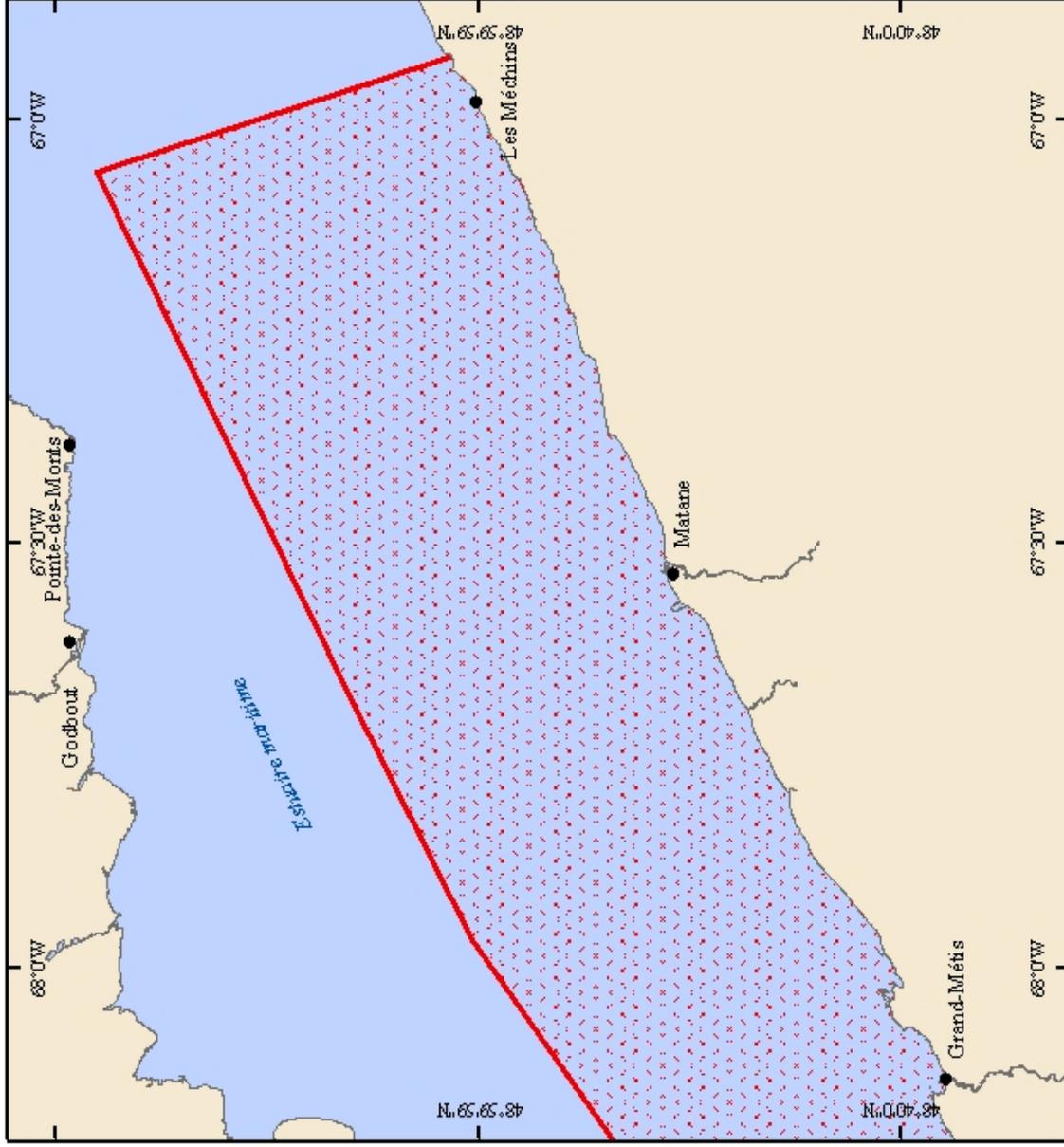
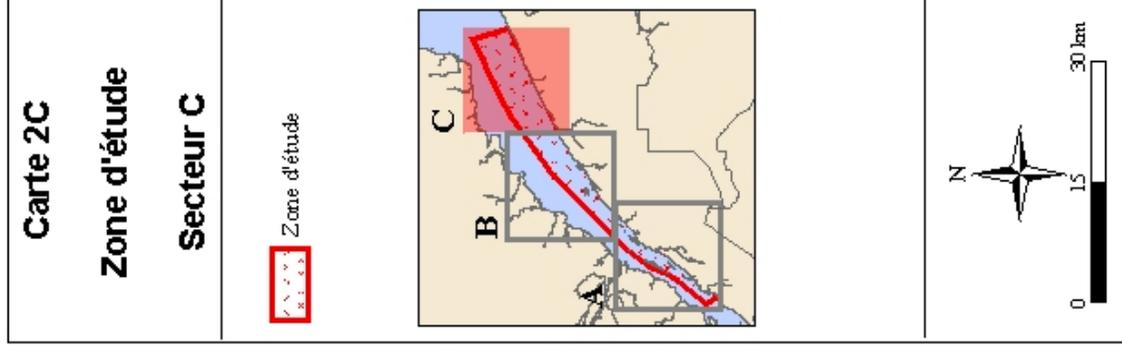
88. Yeats, P.A. 1990. "Reactivity and transport of nutrients and metals in the St. Lawrence Estuary". Dans : El-Sabh, M.I. & N. Silverberg. Oceanography of a Large-Scale Estuarine System – the St. Lawrence. New York : Springer-Verlag New York inc.. pp 155-169.
89. 2000. Politique québécoise des pêches et de l'aquaculture. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. 30p.

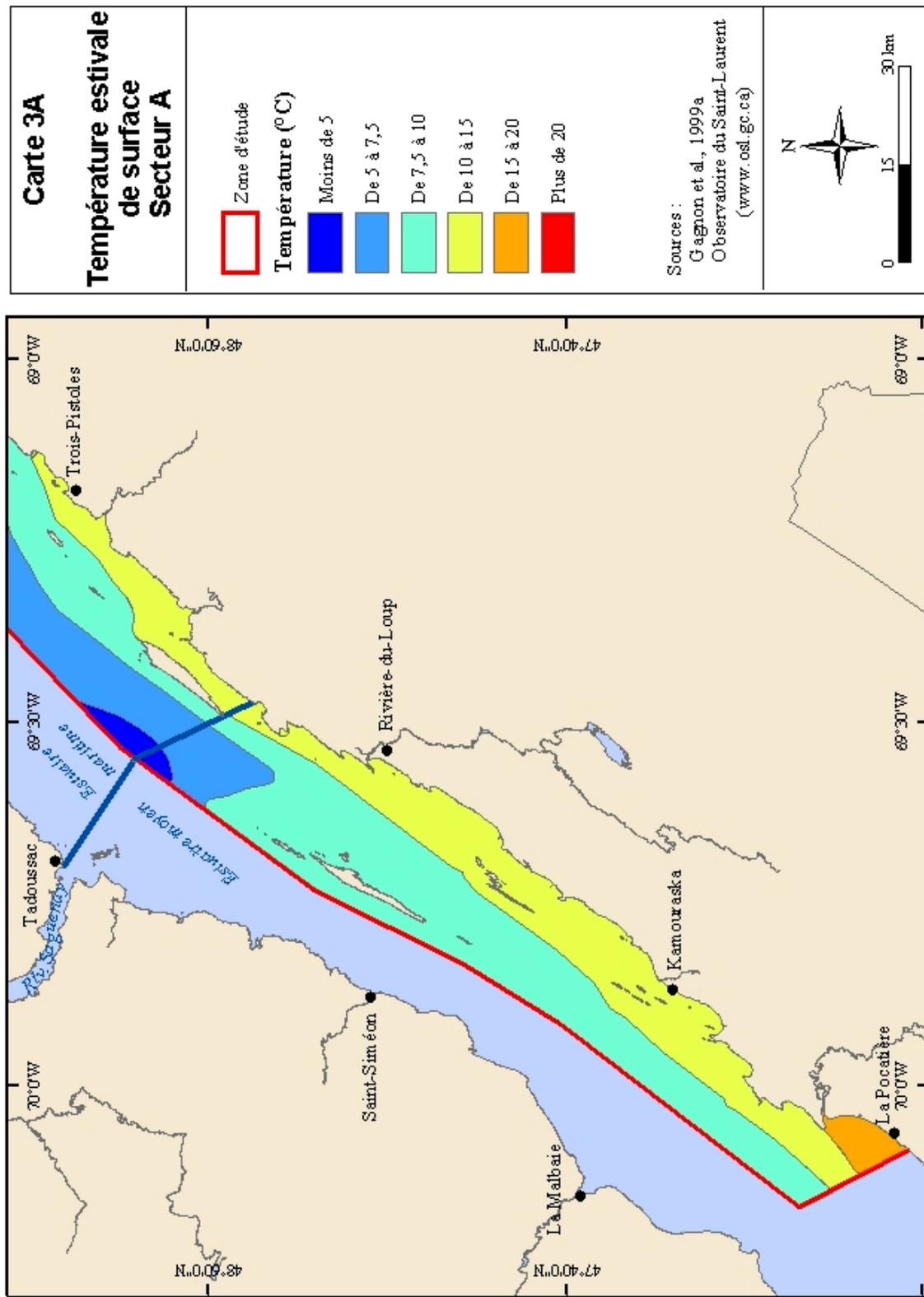
CHAPITRE 10**CARTES**

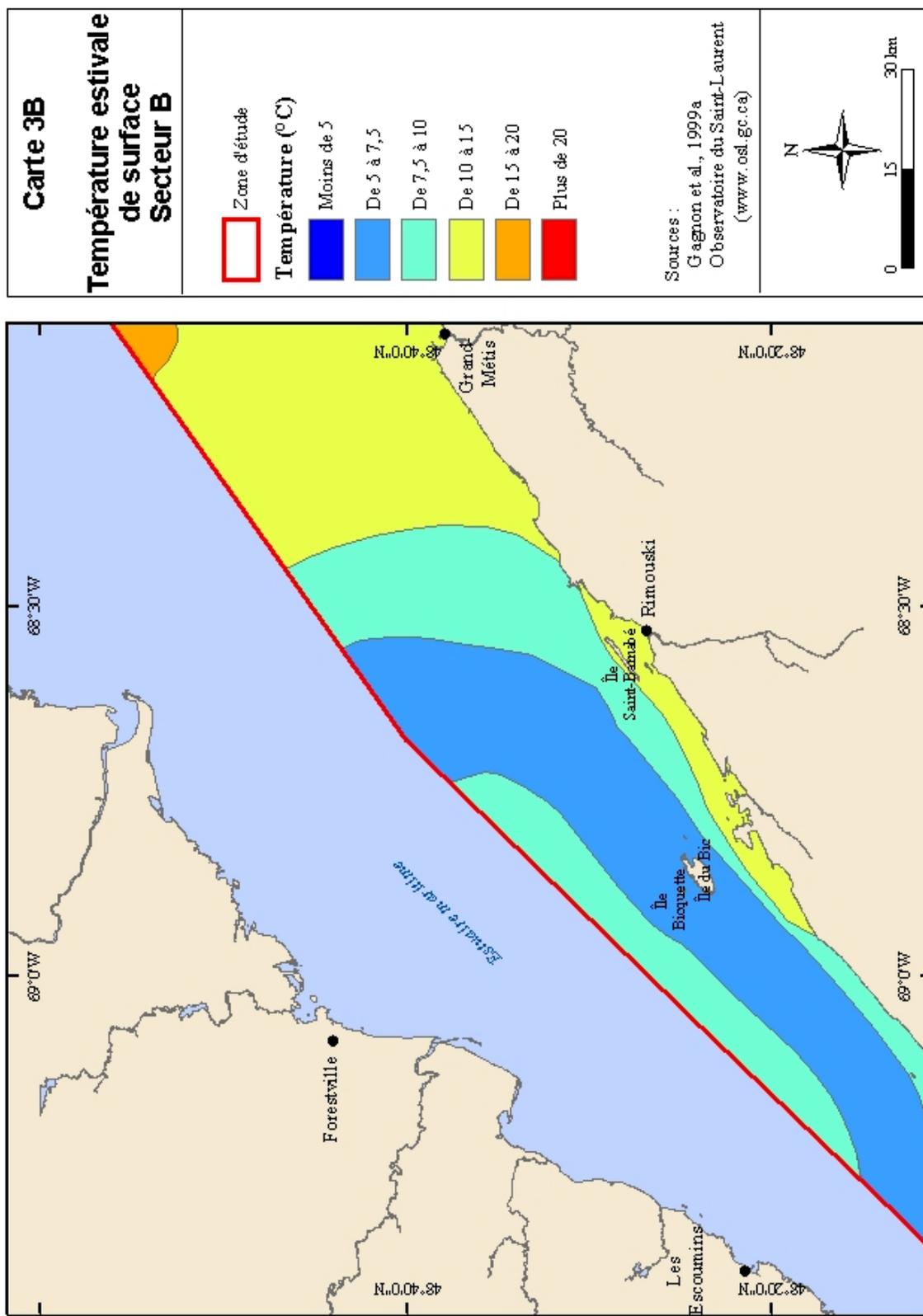


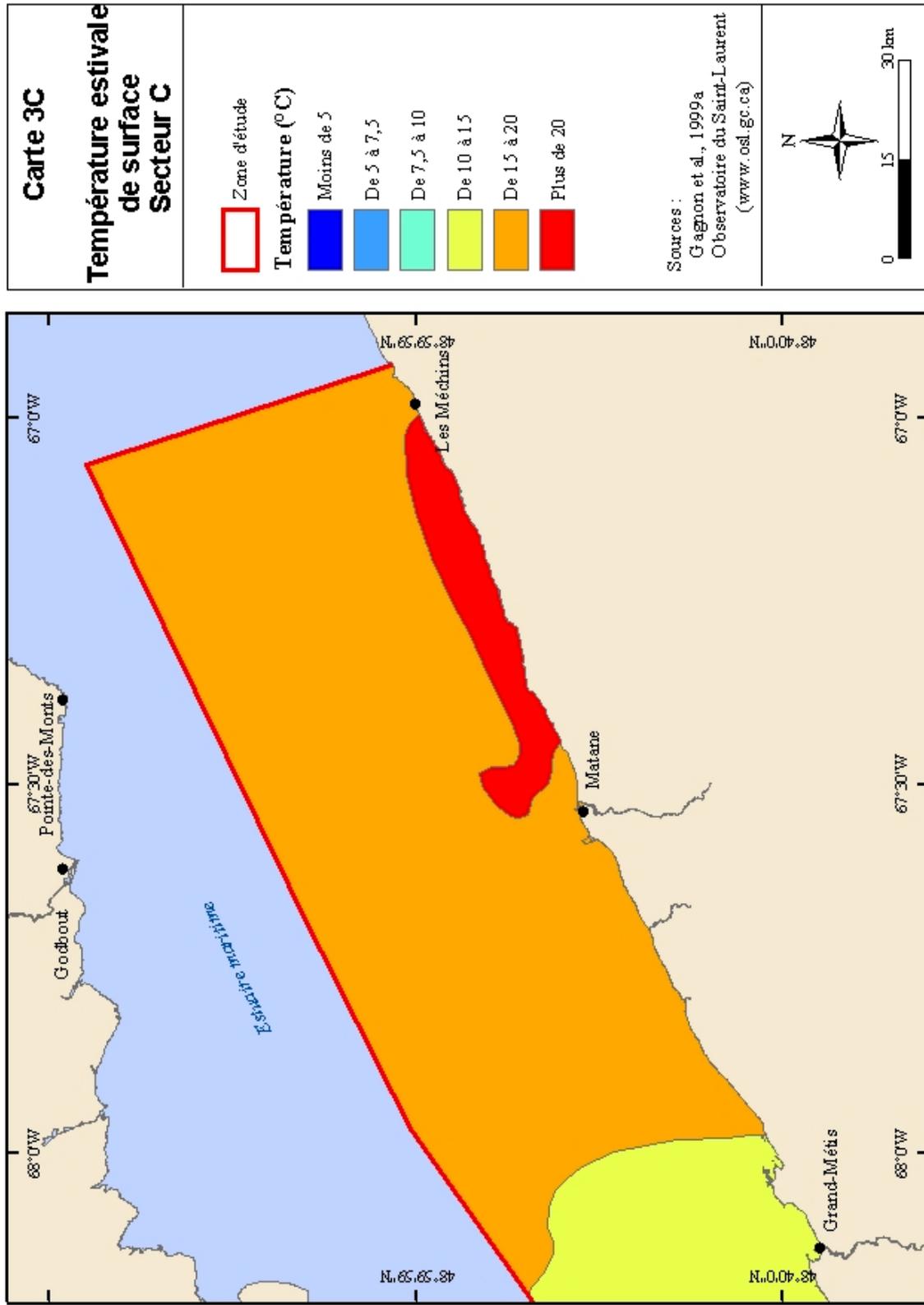


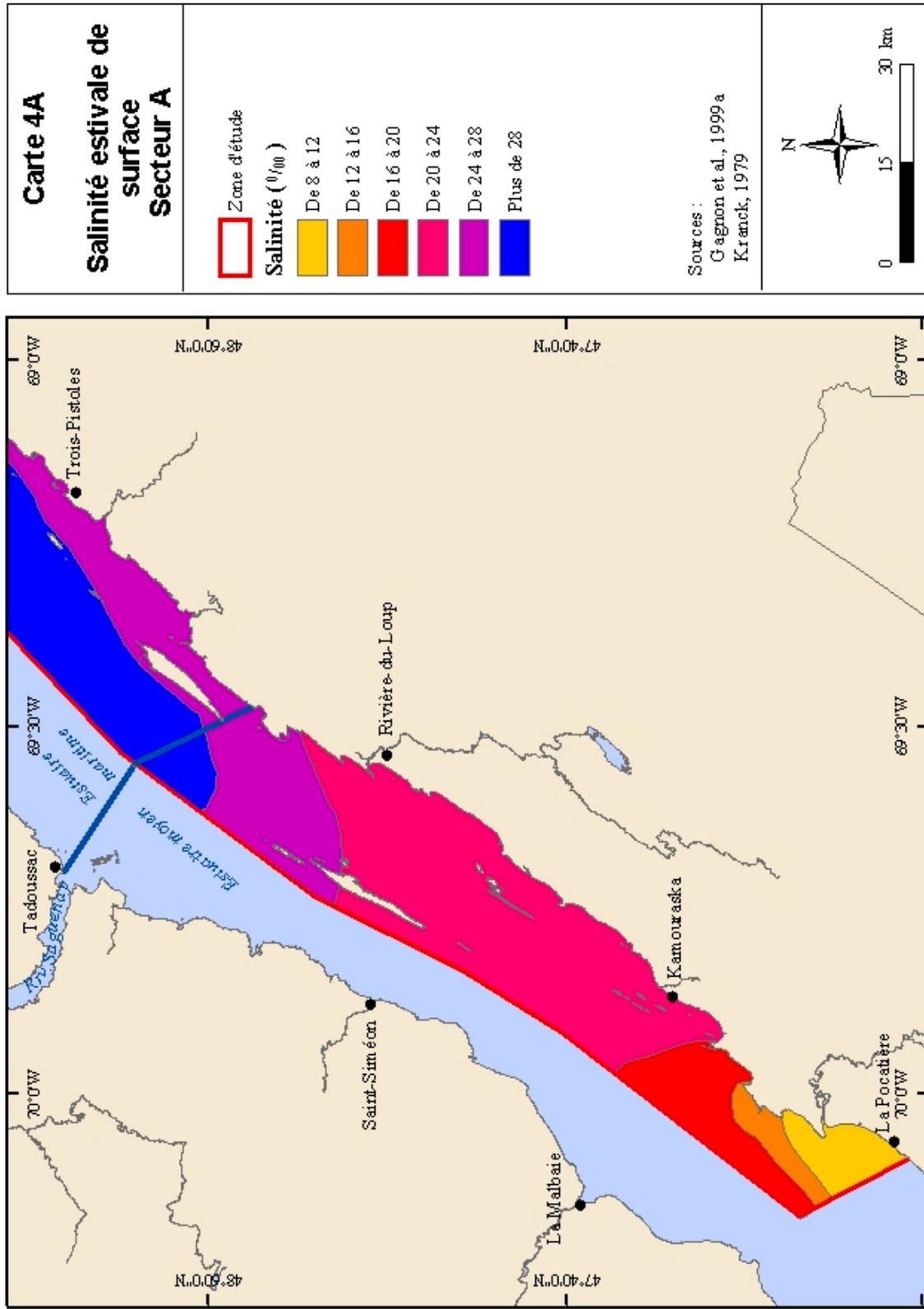


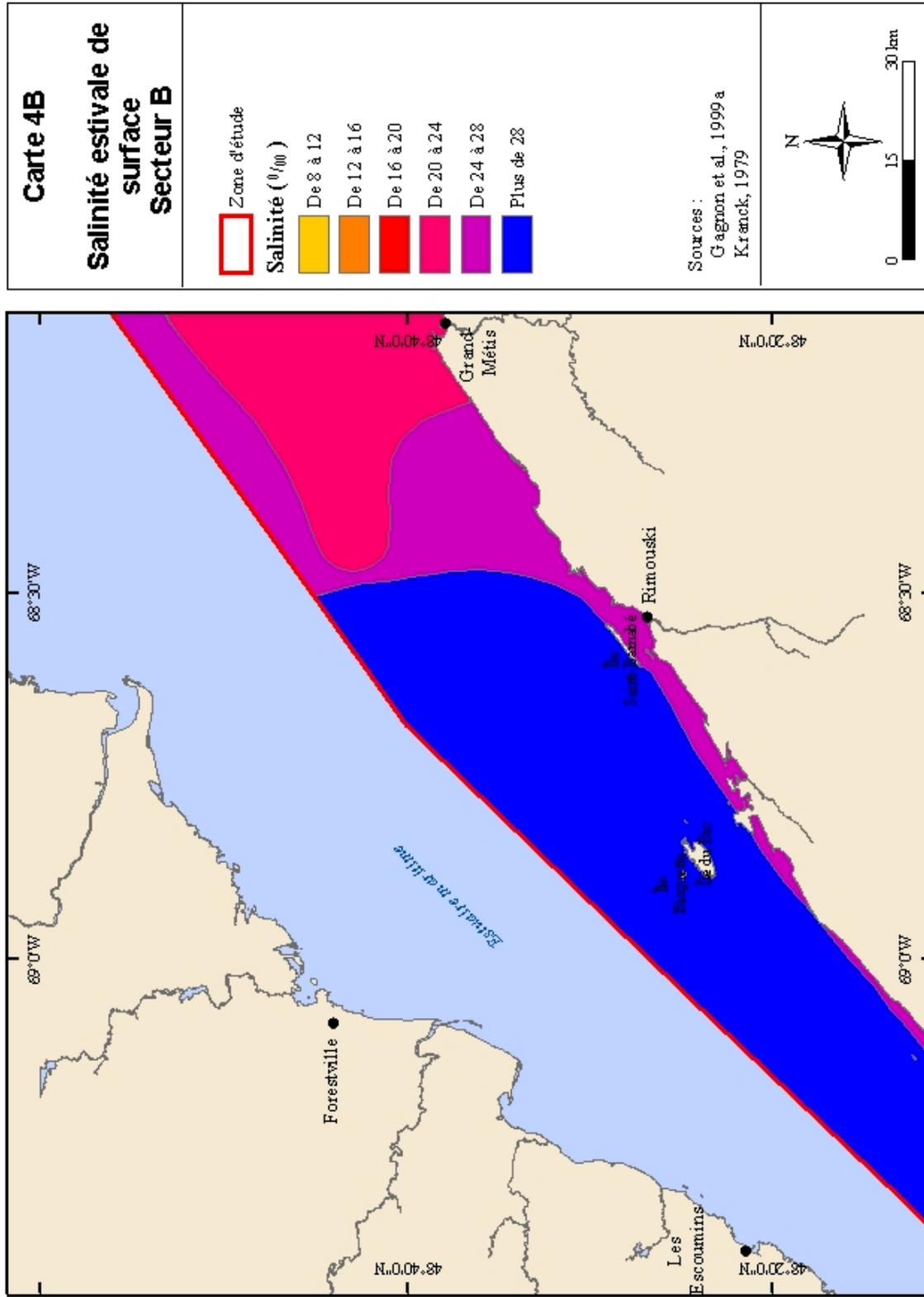


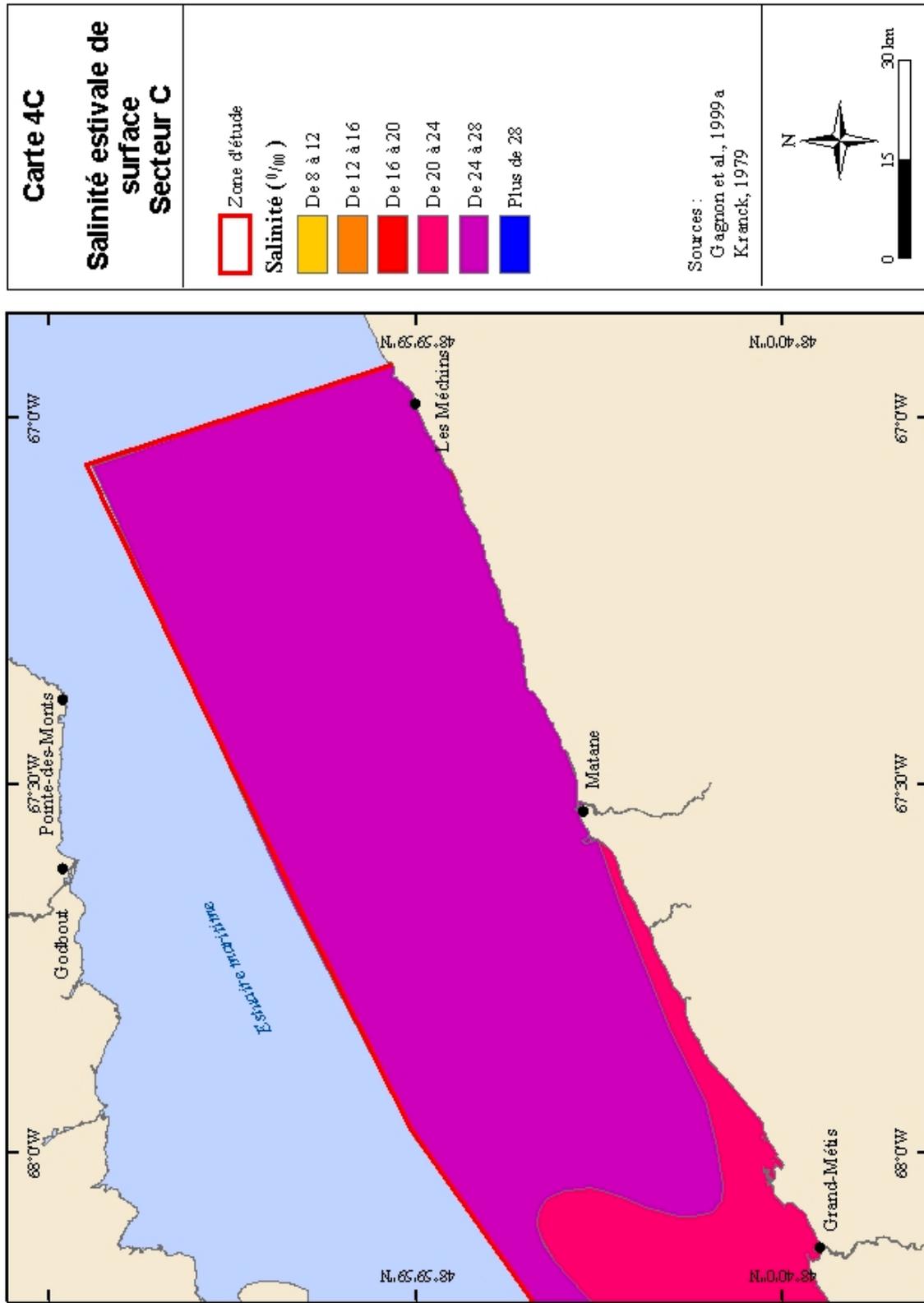


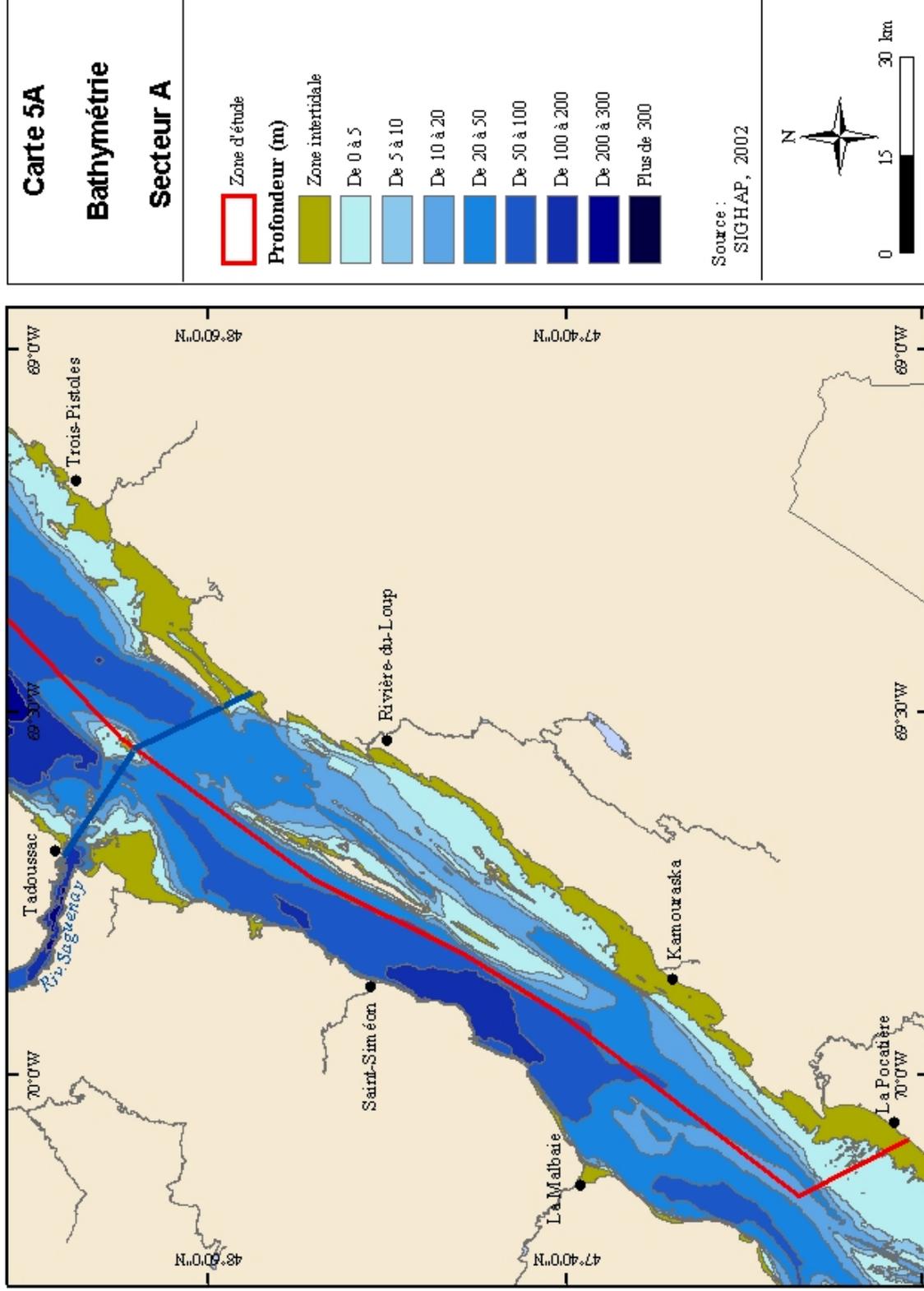


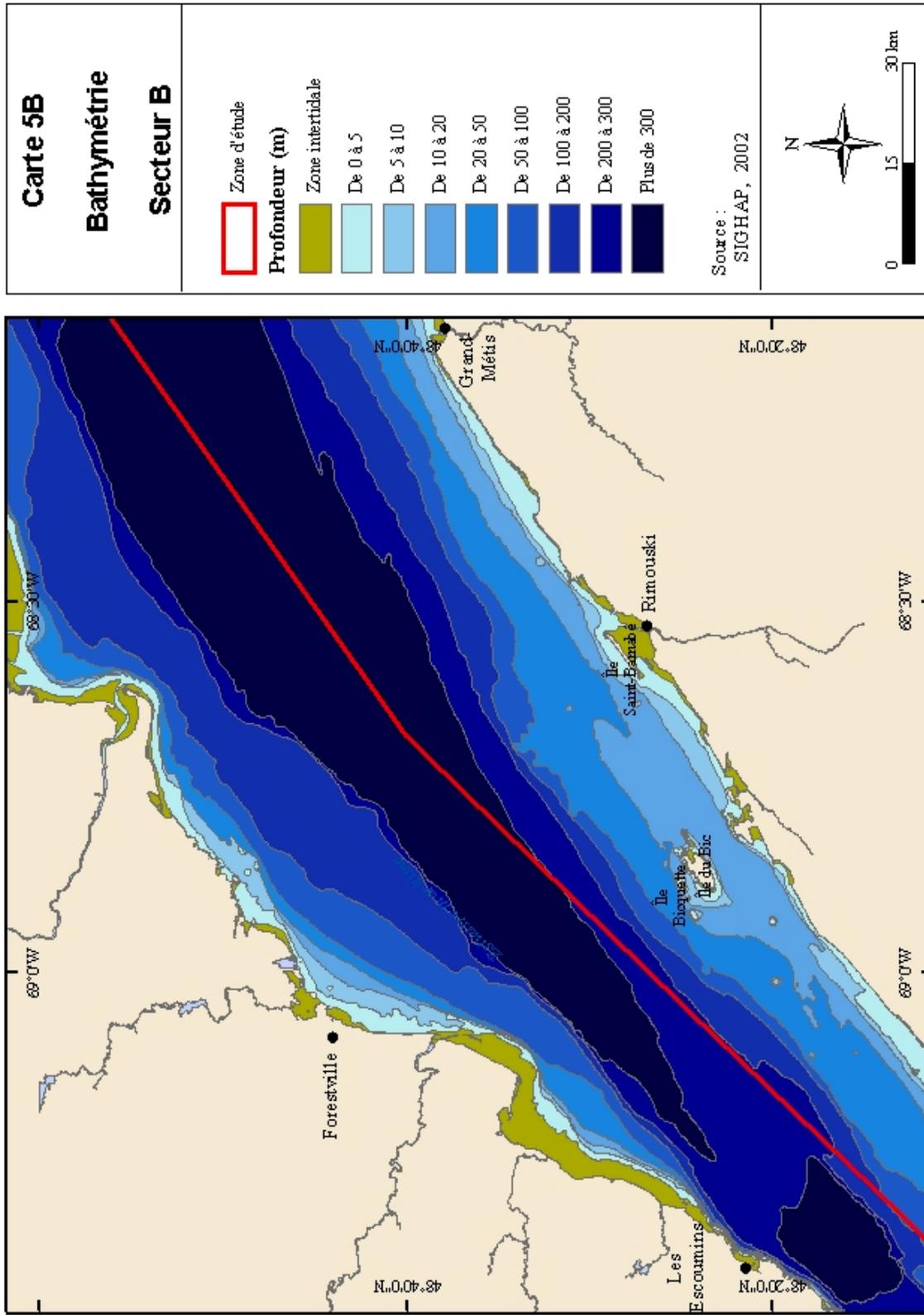


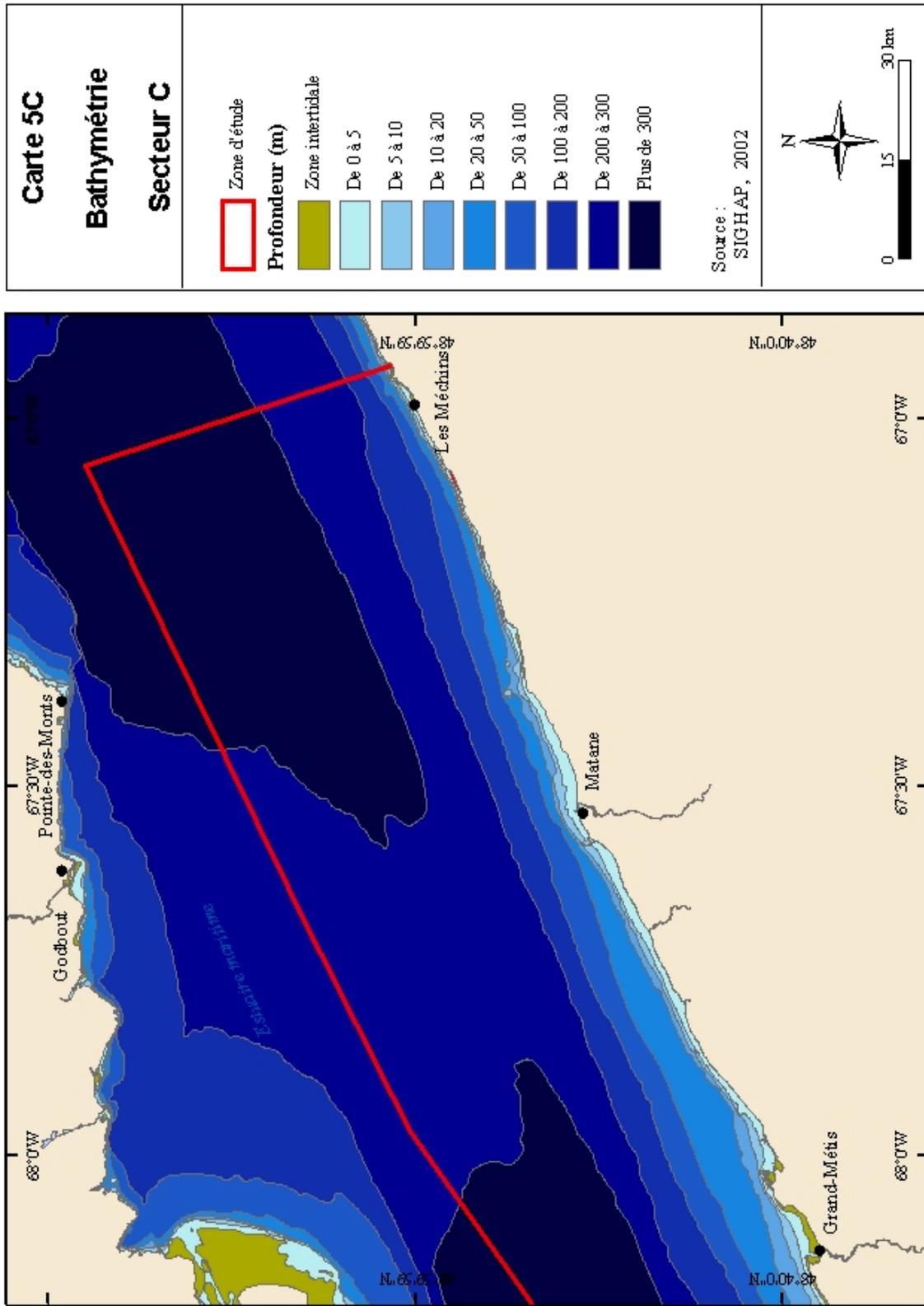


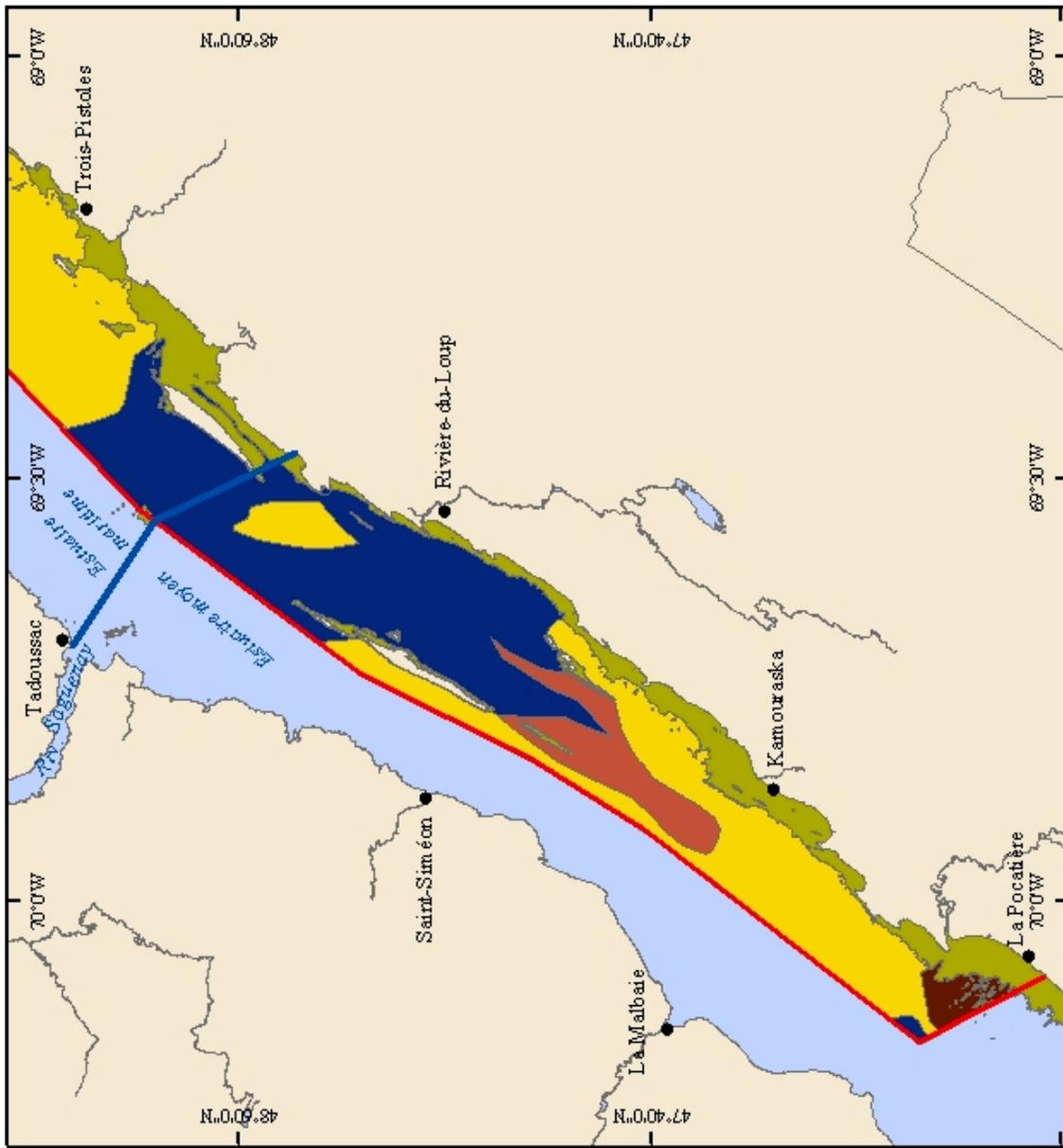




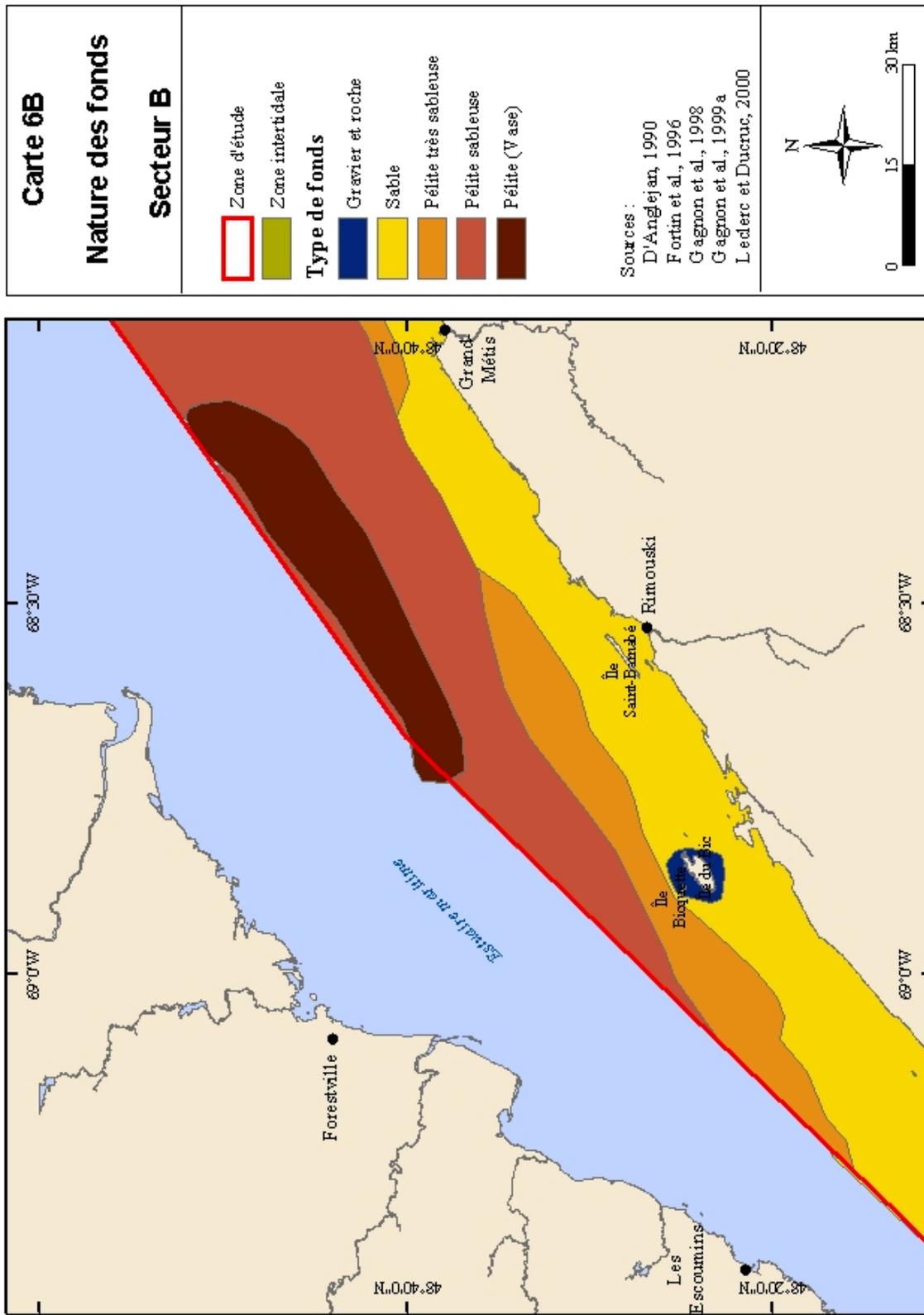


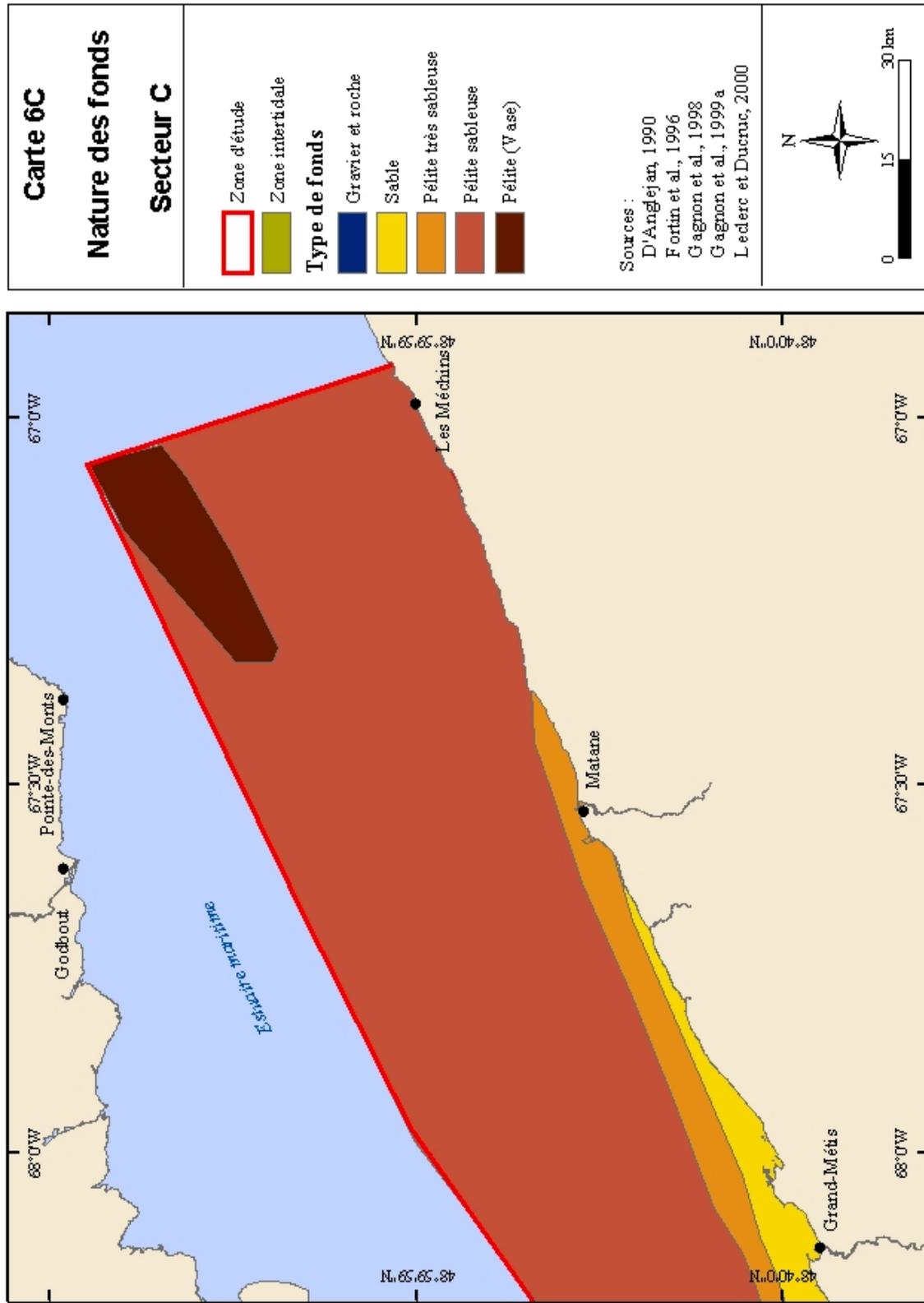


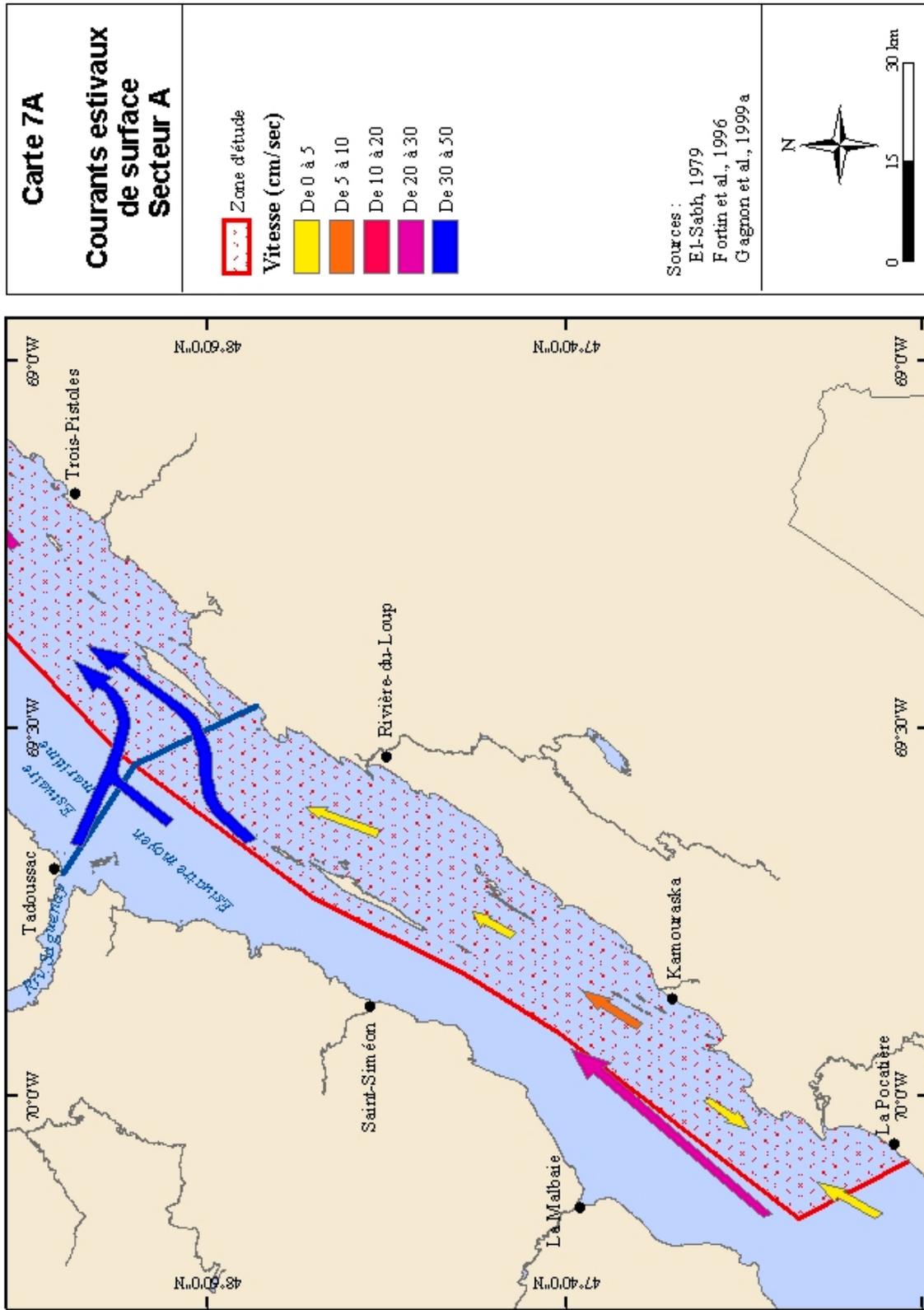


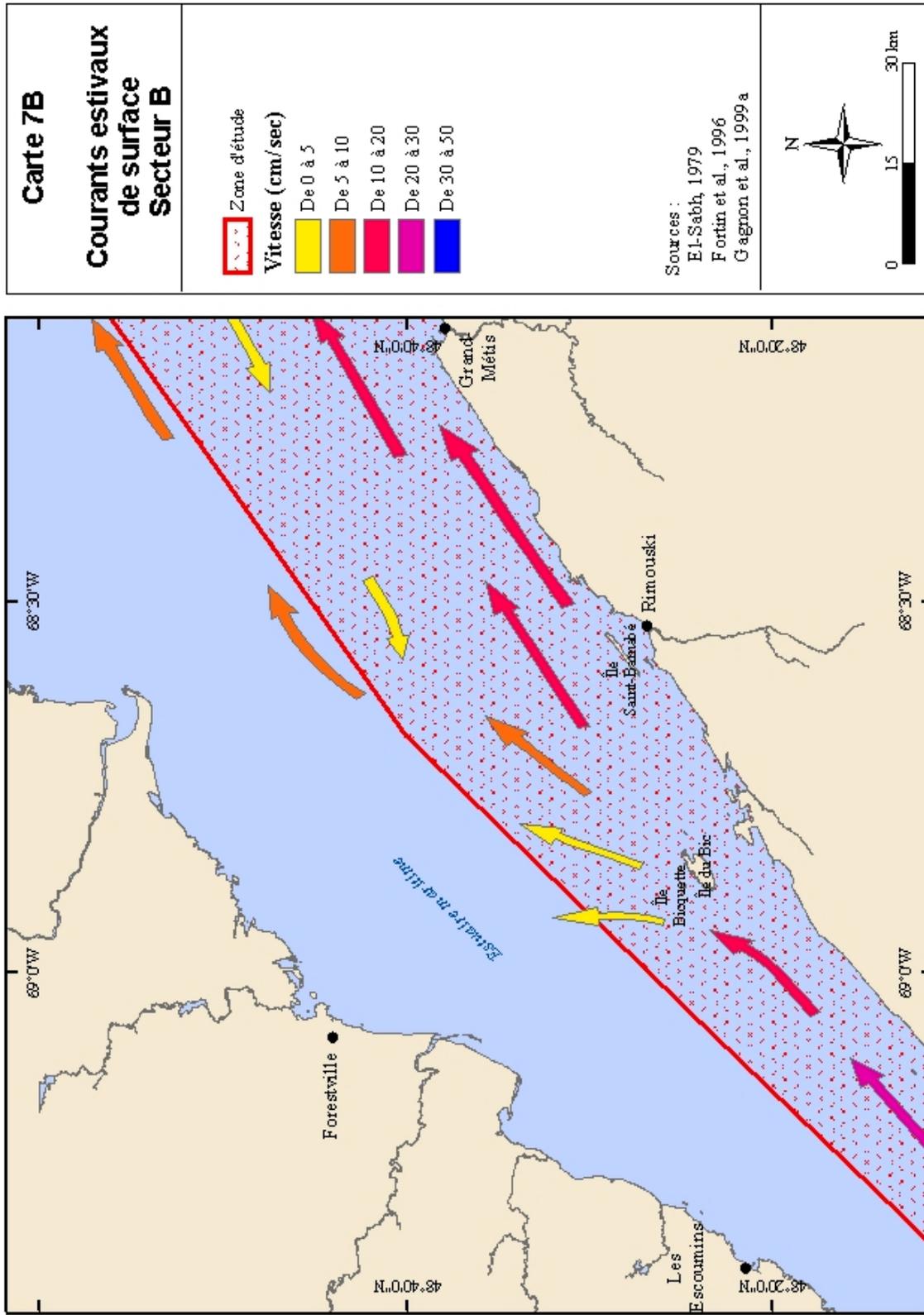


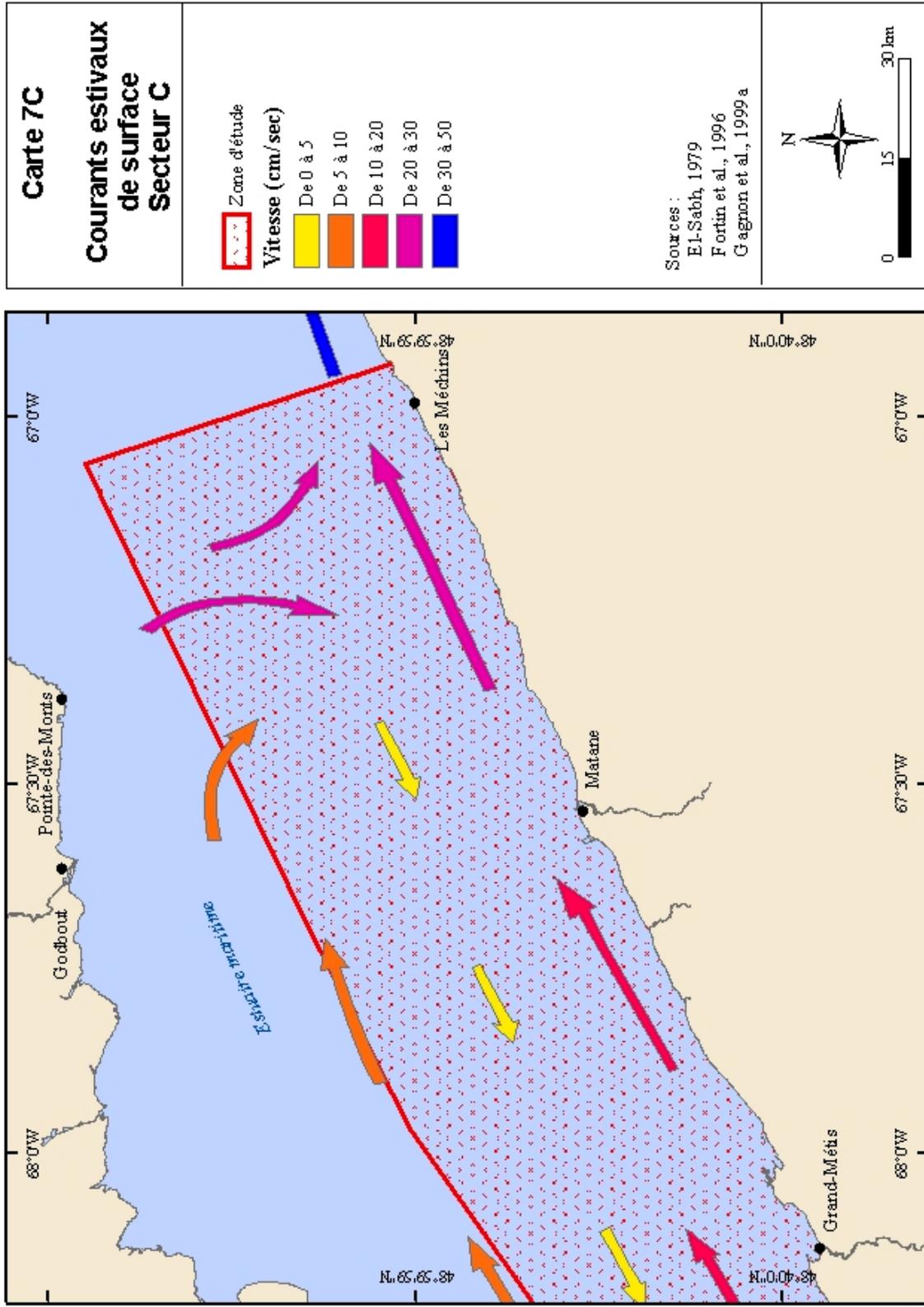
Réalisation : Sodim 2002

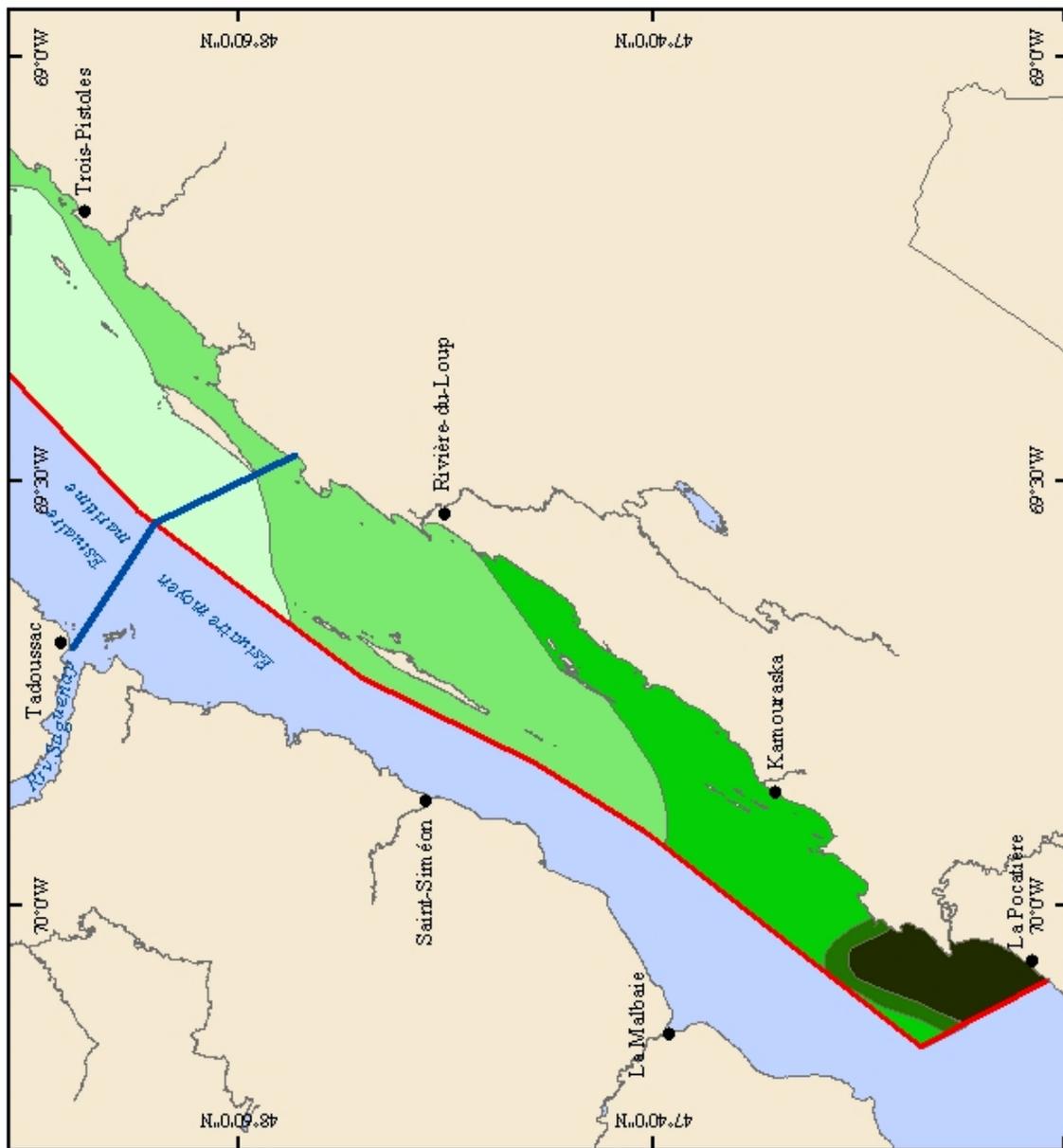
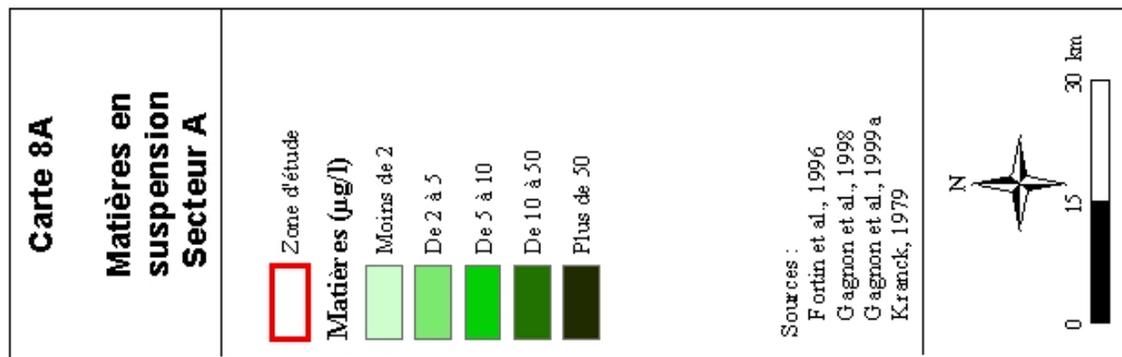


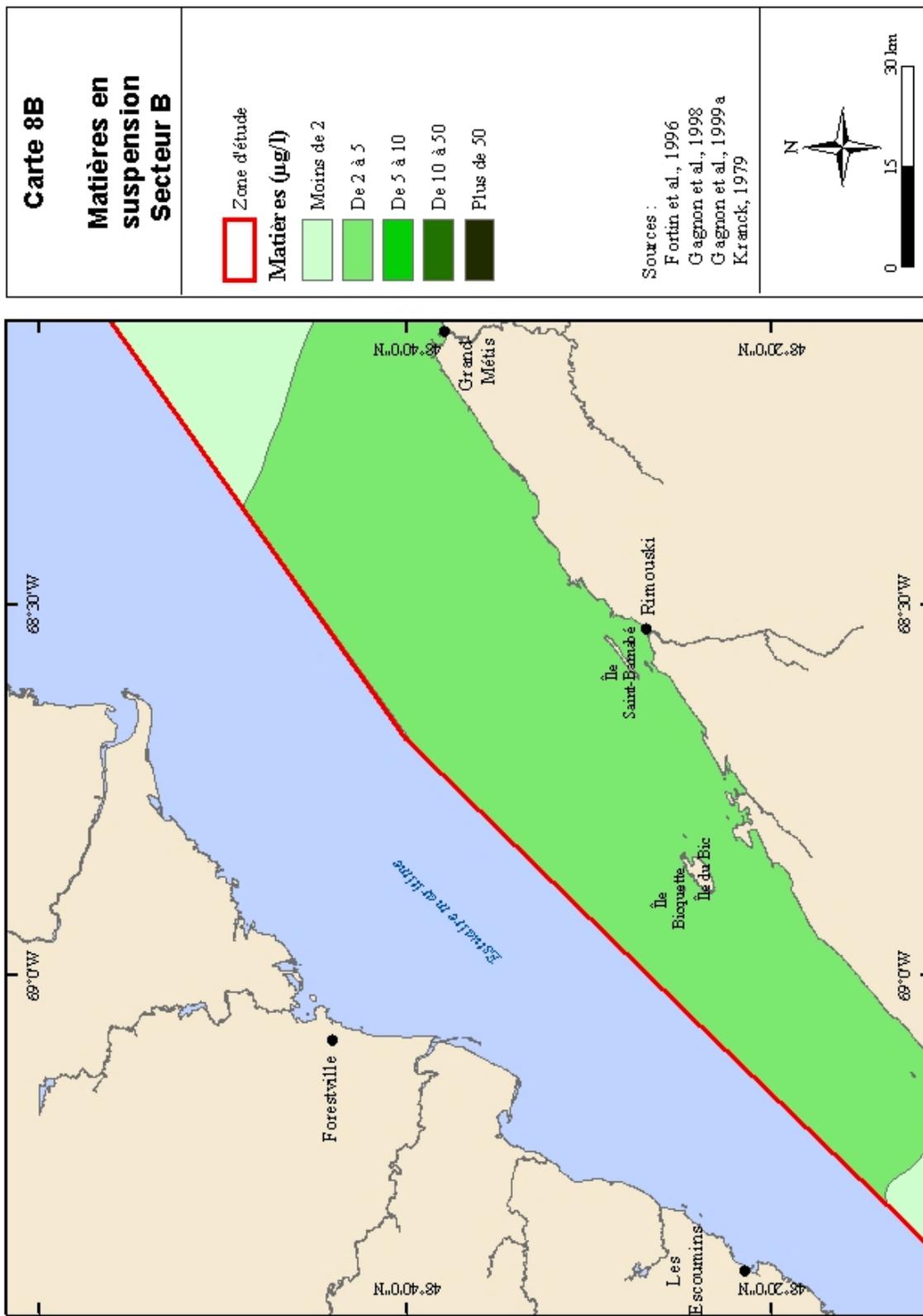


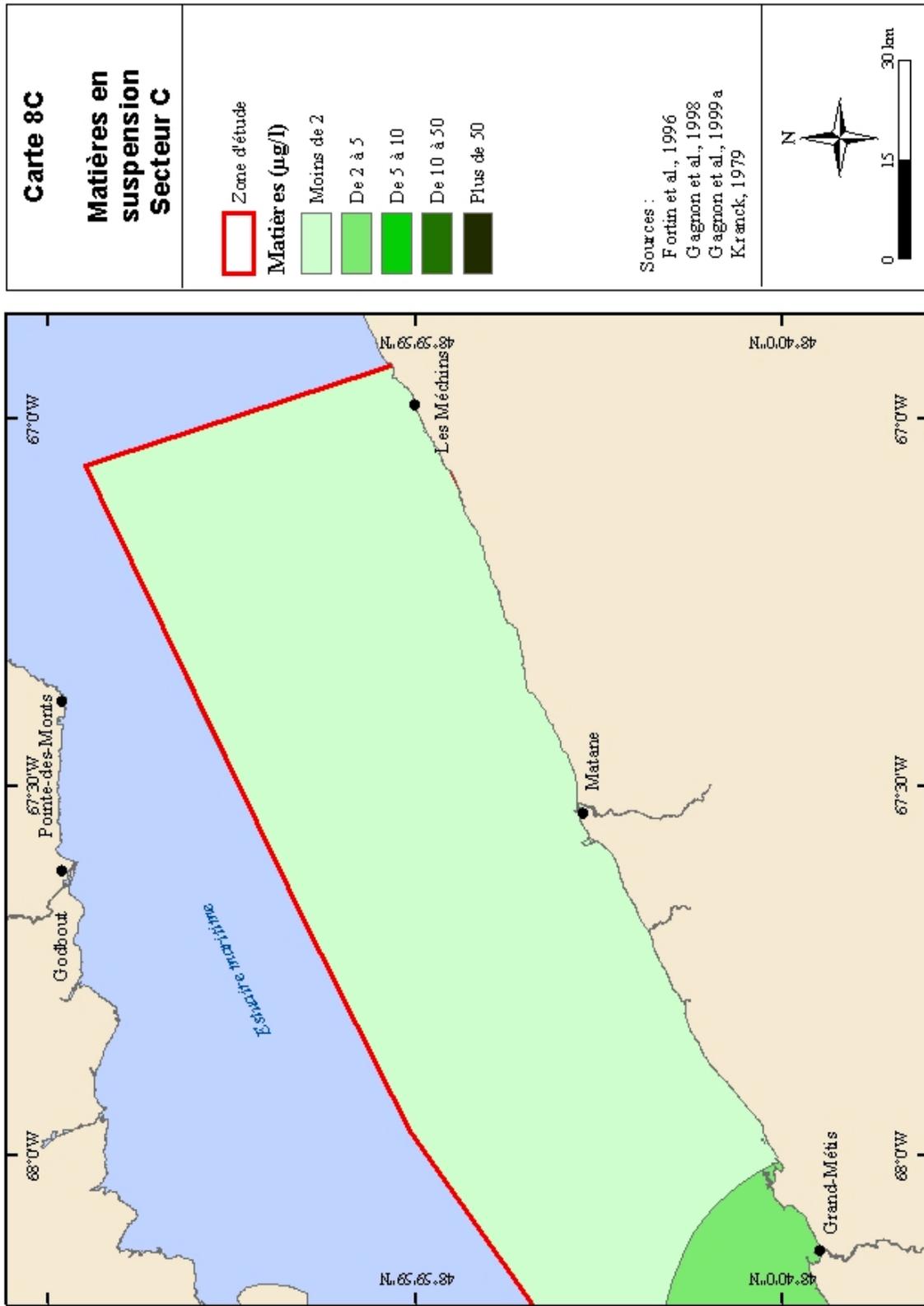


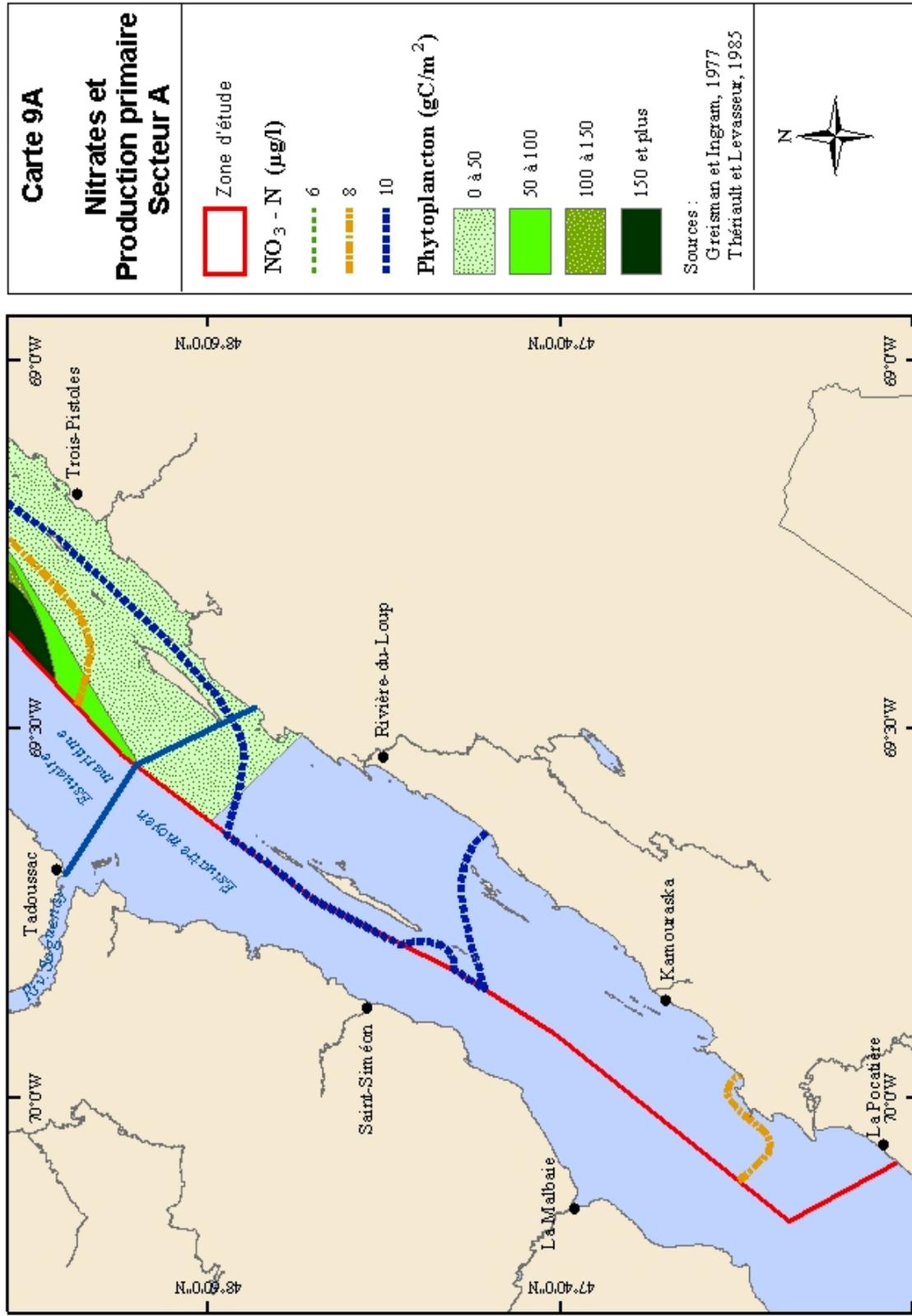


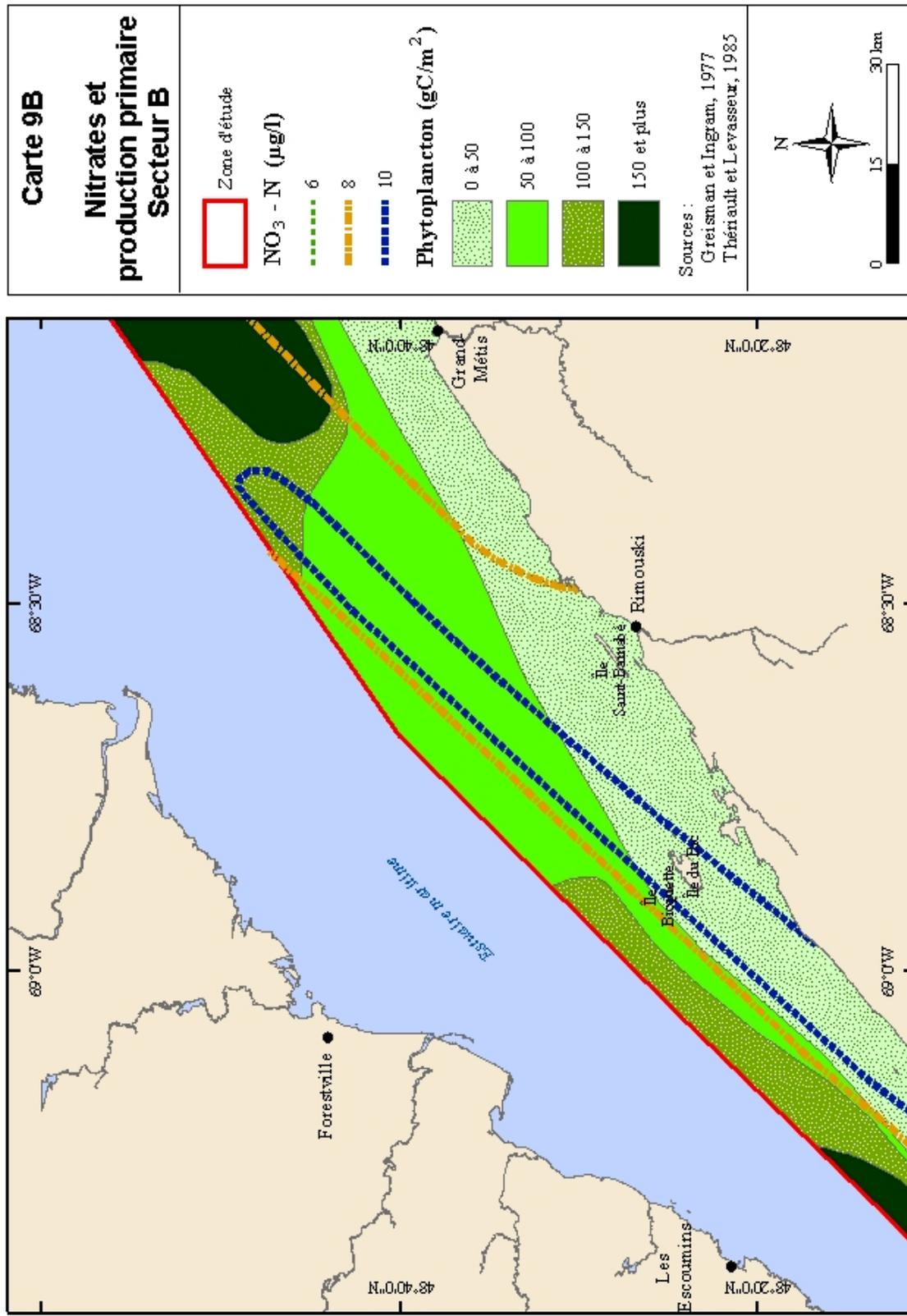


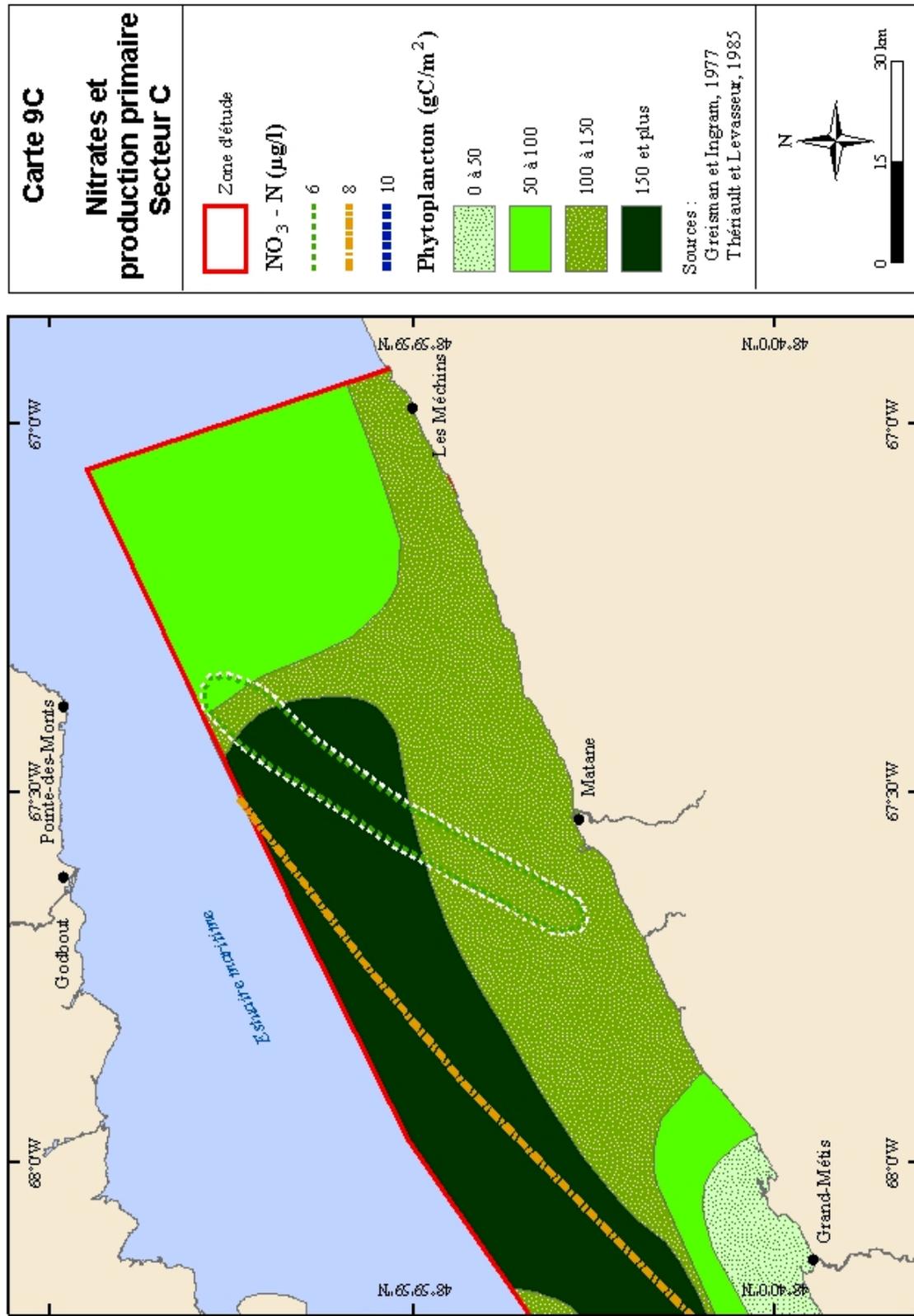


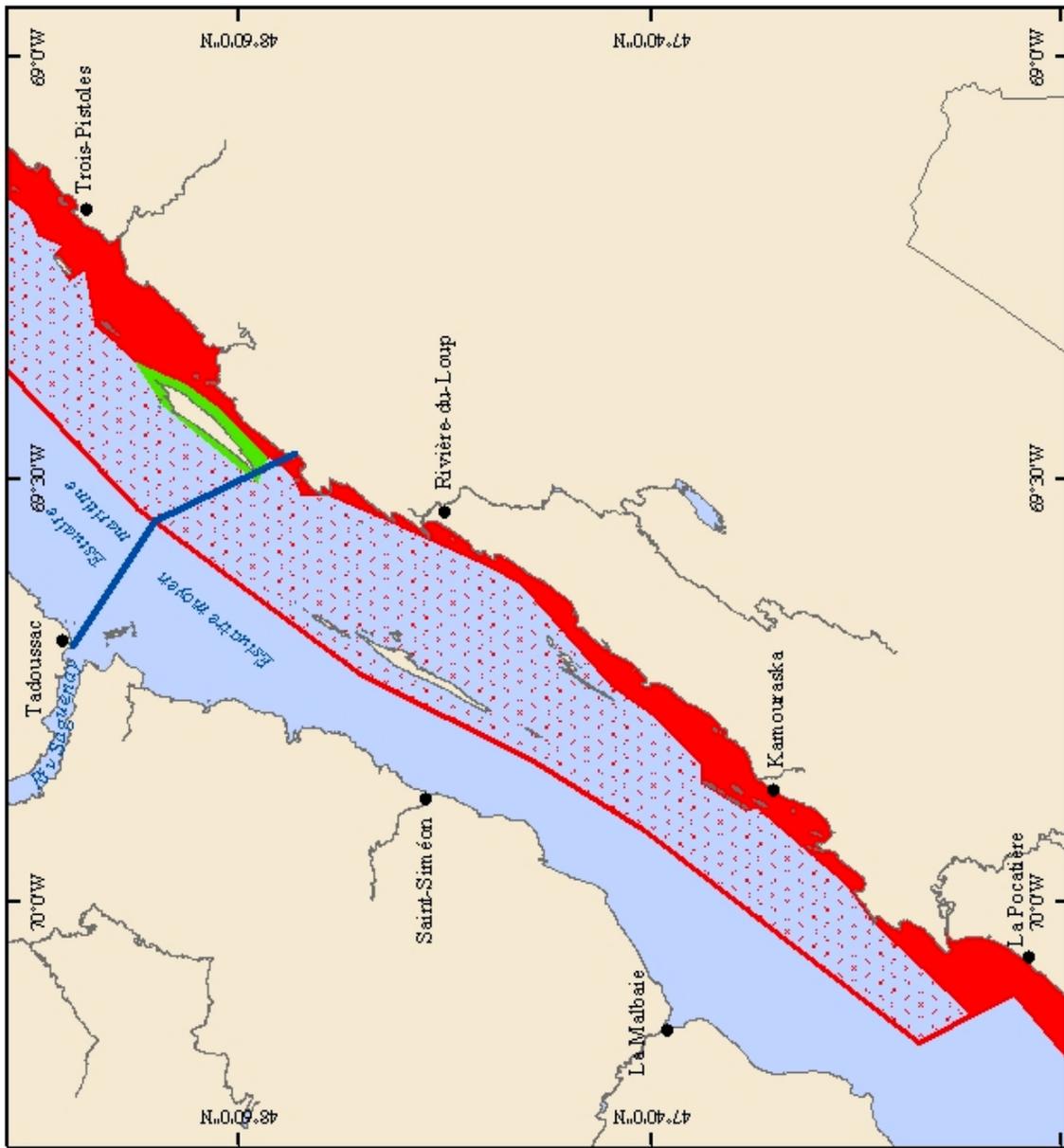




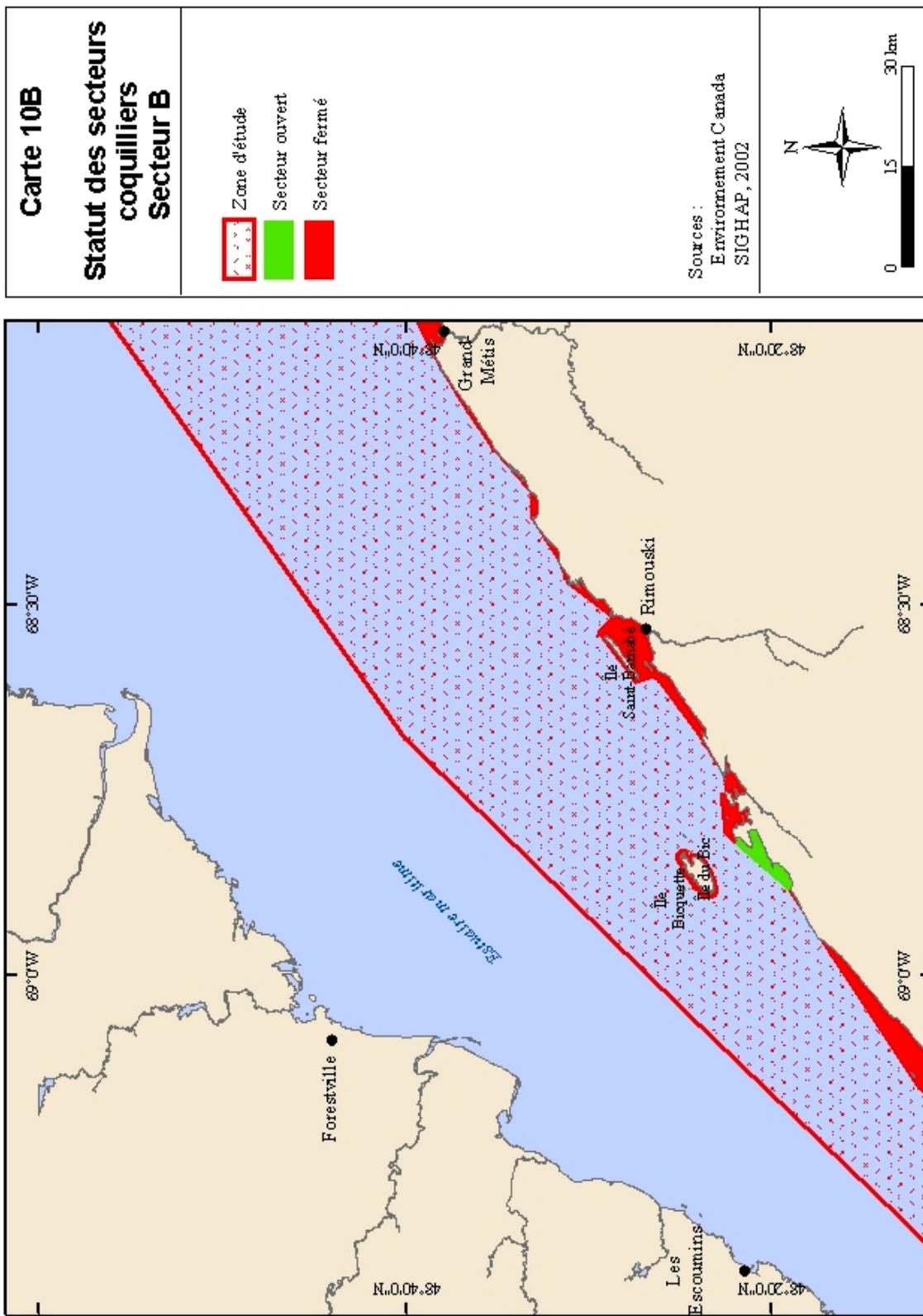


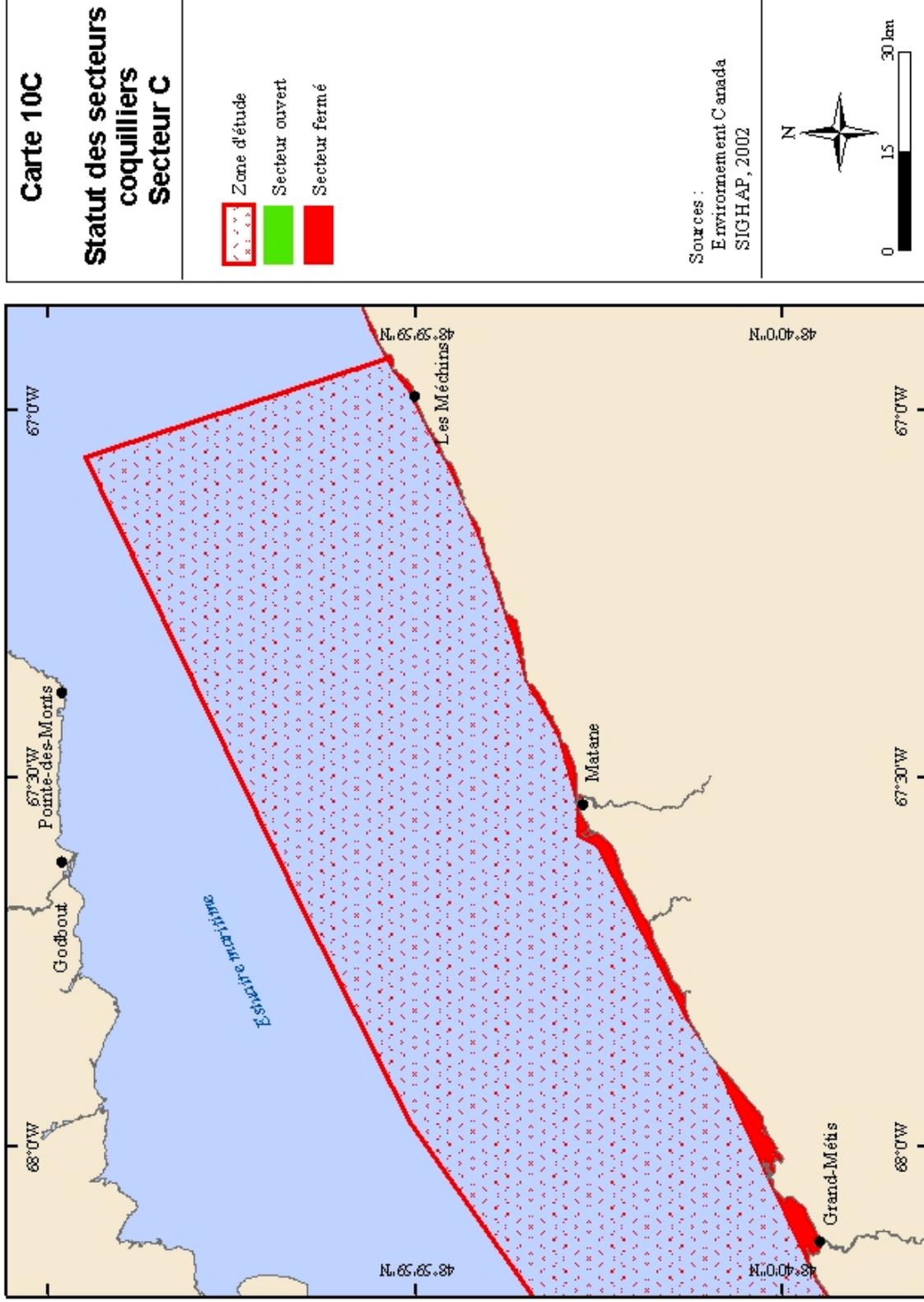


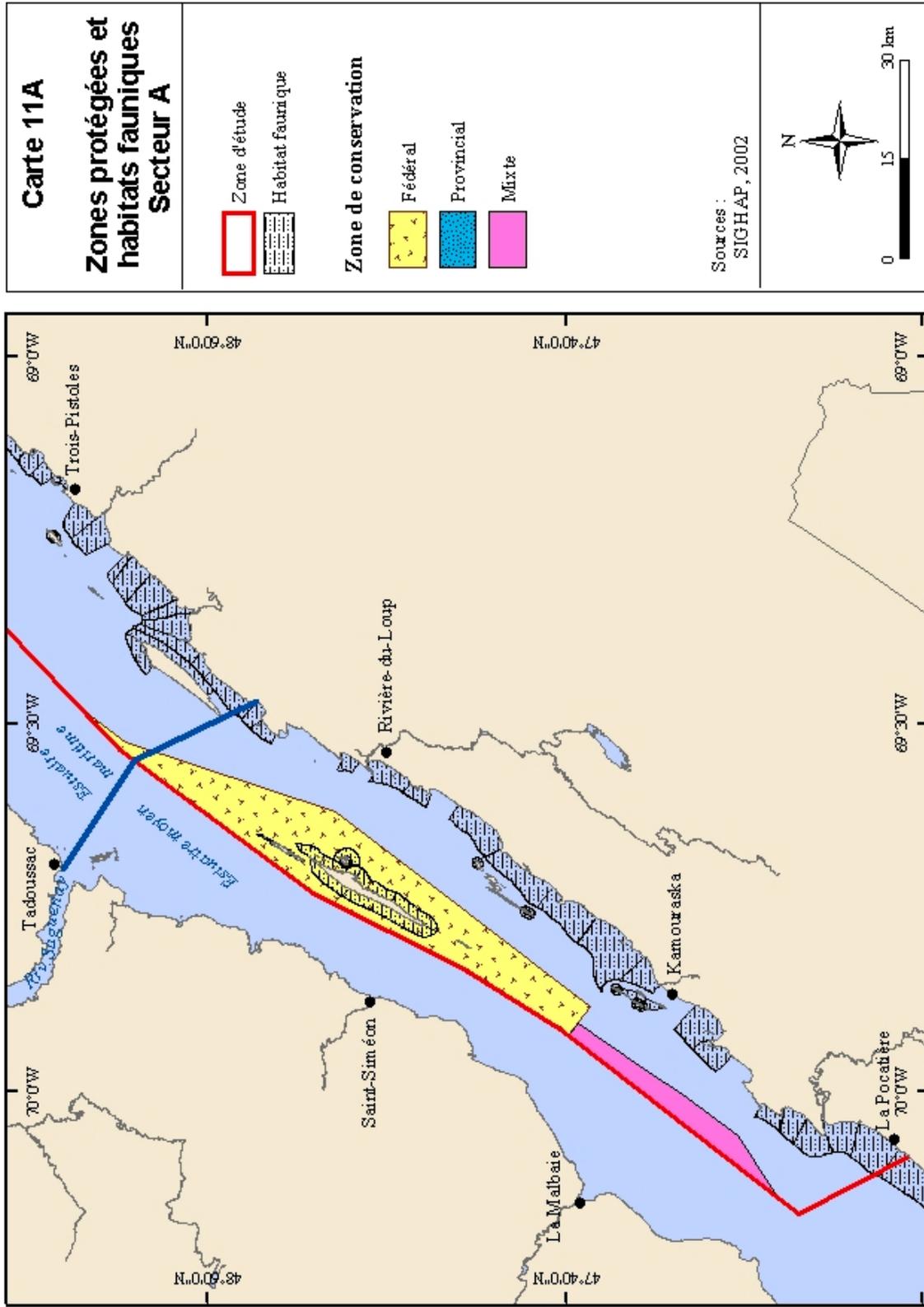
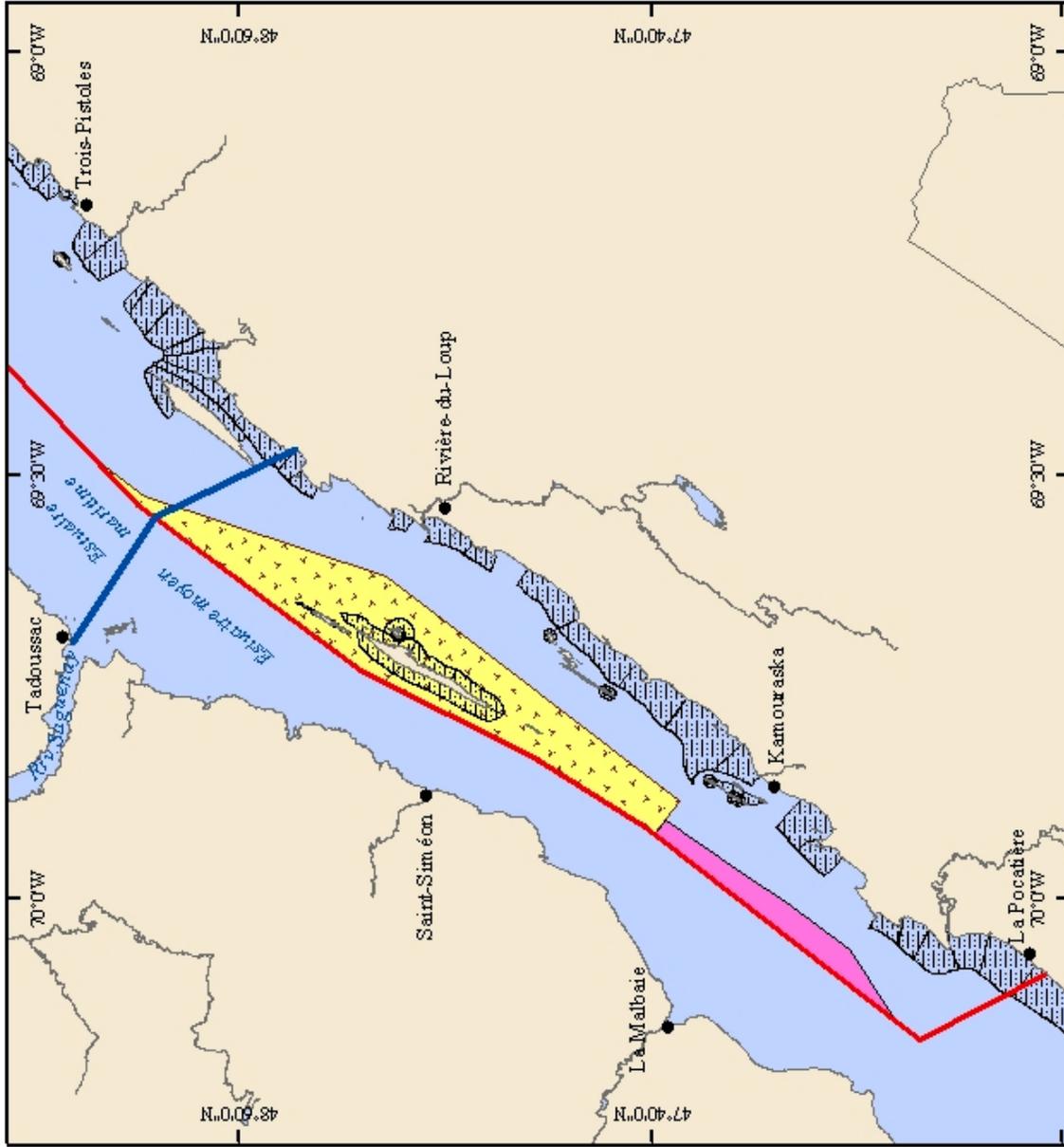




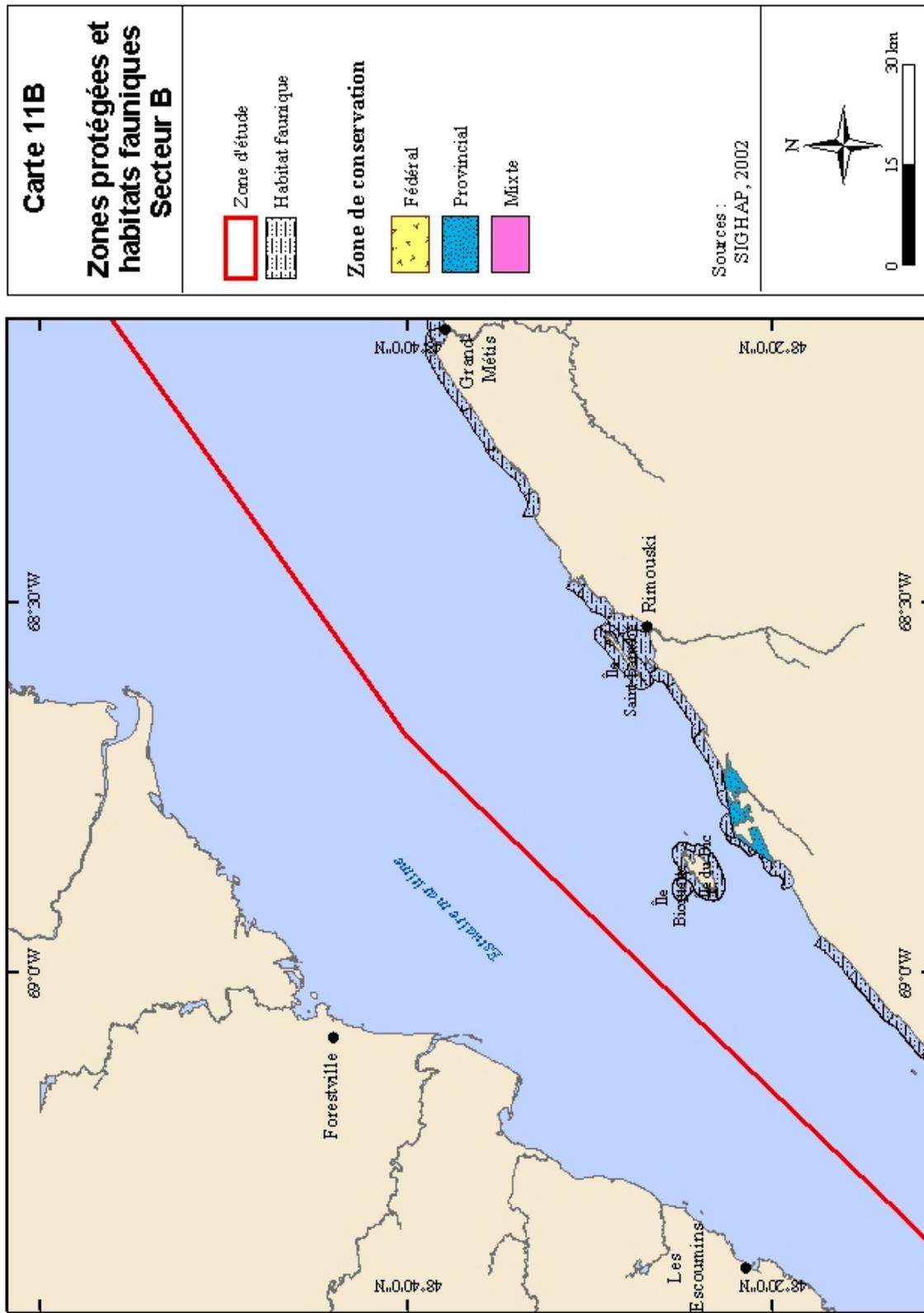
Réalisation : Sodim 2002

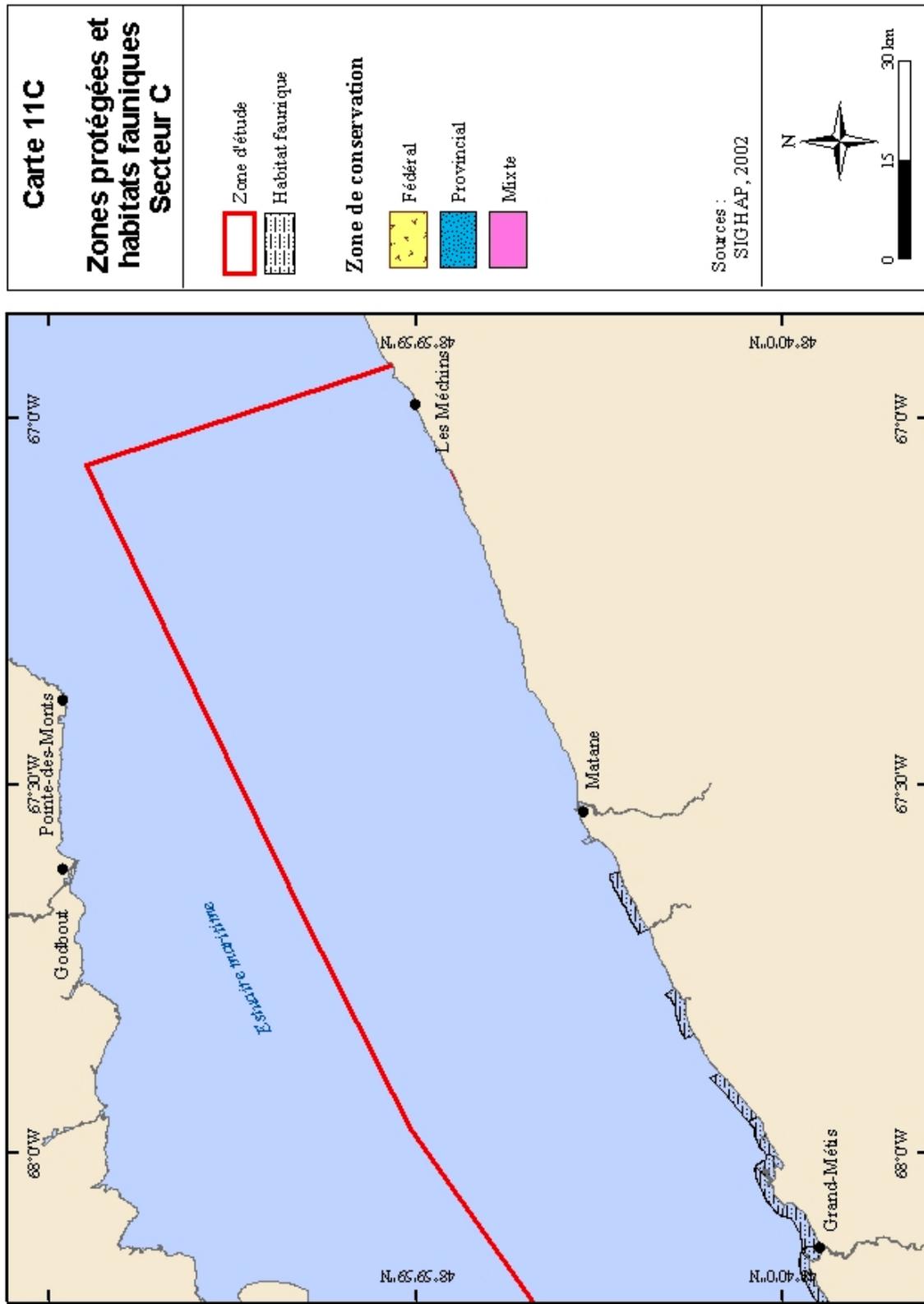


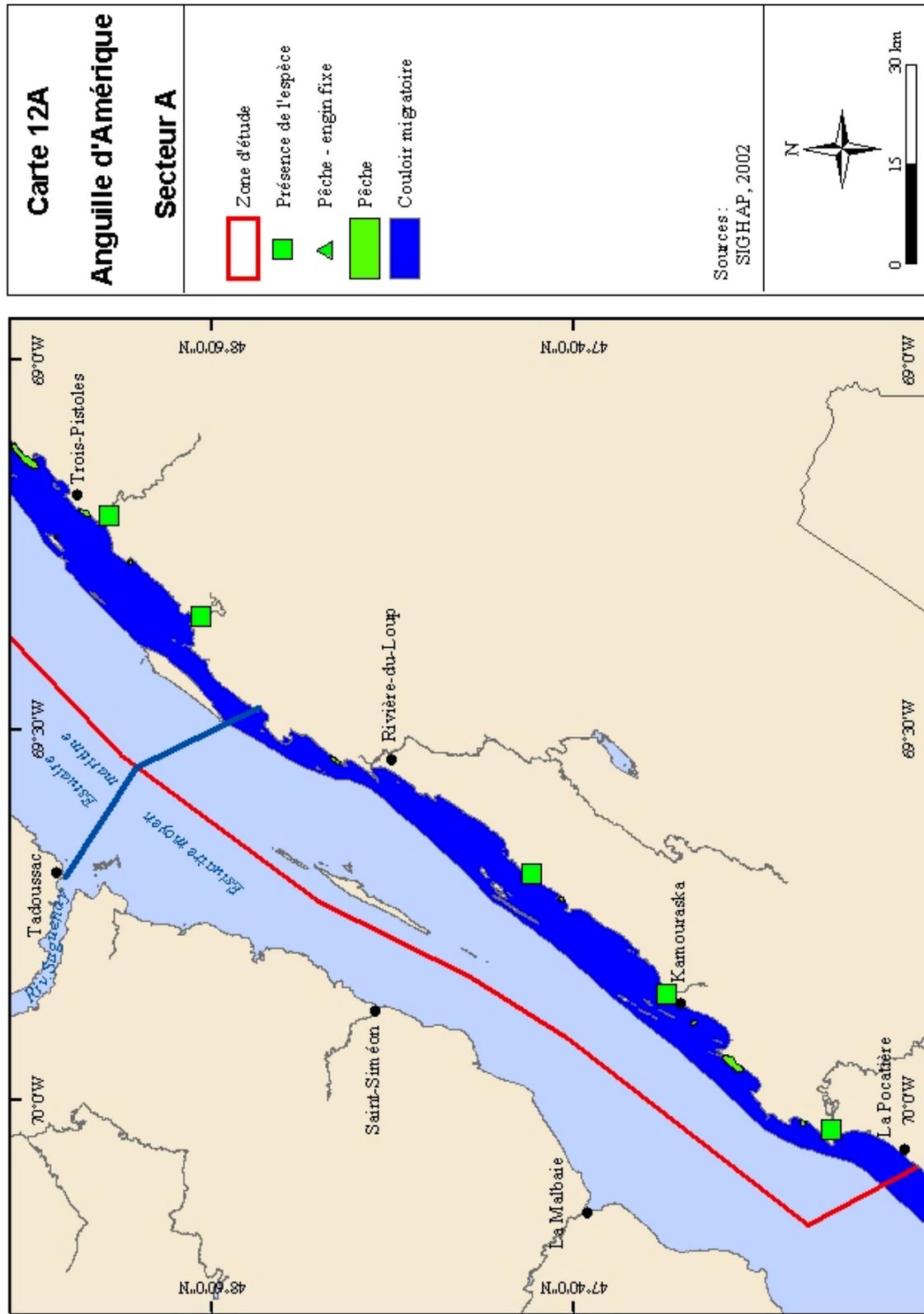


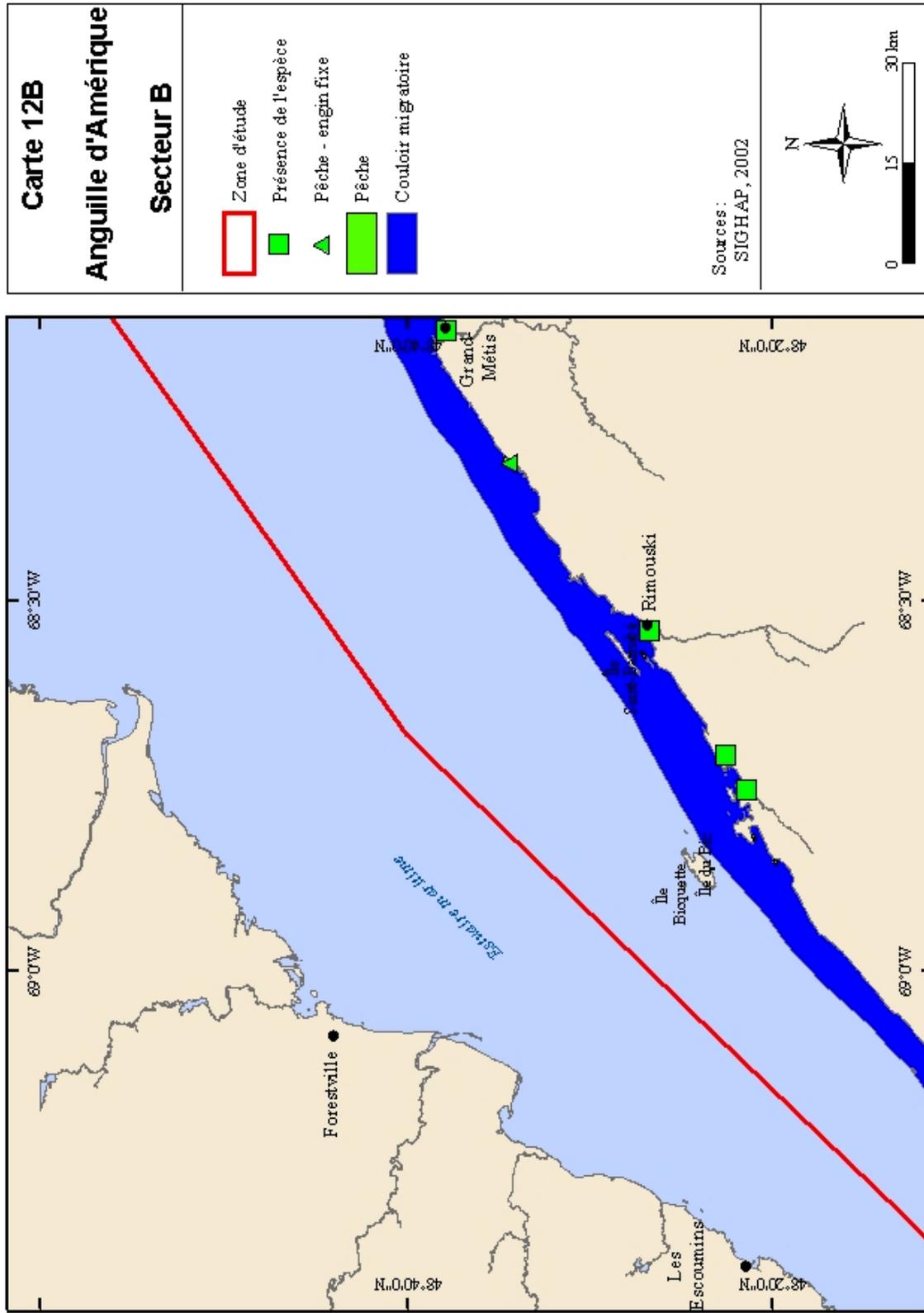



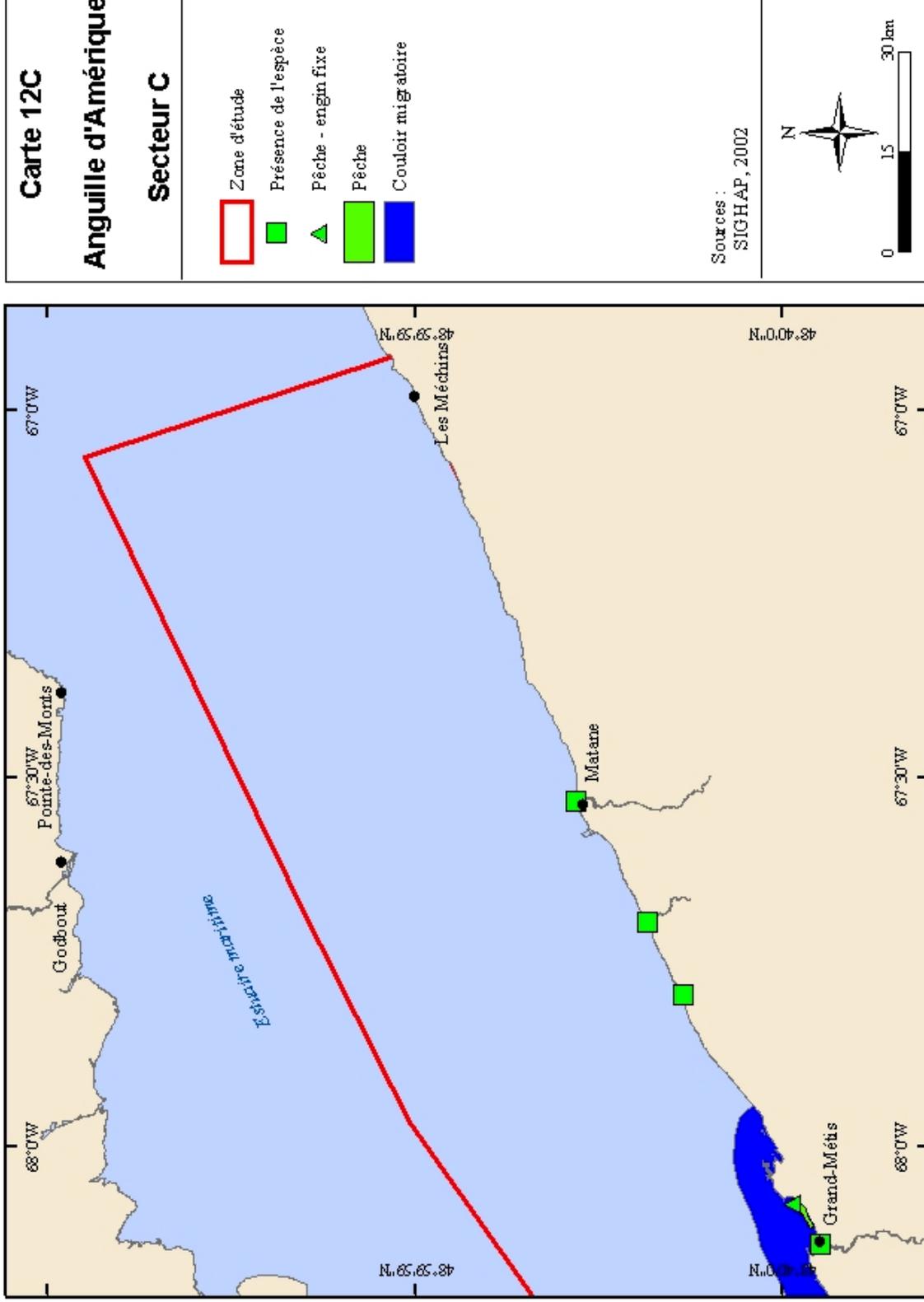
Réalisation : Sodim 2002

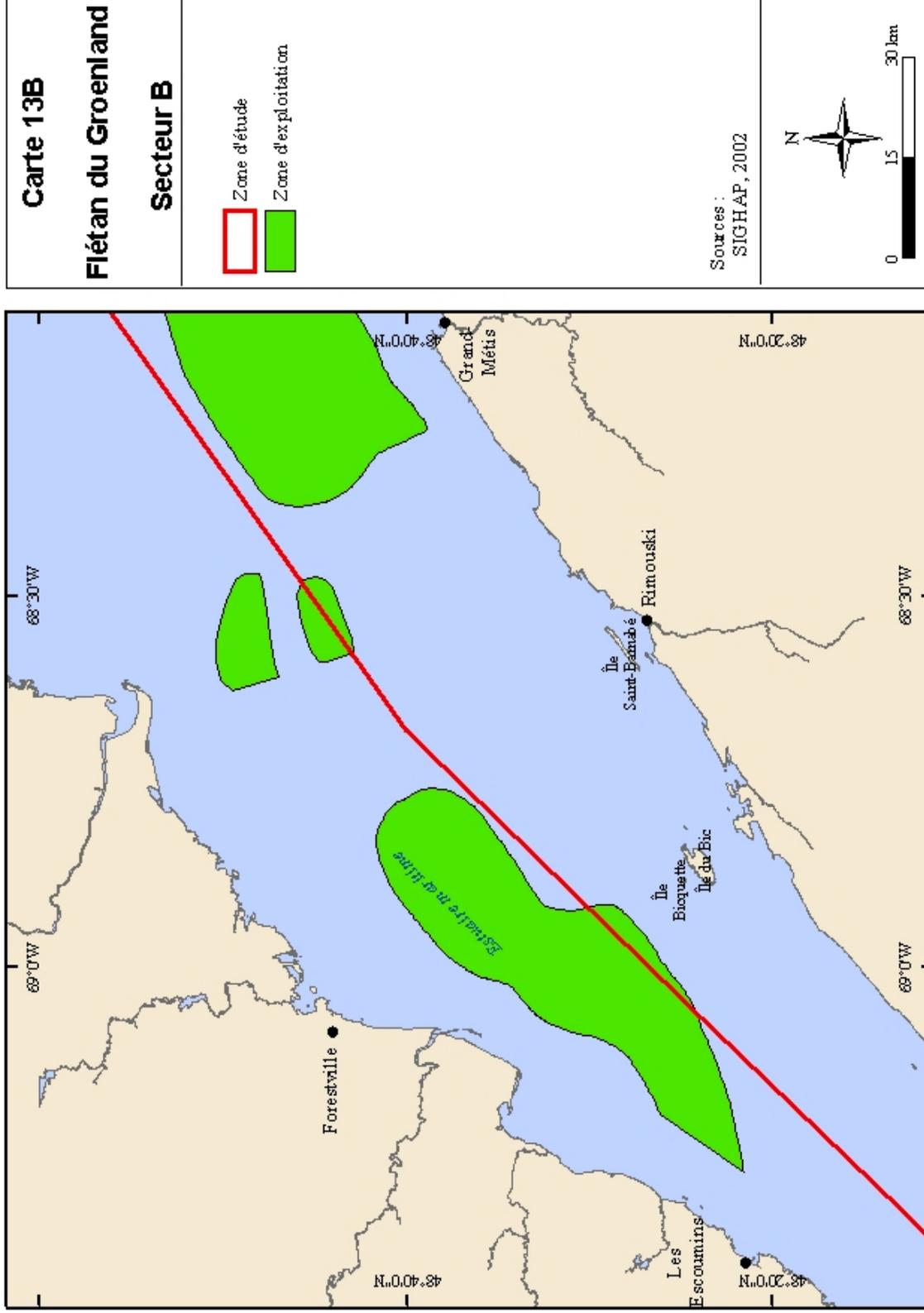


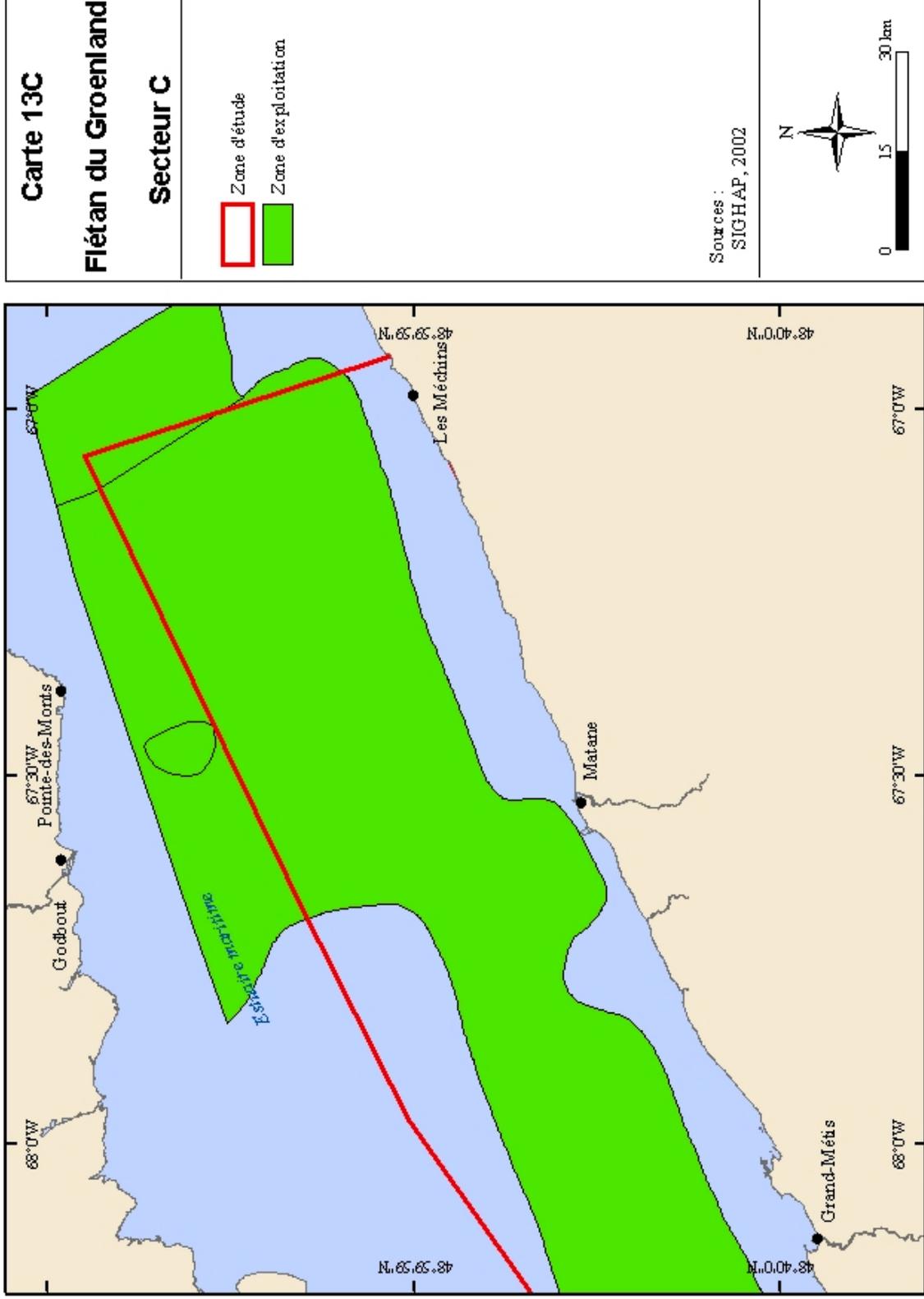


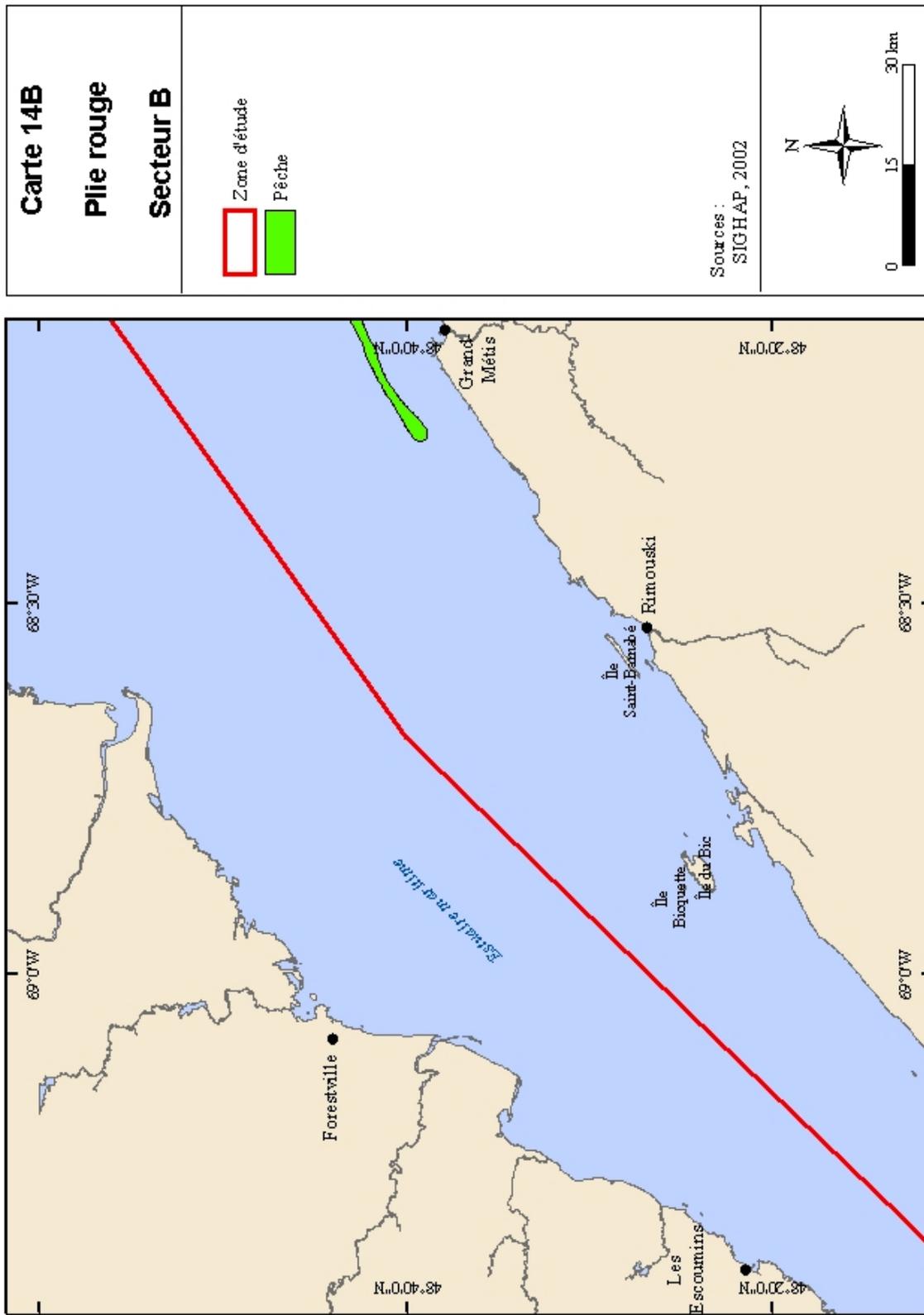




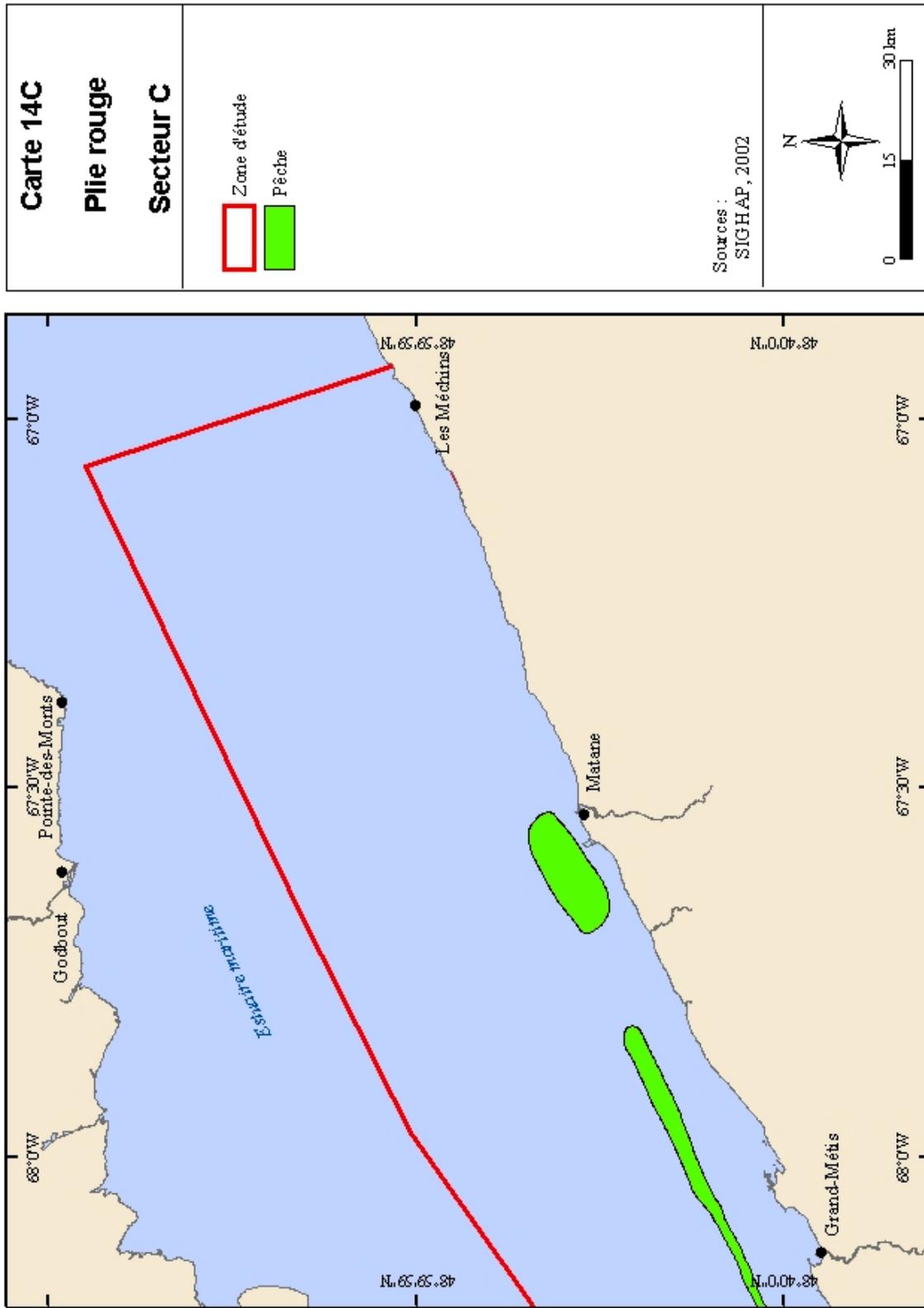


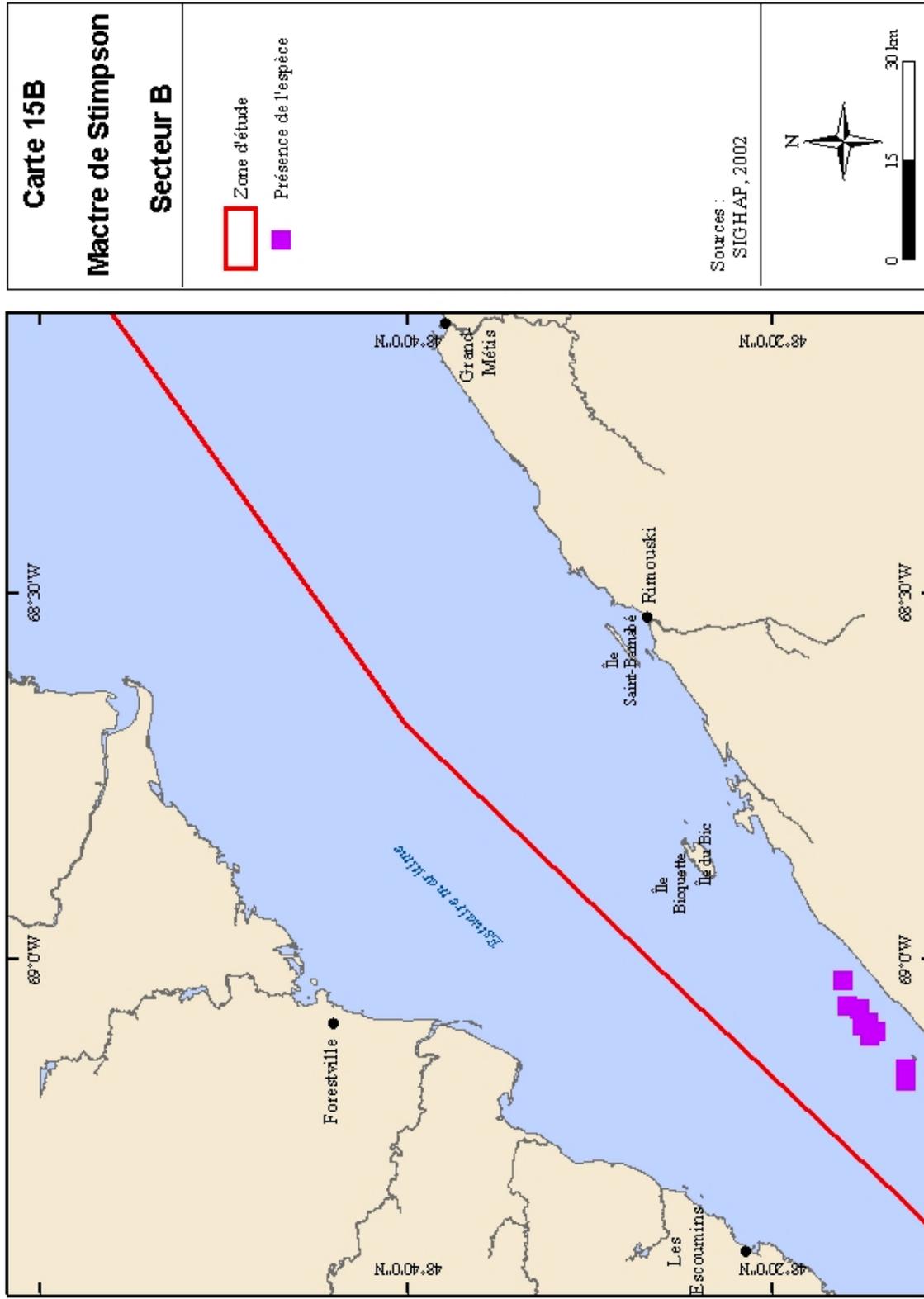


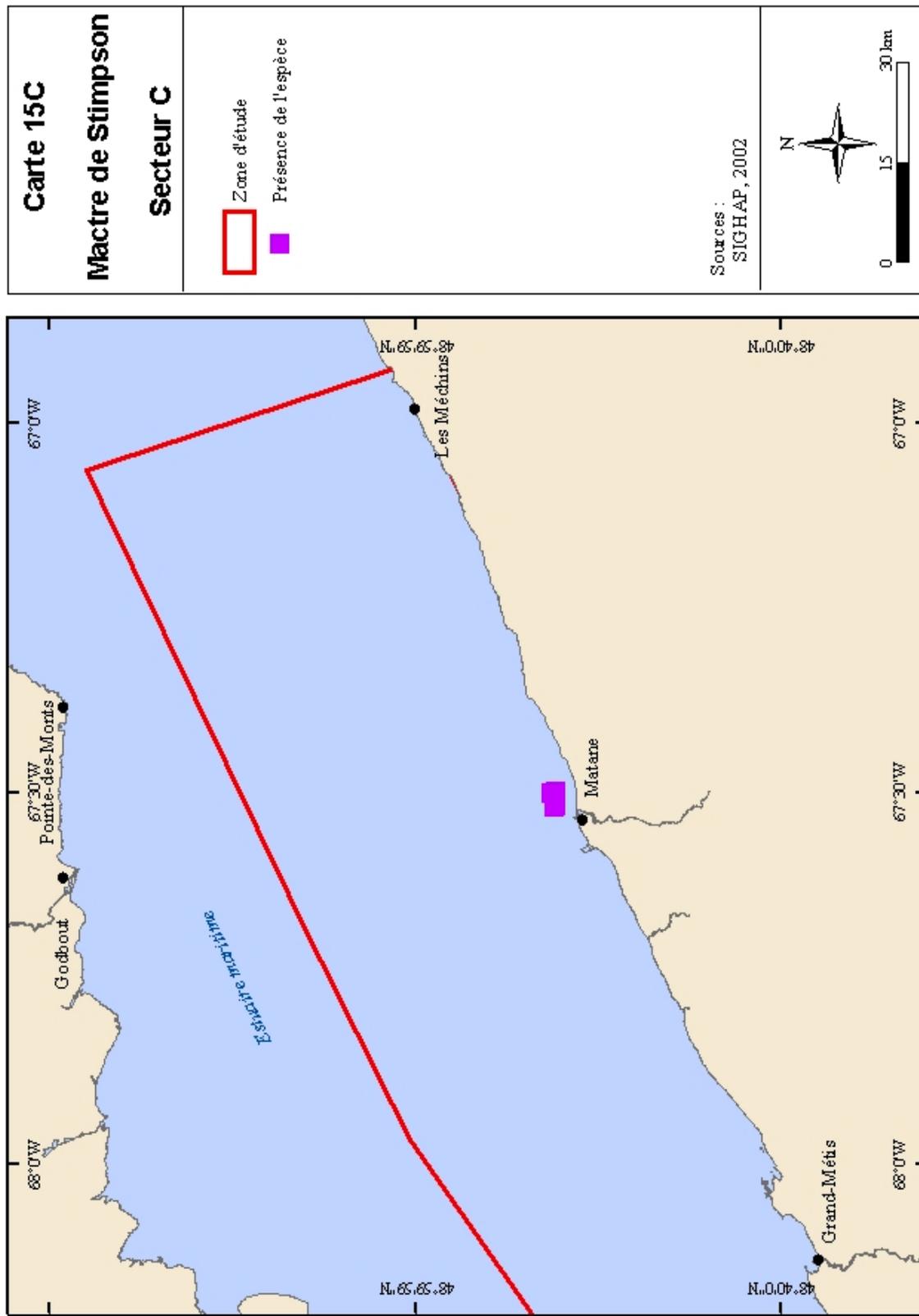




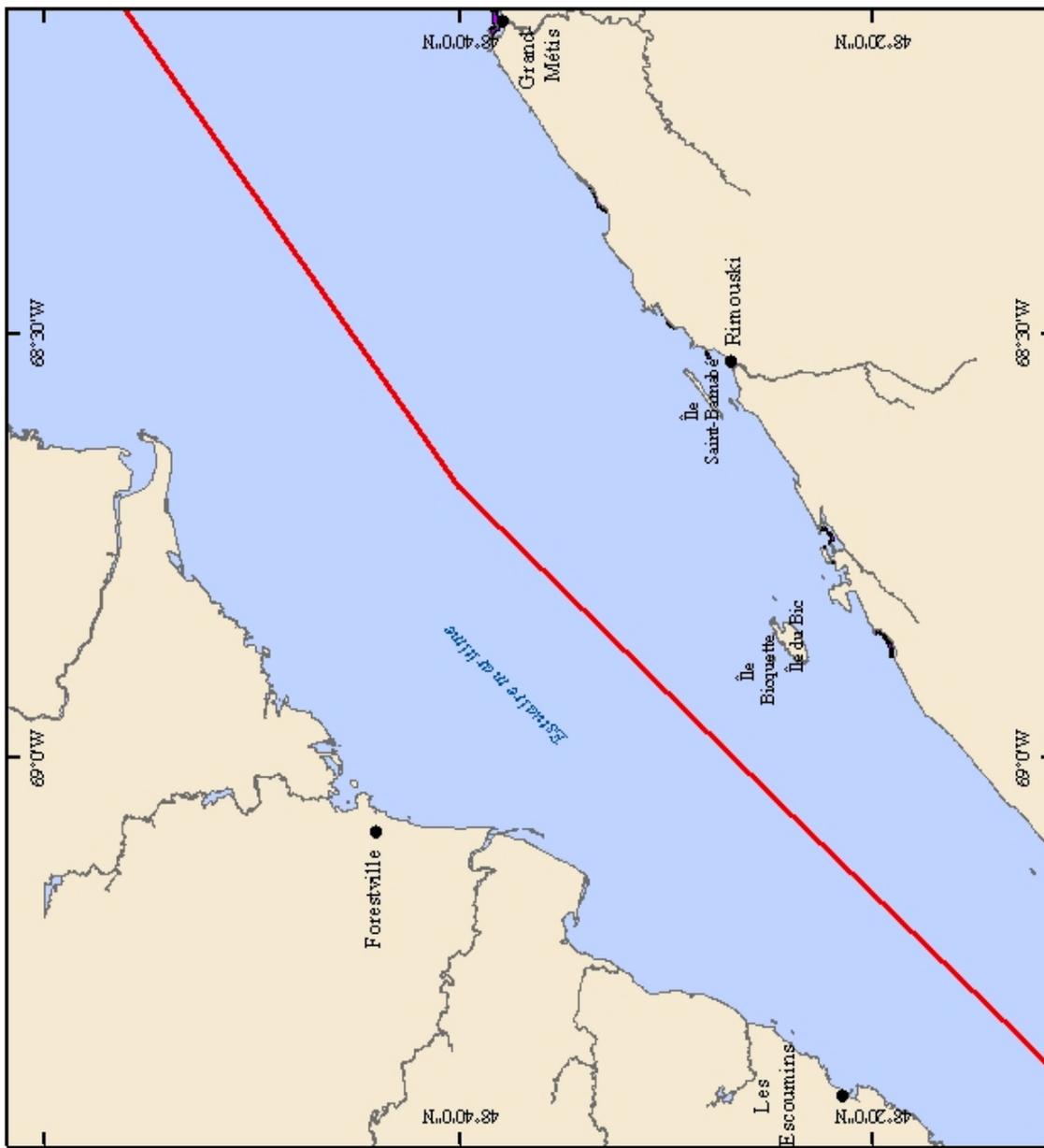
Réalisation : Sodim 2002

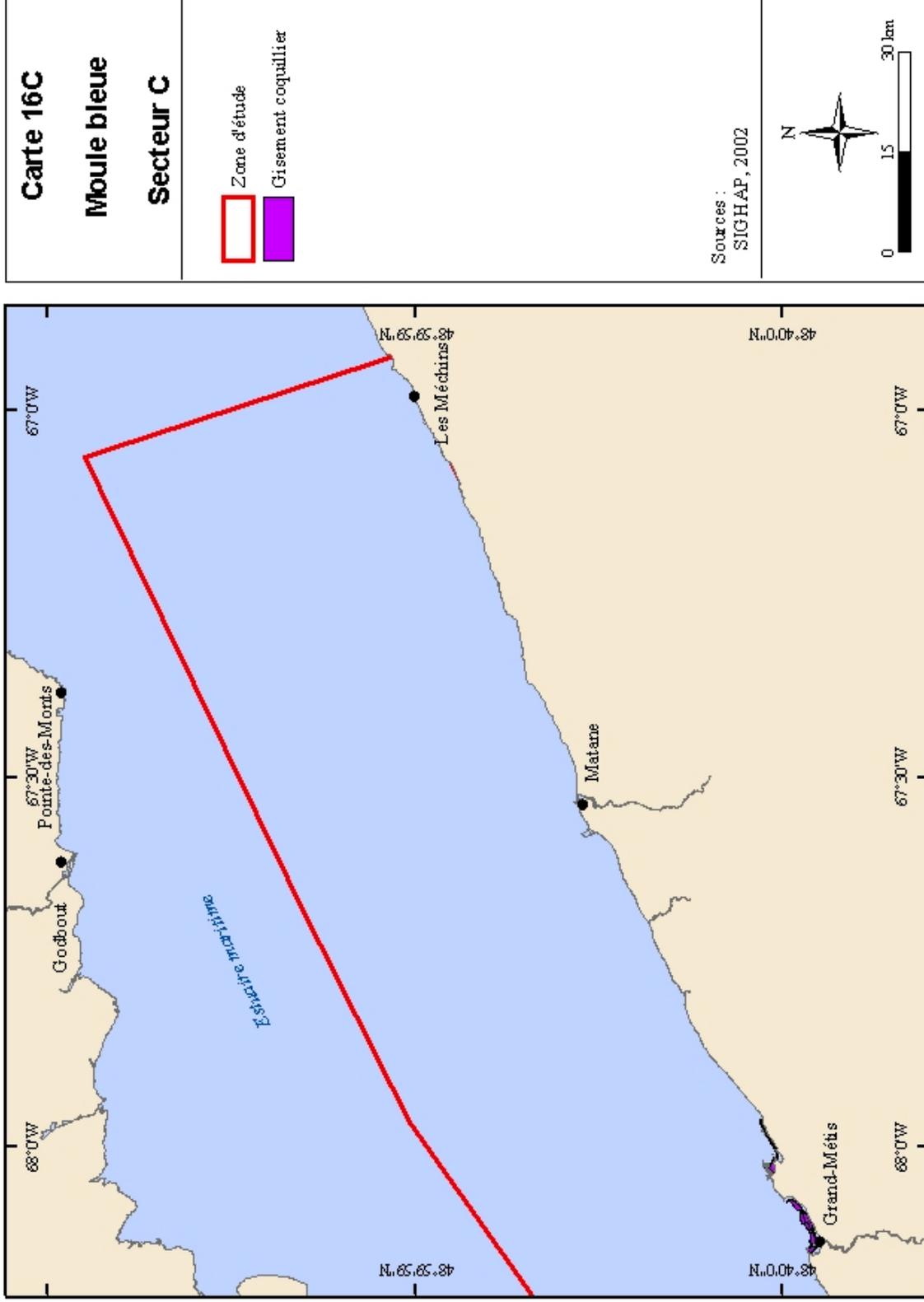




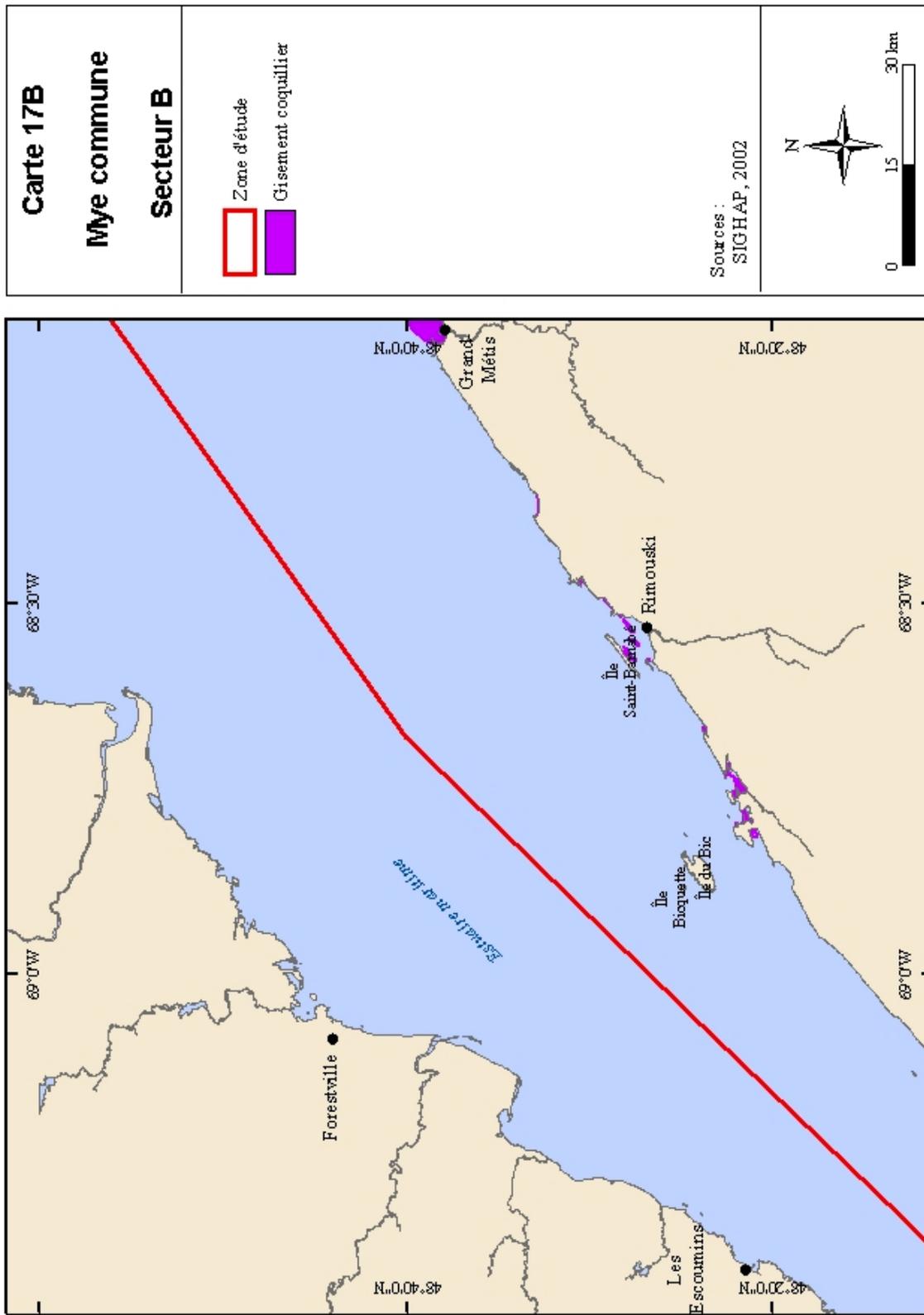


<p>Carte 16B</p> <p>Moule bleue</p> <p>Secteur B</p>	<p>Zone d'étude</p> <p>Gisement coquillier</p>	<p>Sources :</p> <p>SIGHAP, 2002</p>	
---	--	--------------------------------------	--

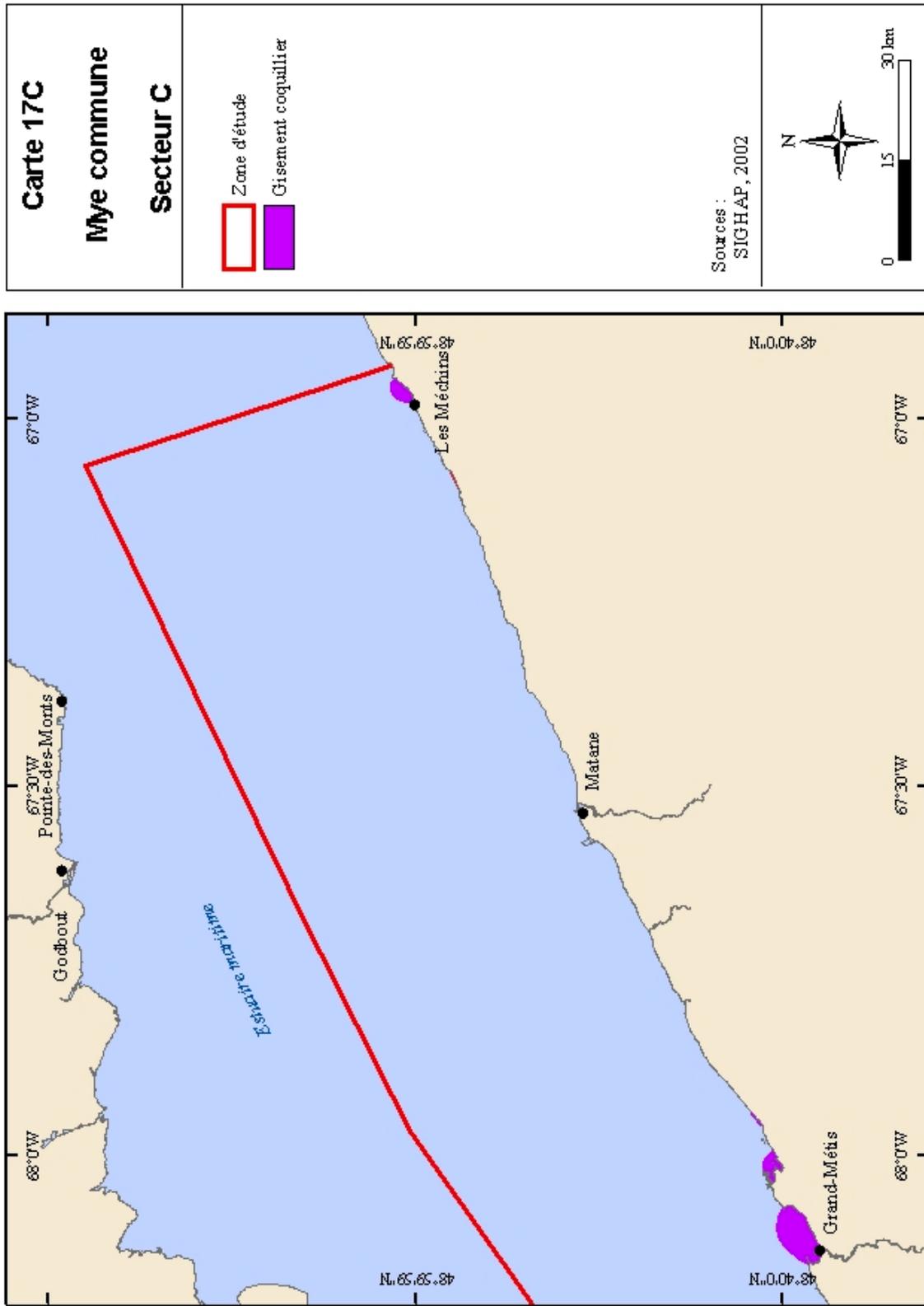


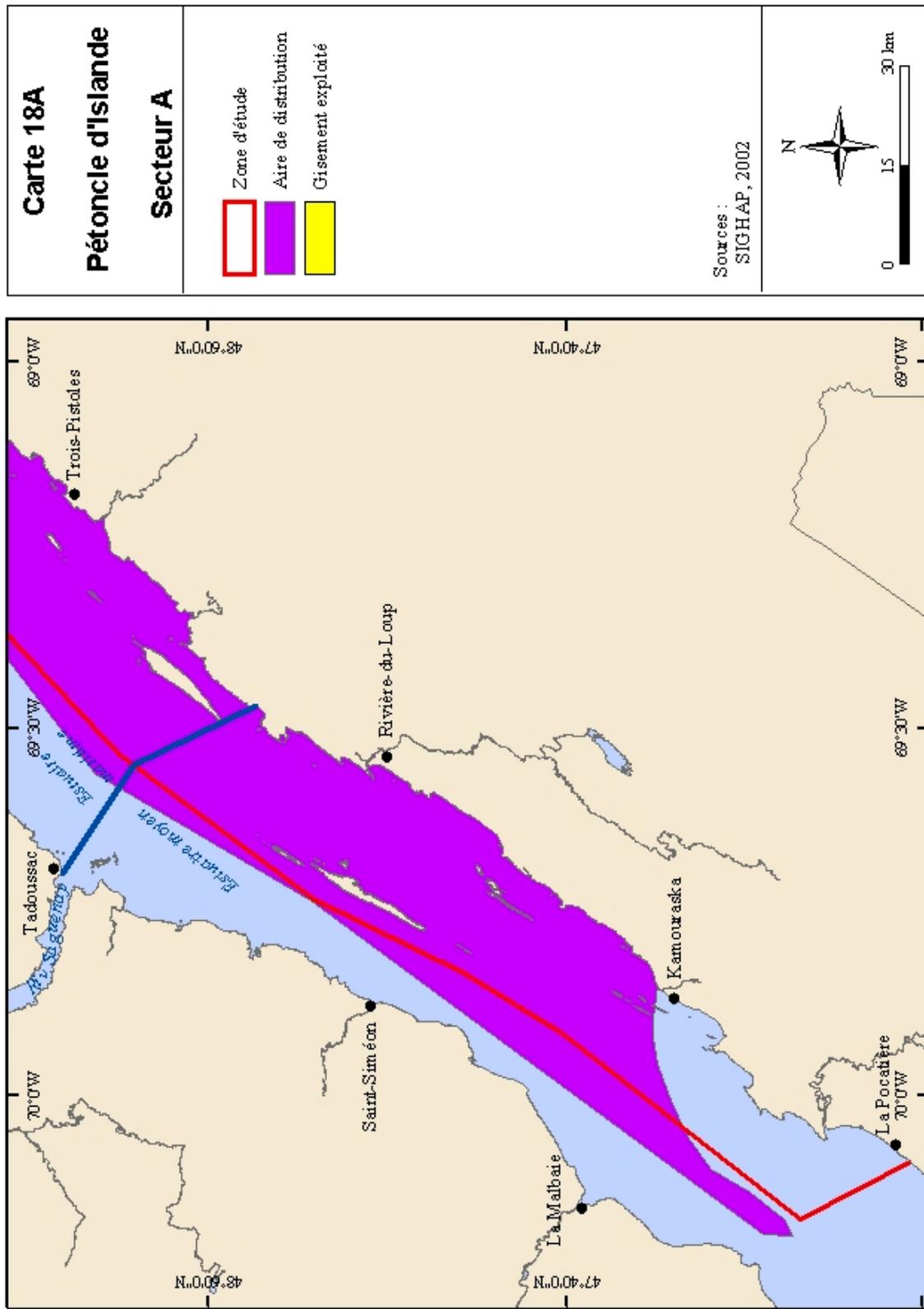


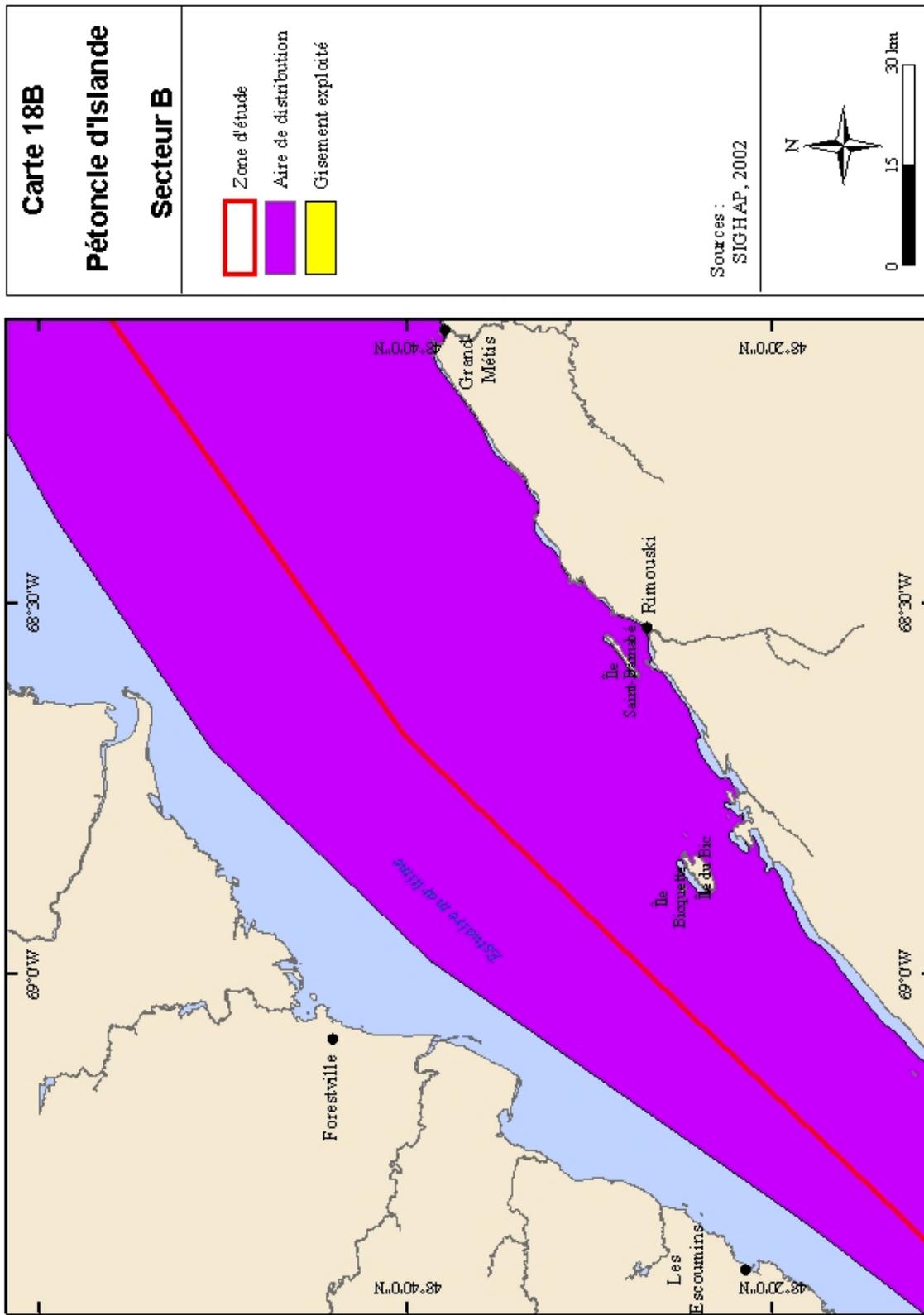




Réalisation : Sodim 2002



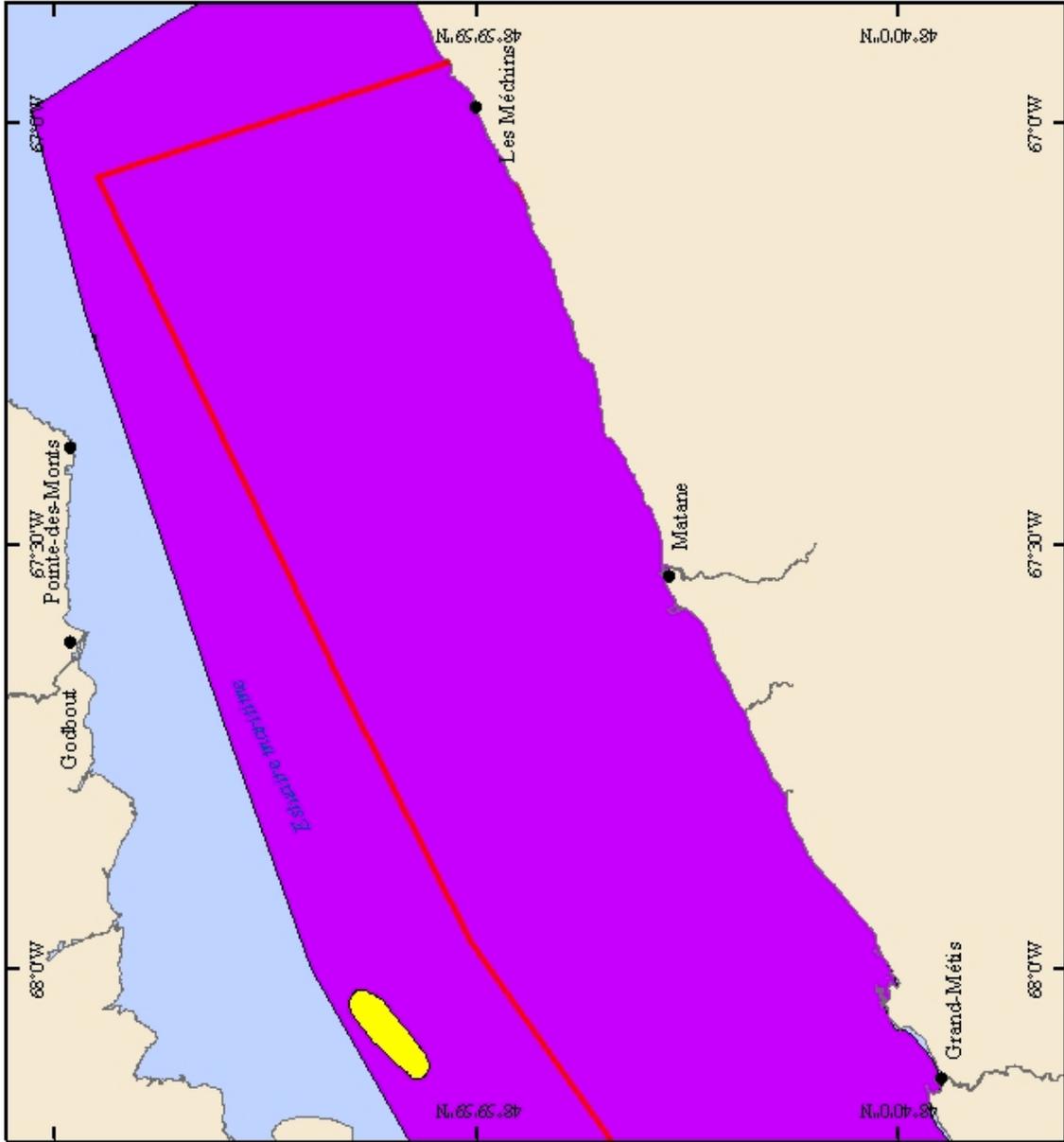


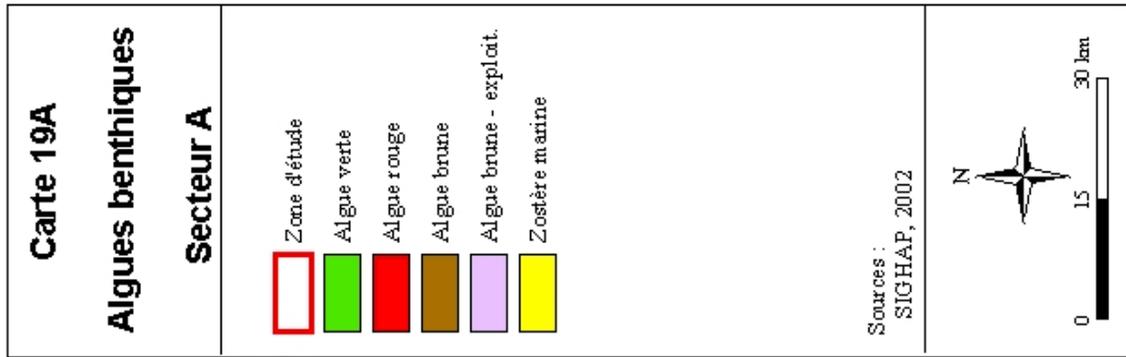


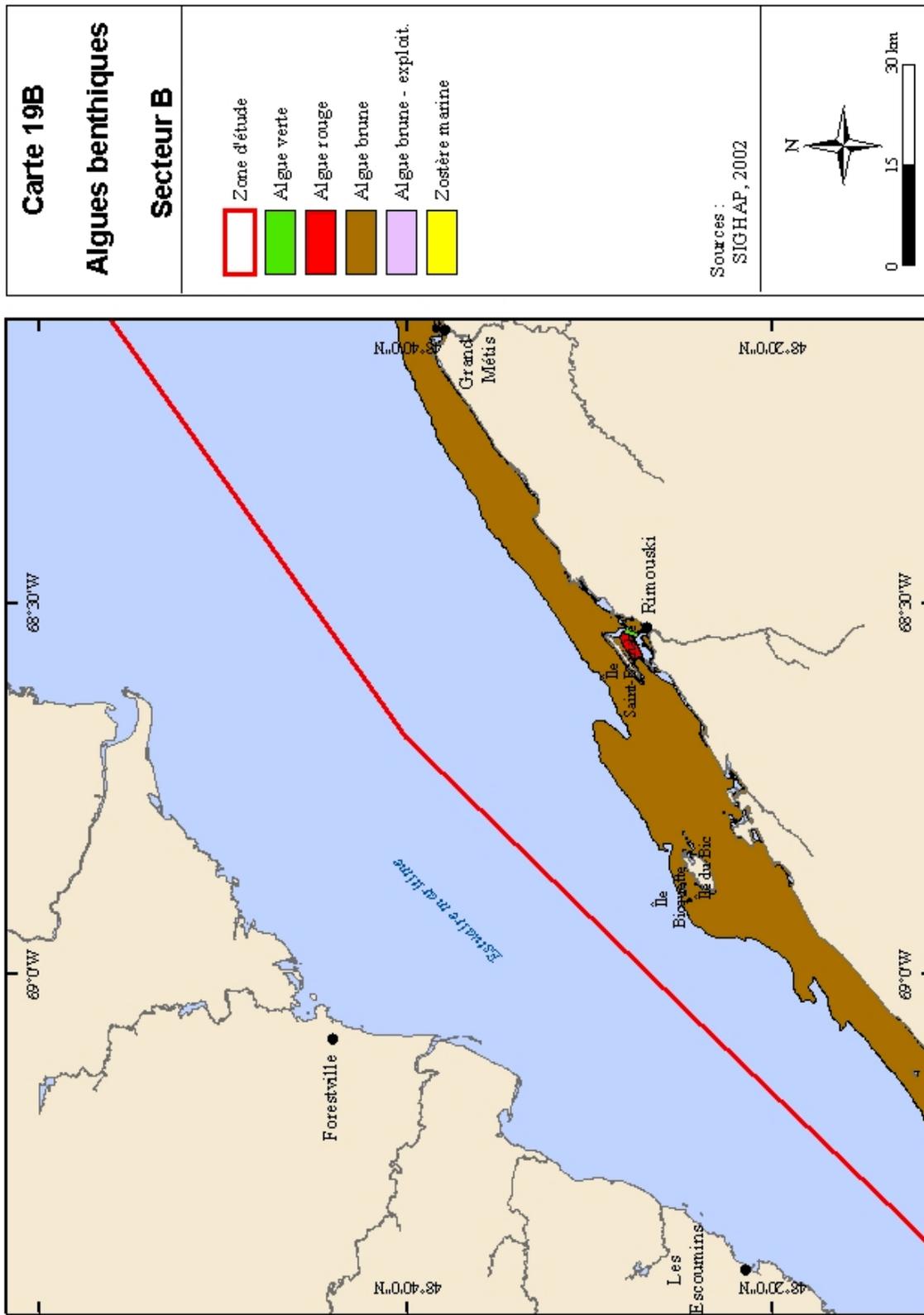
Carte 18C
Pétoncle d'Islande
Secteur C

Zone d'étude
Aire de distribution
Gisement exploité

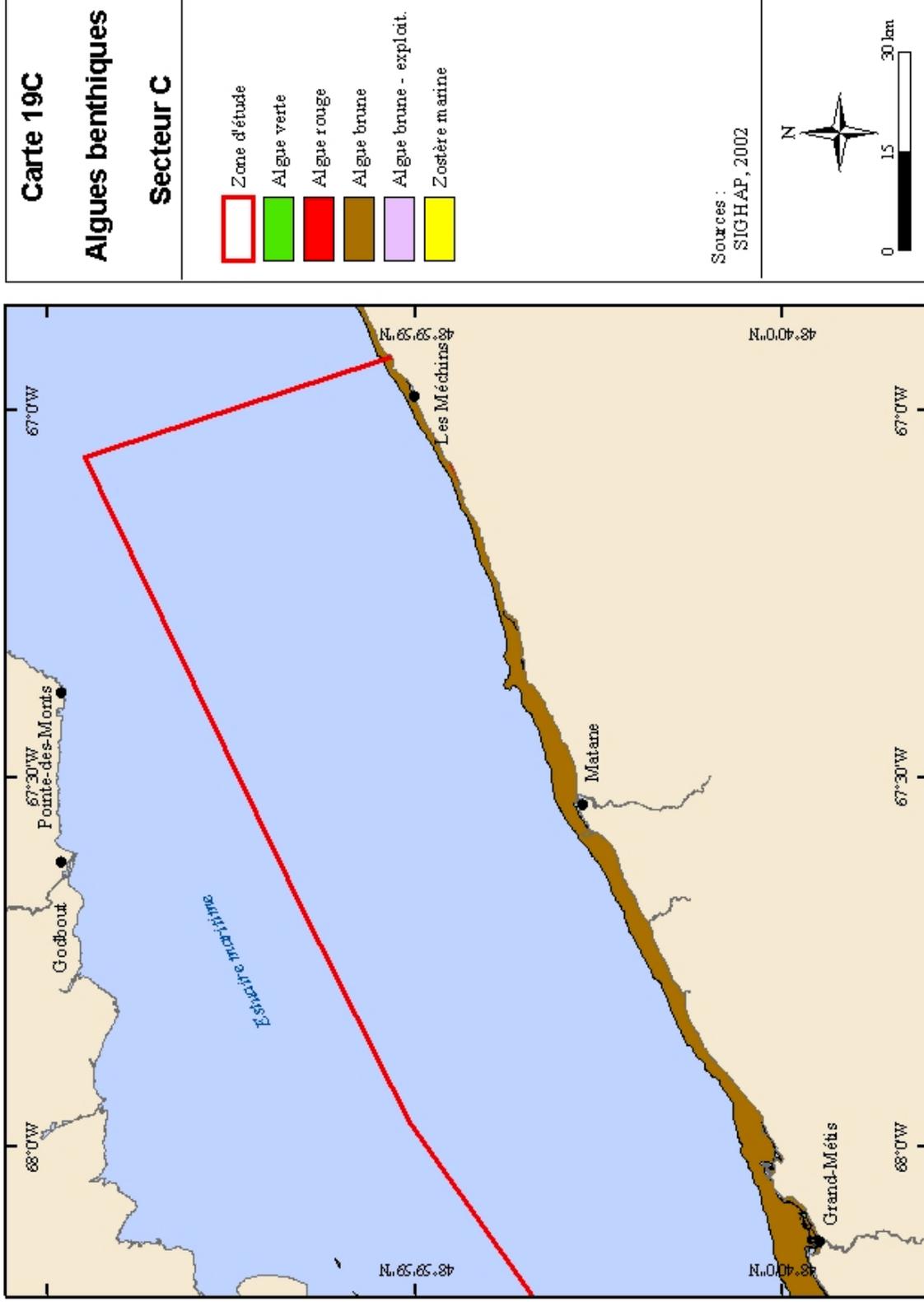
Sources :
SIGHAP, 2002

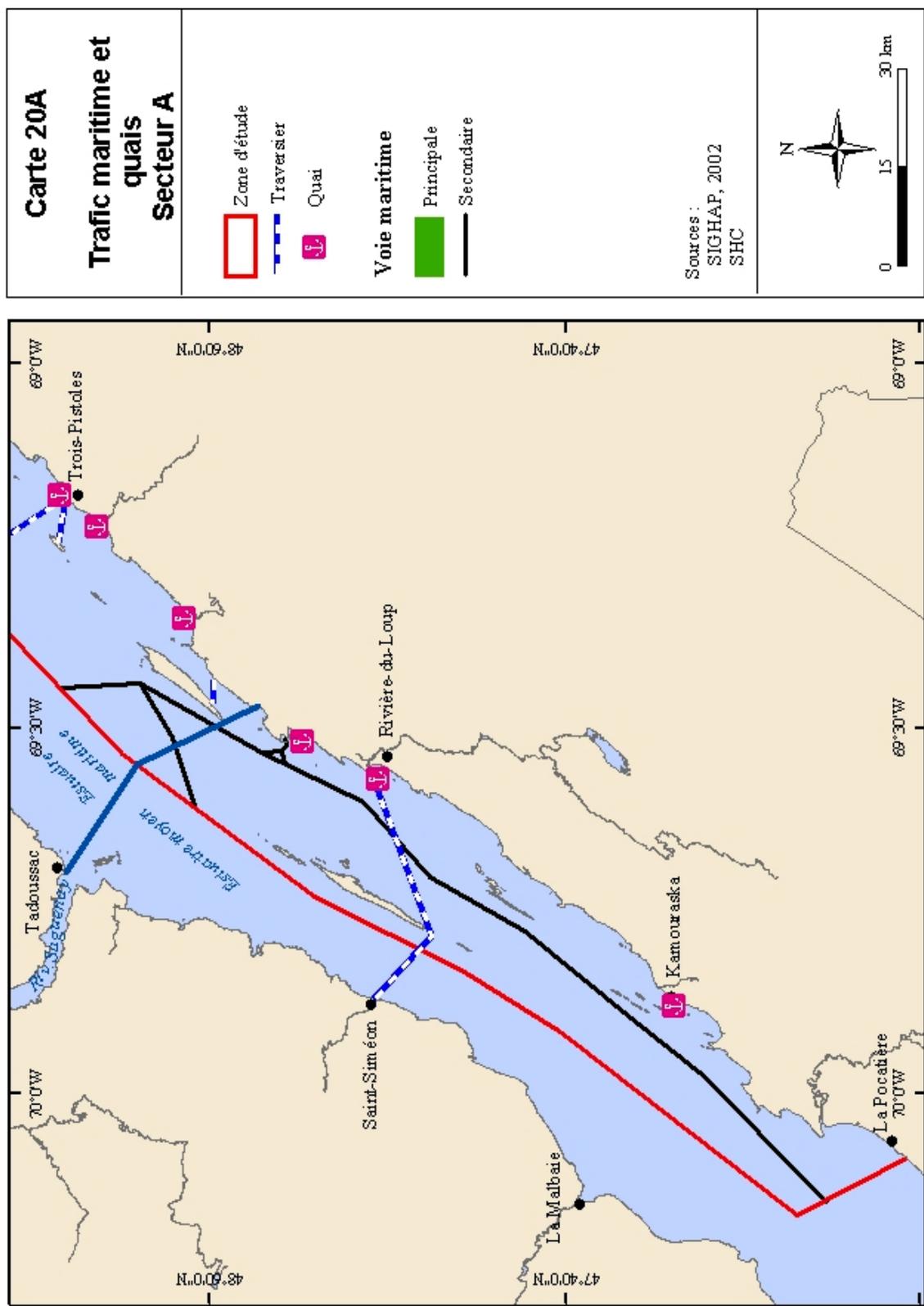


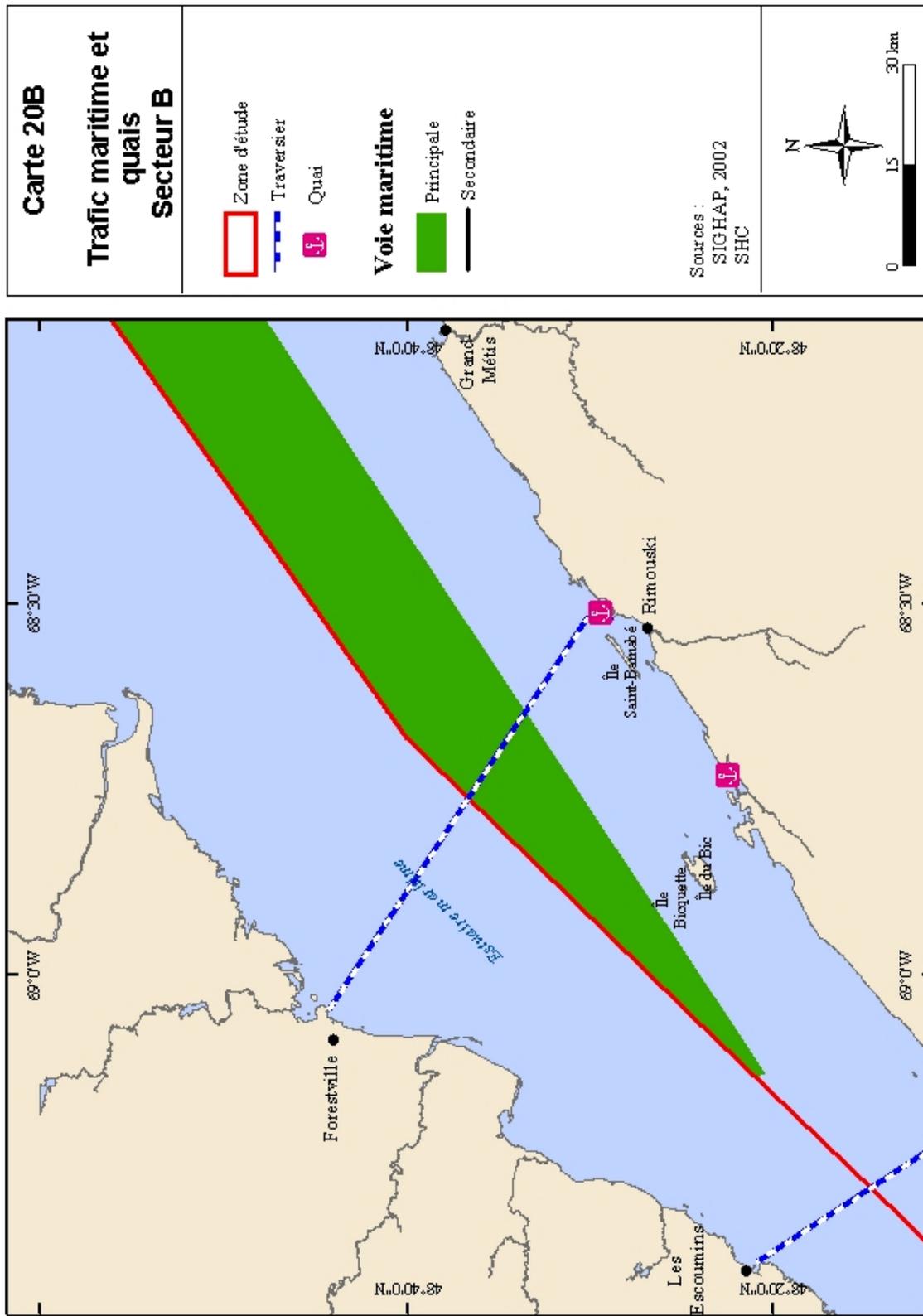


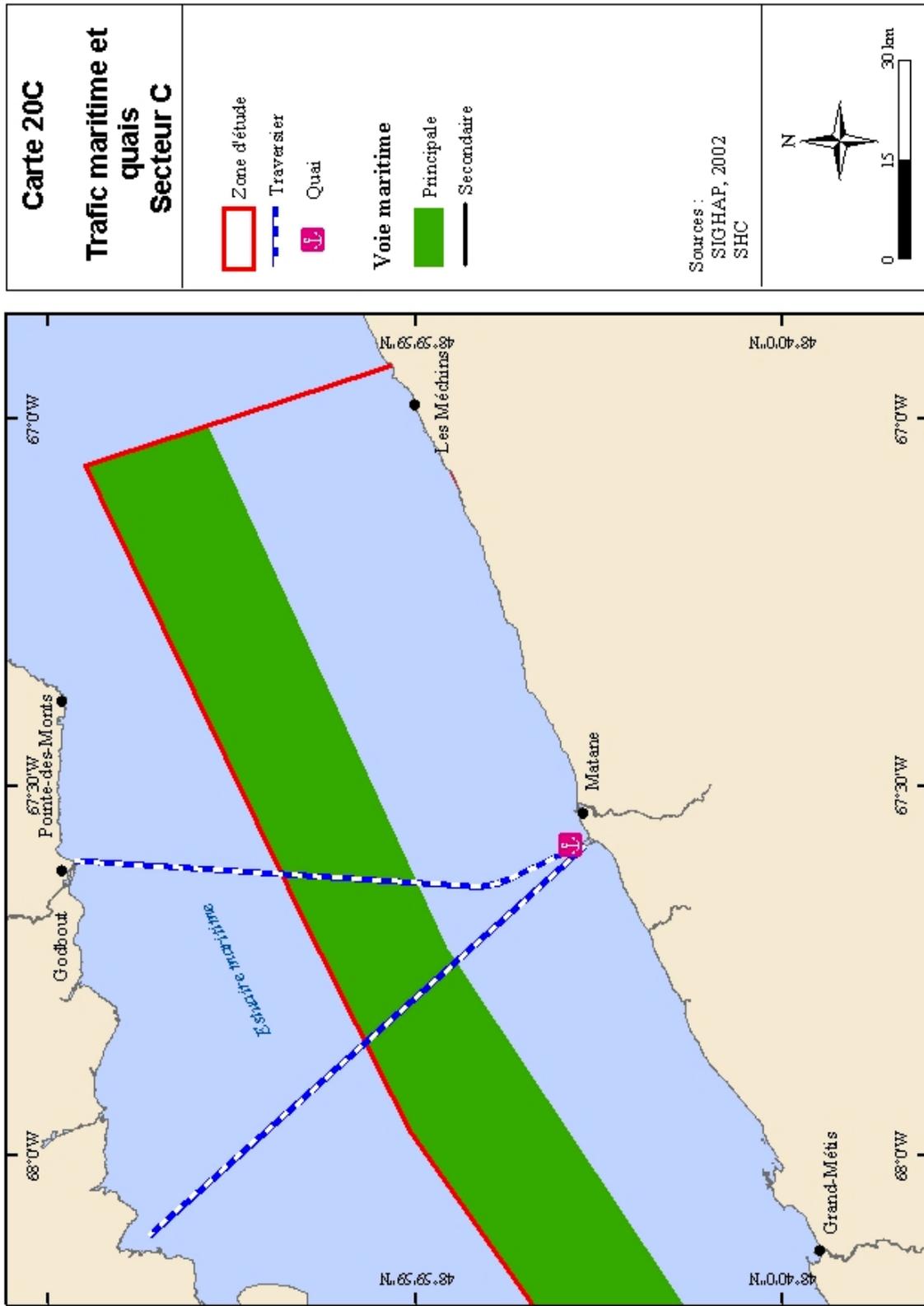


Réalisation : Sodim 2002











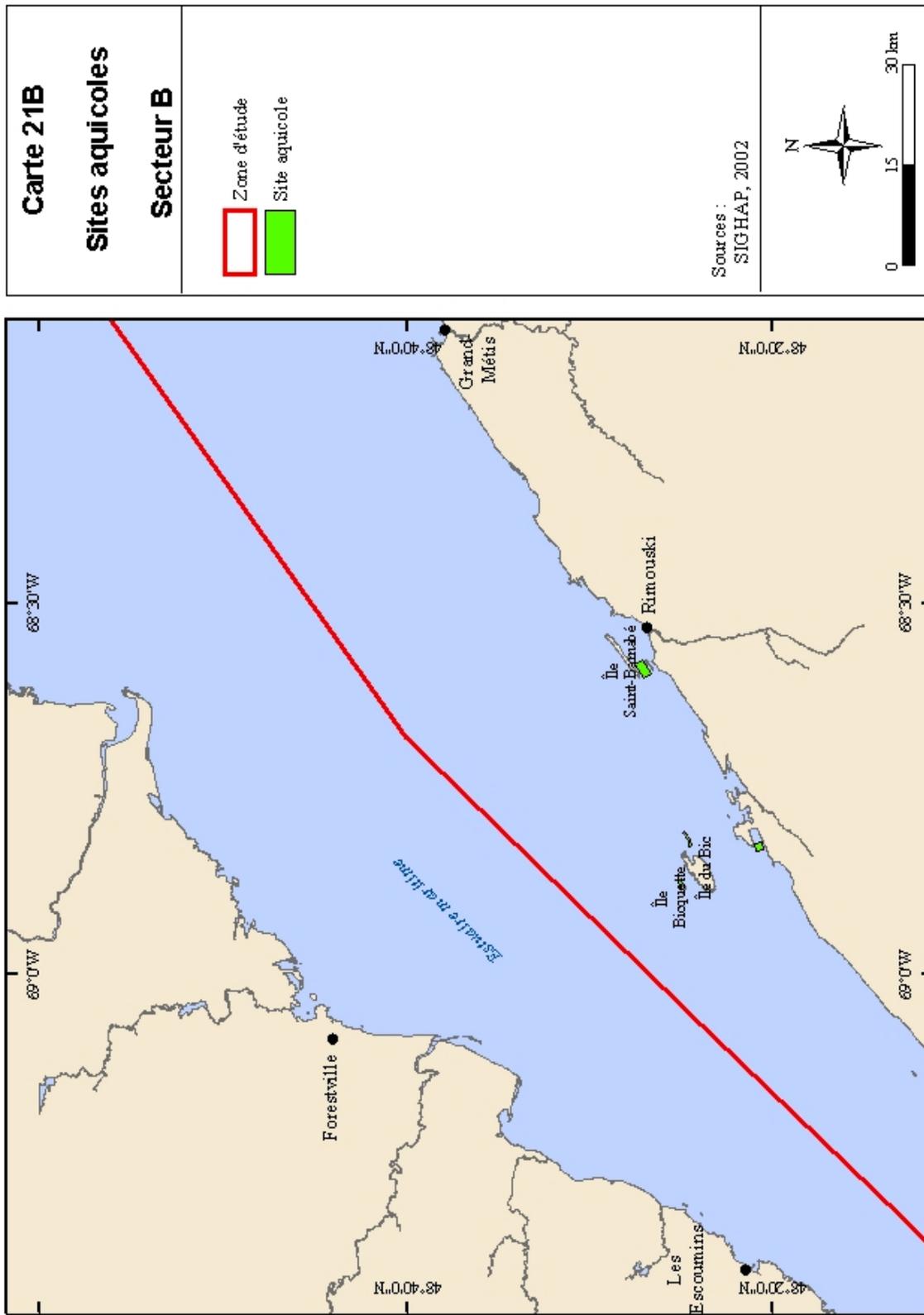
Carte 21A

Sites aquicoles

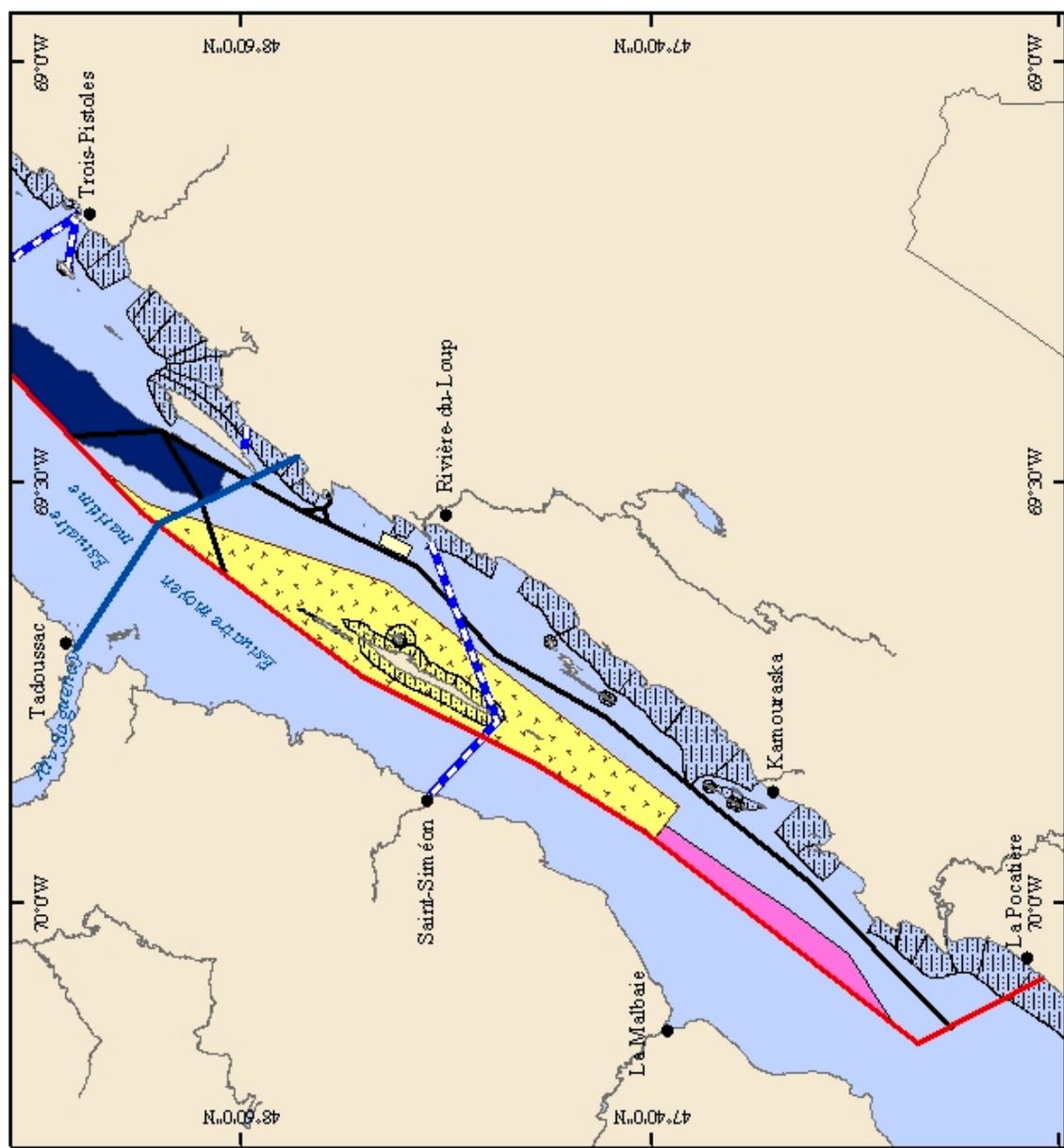
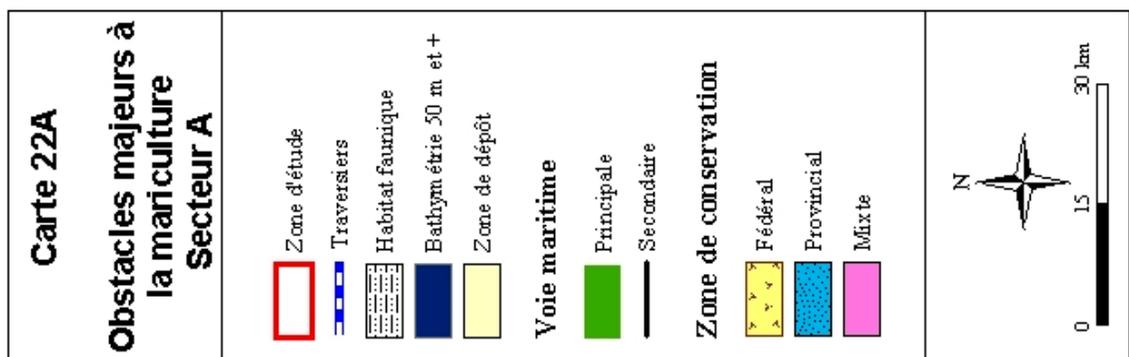
Secteur A

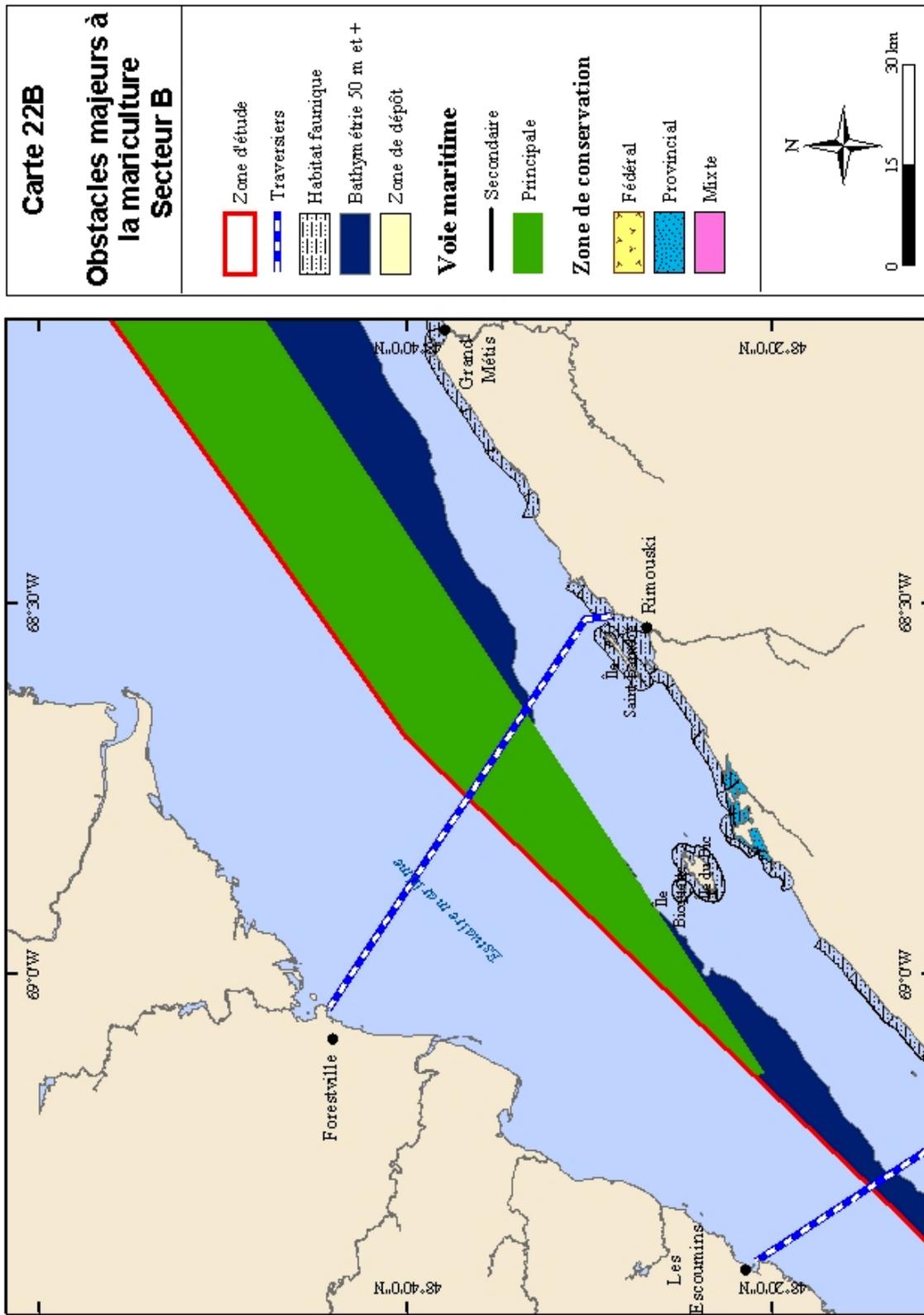
Zone d'étude
 Site aquicole

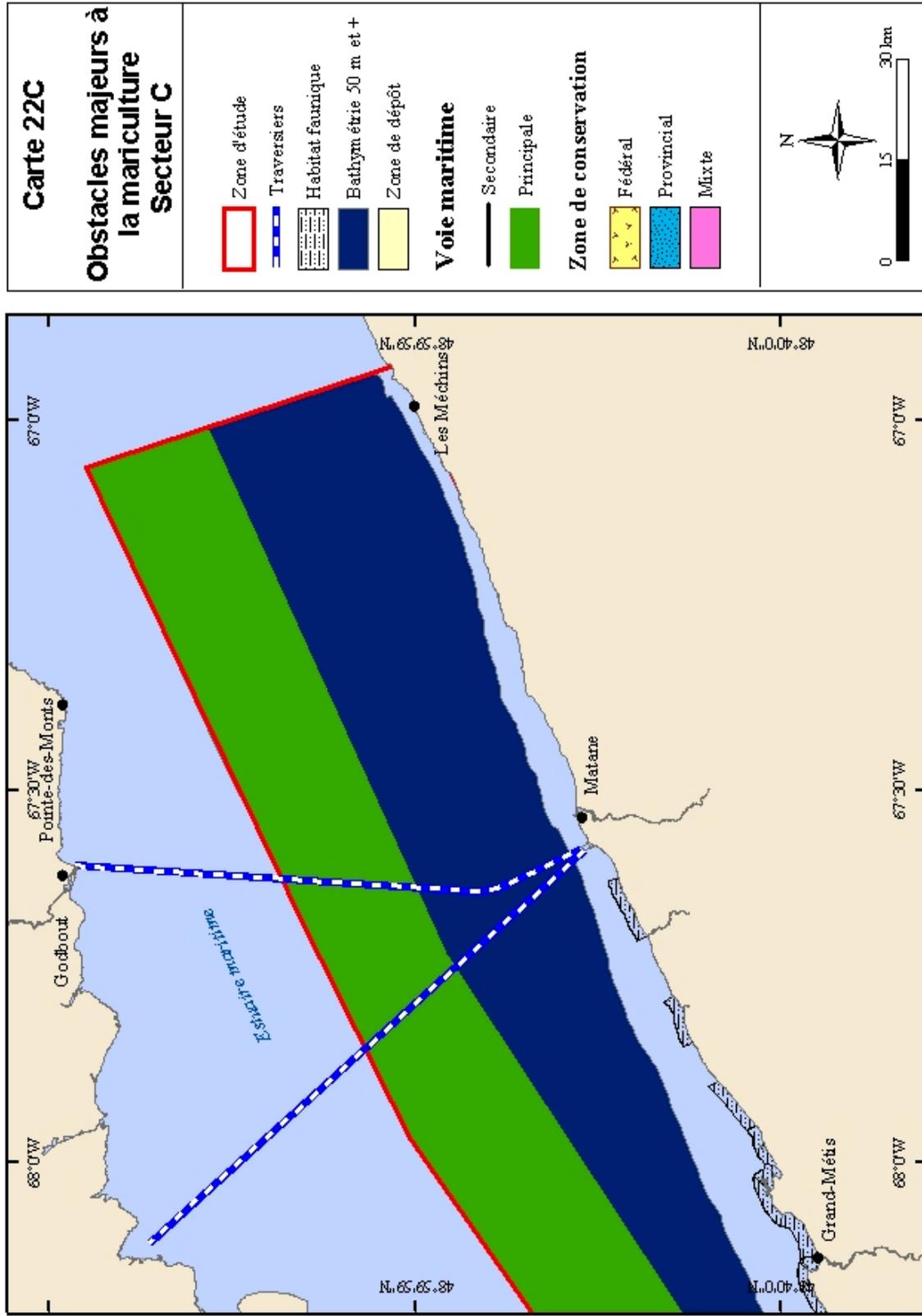
Sources :
SIGHAP, 2002

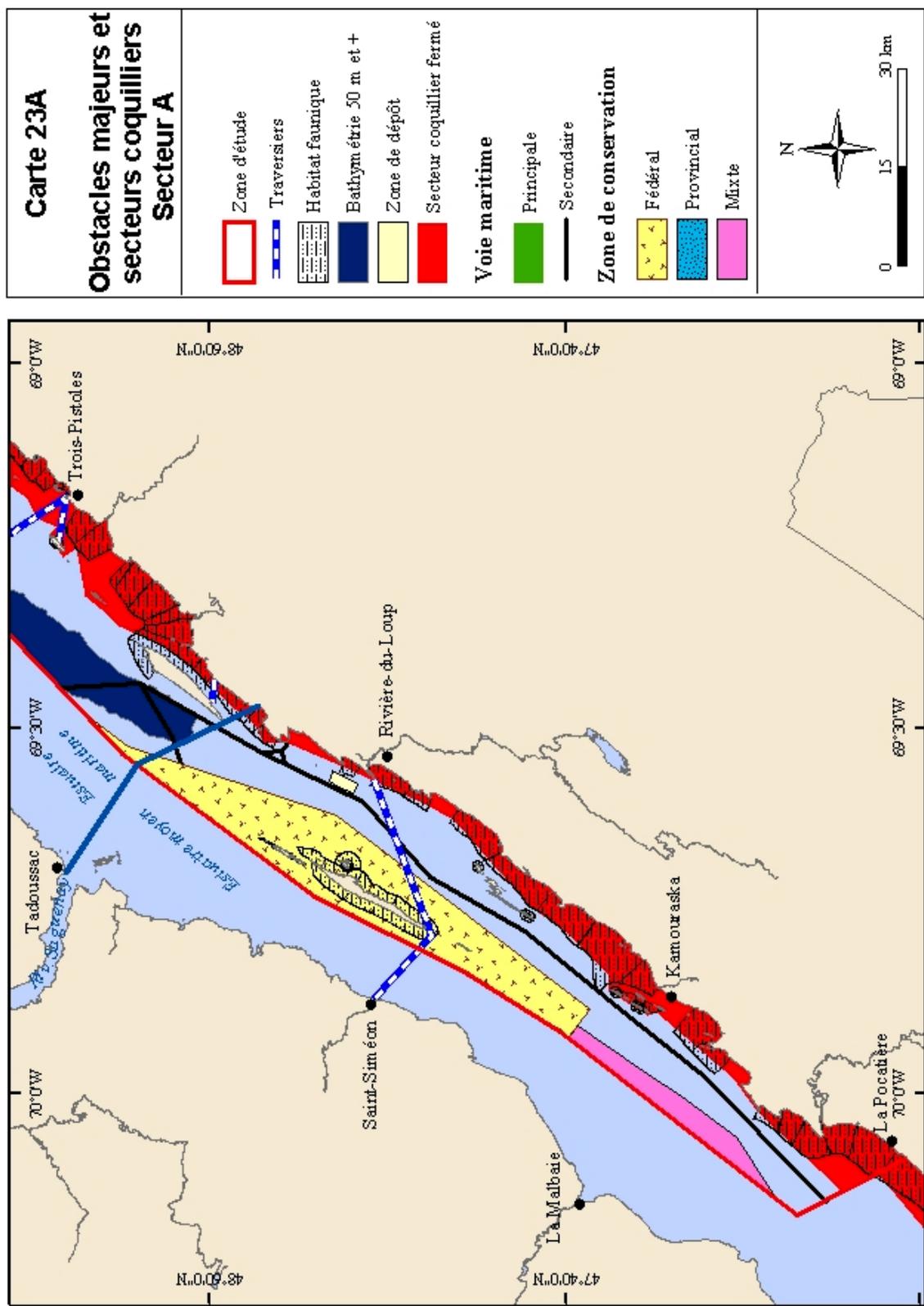


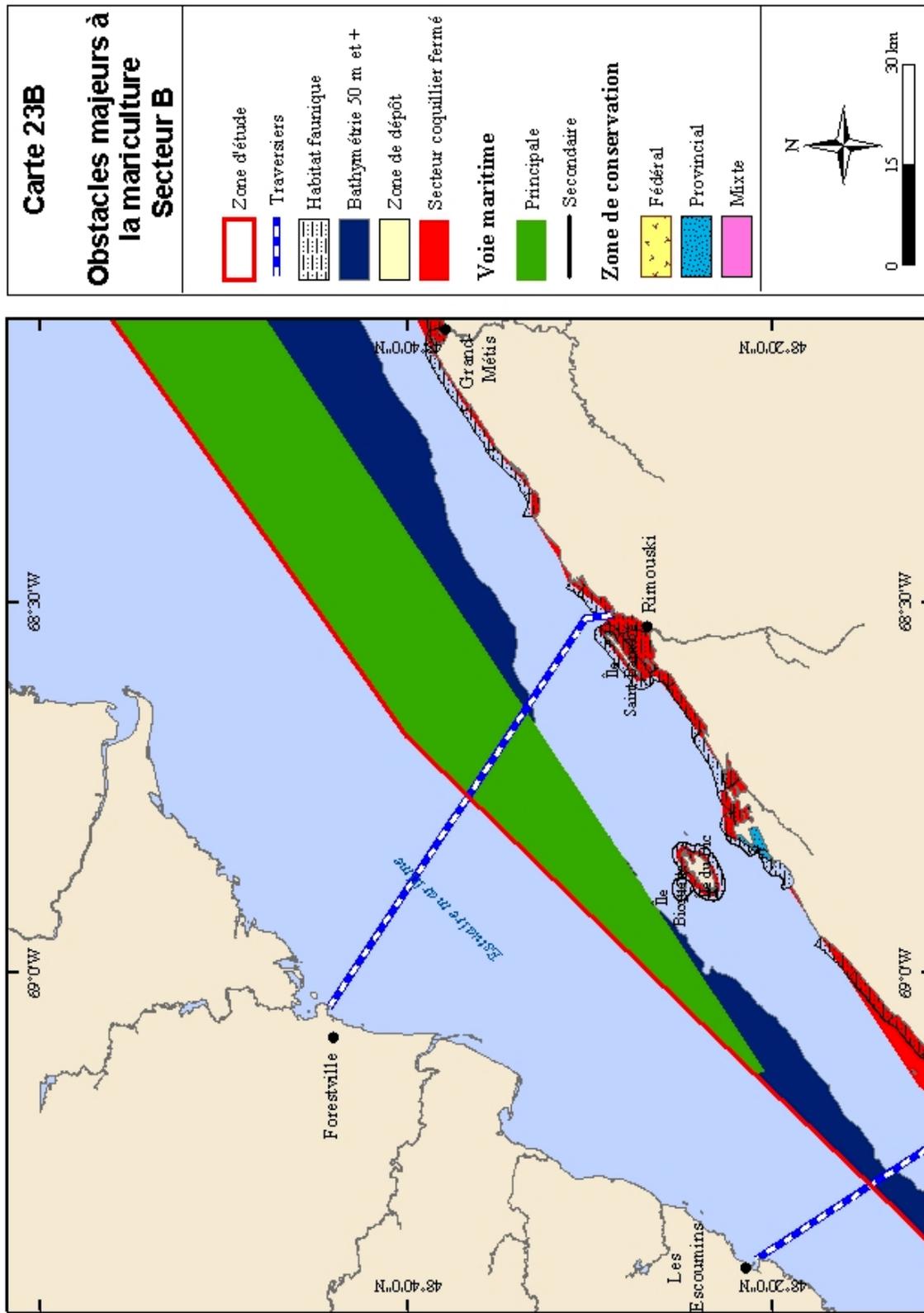
Réalisation : Sodim 2002

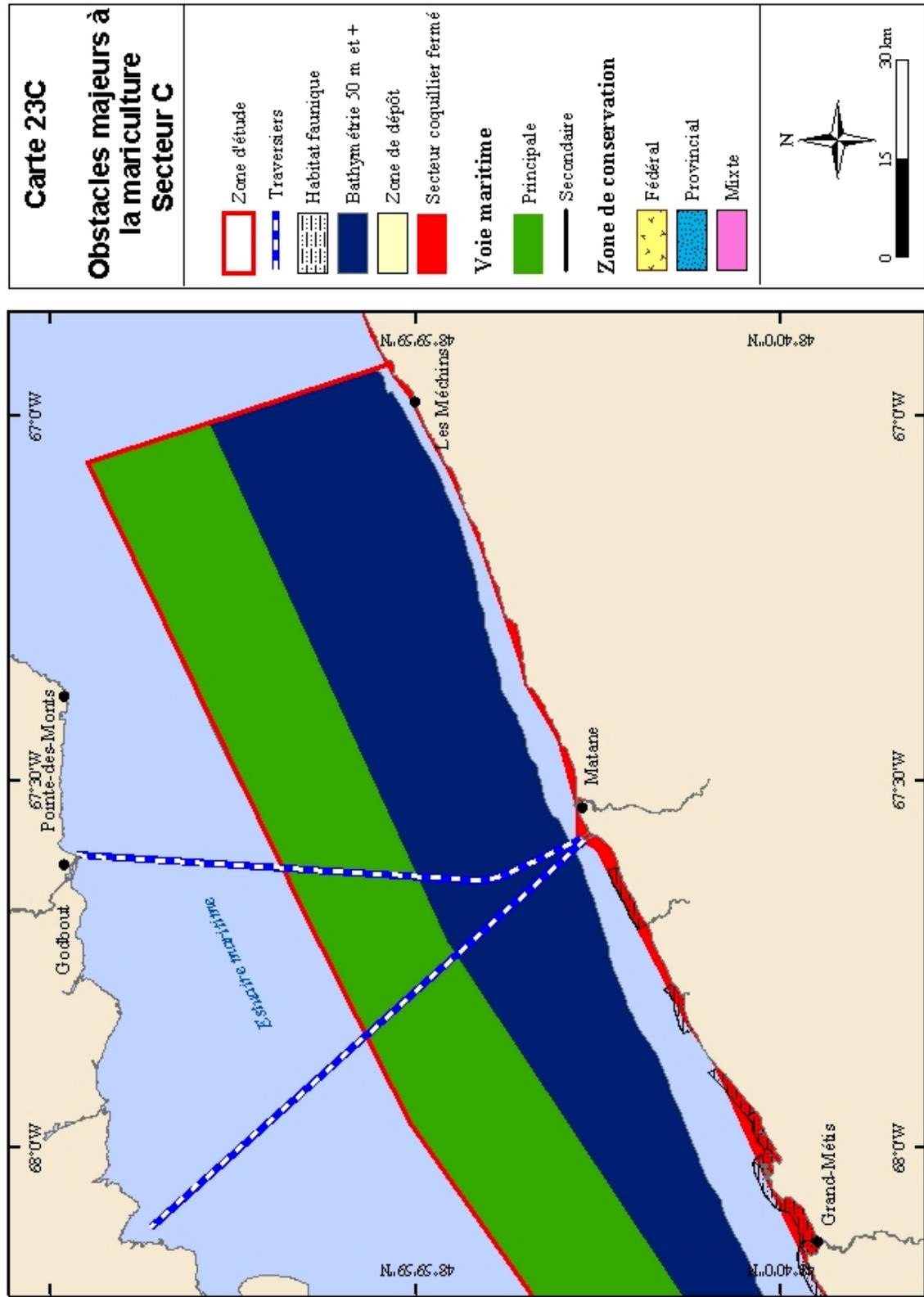


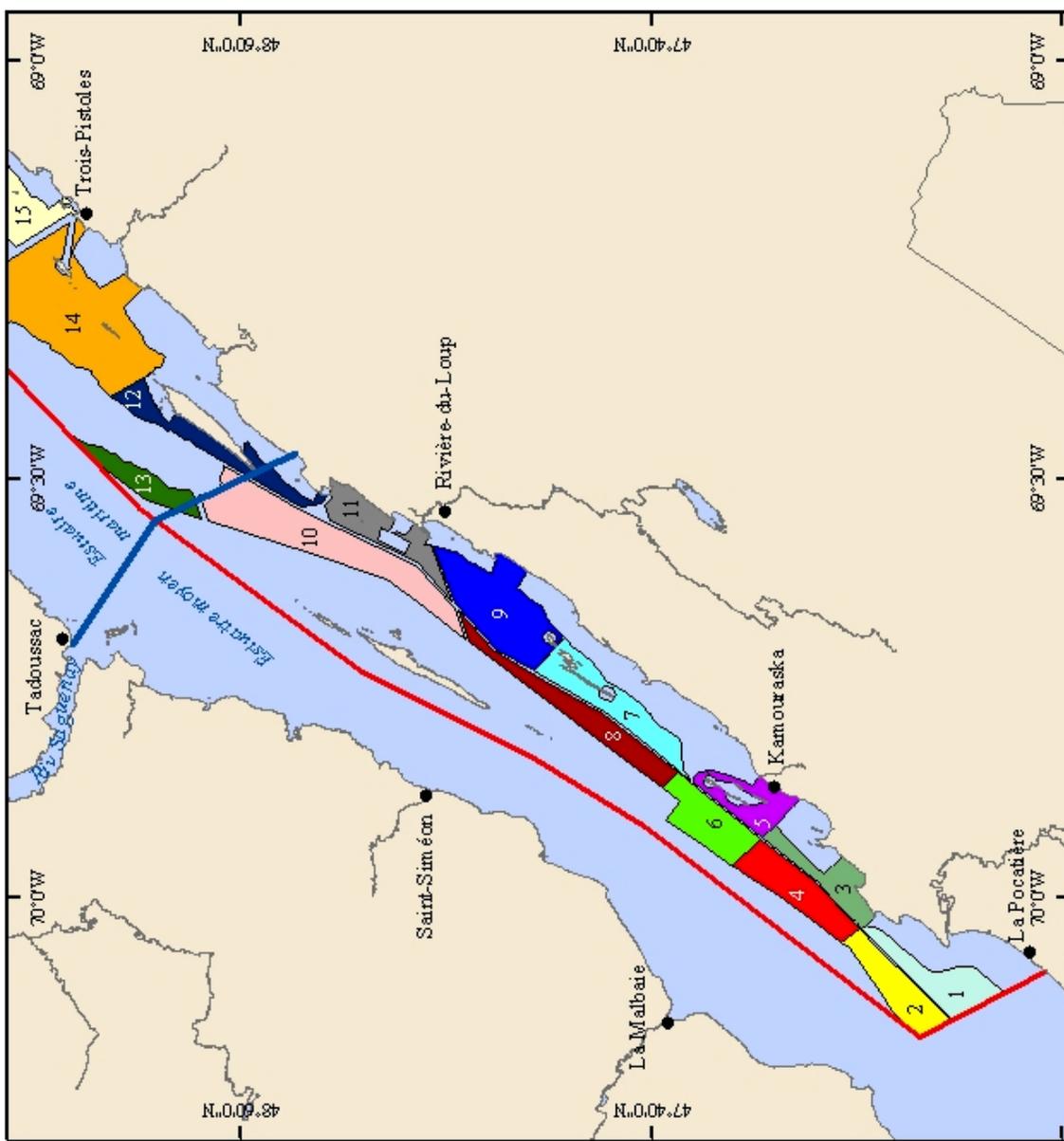




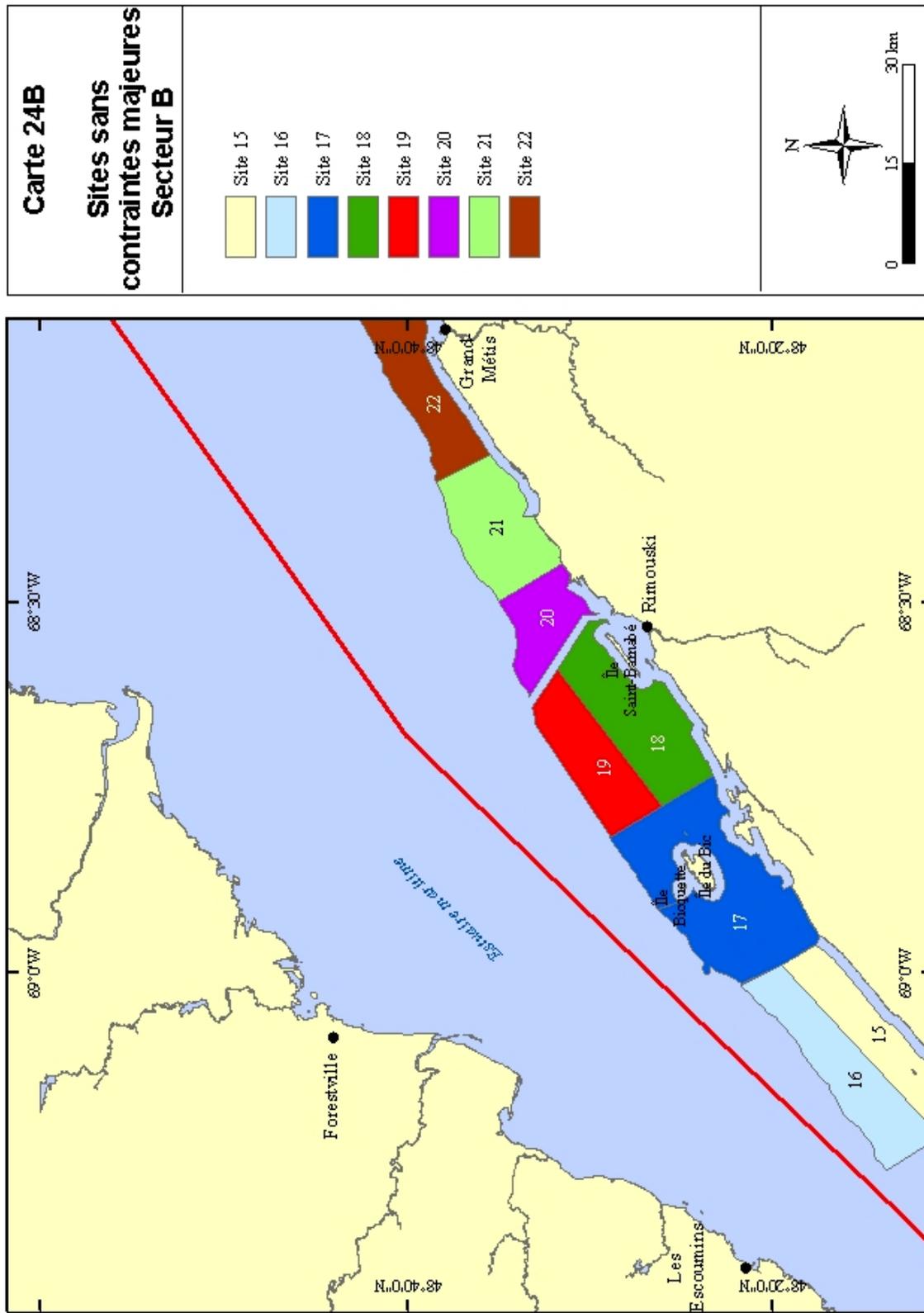




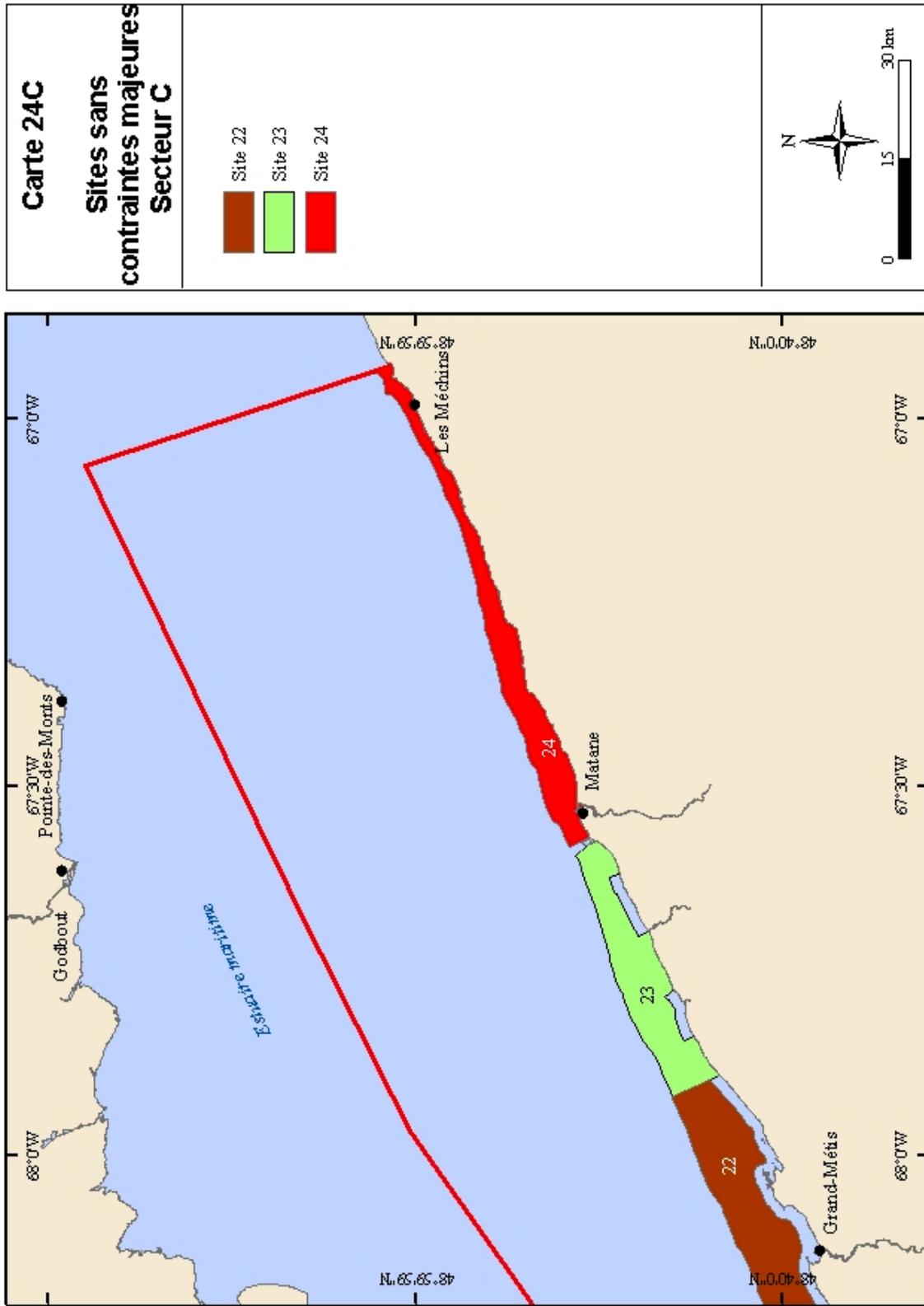




Réalisation : Sodim 2002



Réalisation : Sodim 2002



Annexe 1 :Guide d'entrevue

ENTREVUE

Cette entrevue fait partie d'un projet de stage rendu possible grâce à la collaboration du MPO, de la SODIM, du CRCDD-BSL et de l'UQAR. Le titre de ce projet est : "Étude préliminaire du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent". Lors de cette étude, les différentes caractéristiques biophysiques de l'estuaire du Saint-Laurent entre La Pocatière et les Méchins seront synthétisées sous forme de cartes. Une fois les caractéristiques bien définies, les sites propices à la mariculture seront mis en évidence. Dans la mesure du possible, chacun des sites sera associé avec la ou les espèce(s) ayant le plus fort potentiel maricole. Enfin, quelques autres caractéristiques déterminantes de la région seront prises en compte et des scénarios d'entreprise seront présentés.

La présente rencontre permettra de rassembler plusieurs informations sur les techniques d'élevage en mer, de ressortir les caractéristiques biophysiques les plus importantes pour la mariculture aux Îles-de-la-Madeleine, d'identifier les principales contraintes pour le Bas-Saint-Laurent, de ressortir quelques solutions et suggestions pour la région cible, d'observer des installations maricoles directement dans le milieu, de repérer d'autres caractéristiques importantes pour une entreprise maricole (autres que biophysiques) et de créer un lien avec une personne ressource dans le domaine de la mariculture.

I. Informations générales

1. Date de la rencontre : _____
2. Nom : _____
3. Fonction : _____

4. Spécialité (espèce) : _____
5. Nombre d'années d'expérience : _____

II. Techniques d'élevage

1. Quelle est la principale technique que vous utilisez pour vos opérations maricoles ?

2. Utilisez-vous d'autres techniques d'élevage ?

3. Selon vous, quels sont les principaux avantages de votre technique ?

4. Quels en sont les principaux inconvénients ?

III. Caractéristiques biophysiques des Îles-de-la-Madeleine

1. À votre avis, pour la mariculture en général, quelles sont les caractéristiques biophysiques les plus déterminantes pour le choix des sites et, par le fait même, pour la mariculture aux Îles-de-la-Madeleine ?

2. Dans le cas de l'élevage qui vous intéresse, les caractéristiques nommées à la question précédente sont-elles sensiblement les mêmes ?

-
-
-
3. La liste de caractéristiques biophysiques* suivante vous semble-t-elle complète ? Serait-il possible de classer ces caractéristiques selon l'importance que vous leur attribuez dans un contexte de mariculture (1^{ère}, 2^e ou 3^e importance) ?

* Liste fortement inspirée du "Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec".

- Salinité
- Température
- Glaces dérivantes
- Glaces fixes
- Géologie du littoral
- Potentiel hydrogéologique
- Topographie
- Bathymétrie
- Substrat
- Vent
- Vagues
- Géomorphologie du littoral
- Courants
- Marnage
- Matière en suspension
- Apport en eau douce
- Contamination bactérienne
- Algues toxiques
- Salissures marines
- Production primaire
- Algues
- Prédateurs et parasites

Ajouts à la liste : _____

4. Après avoir pris connaissance de cette liste des caractéristiques biophysiques, voulez-vous faire des ajouts aux réponses des questions 1 et 2 de la présente section ?

5. Selon l'ordre de classement que vous avez utilisé plus haut, quelles sont les classes de caractéristiques biophysiques à ne pas négliger lors de l'évaluation du potentiel maricole ?

IV. Présentation du Bas-Saint-Laurent

Maintenant que les informations générales, les techniques d'élevage et les caractéristiques biophysiques des Îles-de-la-Madeleine ont été discutés, l'entrevue se dirige vers la zone d'intérêt du projet, soit le Bas-Saint-Laurent. Une carte représentant la région à l'étude est disponible à la fin de ce document.

De façon grossière, les caractéristiques de cette région sont les suivantes :

- œ La côte entre la Pocatière et les Méchins fait près de 350 km de long.
- œ Cette section du fleuve est un estuaire divisé en deux parties, l'estuaire moyen et l'estuaire maritime.
- œ La salinité des eaux de surface se situe entre 20‰ et 32‰. Les profondeurs du Chenal Laurentien atteignent pour leur part 34‰. La salinité est plus faible dans l'estuaire moyen.
- œ La côte sud du Saint-Laurent comprend des estrans, des hauts fonds et plusieurs îles.
- œ La profondeur de l'eau est plutôt faible (moins de 20 mètres) jusqu'à une certaine distance de la côte et augmente dramatiquement aux abords du Chenal Laurentien.
- œ Pendant l'hiver, la moyenne des glaces montre qu'il y a présence de glaces (principalement dérivantes) à la grandeur du territoire étudié.
- œ Les valeurs extrêmes de la température de surface sont d'environ $-1,0^{\circ}\text{C}$ en hiver et 16°C en été.
- œ Les courants nets des eaux superficielles en été dépassent rarement la vitesse de 51 cm/s ou 1 nœud. À l'échelle locale, ils peuvent toutefois être plus rapides.
- œ Dans l'estuaire moyen, les vagues atteignent un maximum au mois de décembre avec un pourcentage de vagues de plus de 2 mètres de 5%. Dans l'estuaire moyen, ce maximum est atteint à l'automne et au printemps avec moins de 10% de vagues de plus de 2 mètres.
- œ Le marnage moyen dans cette section de l'estuaire se situe entre 1 mètre à les Méchins et 4,5 mètres à la Pocatière. Les valeurs extrêmes pour ces mêmes localités sont de 2,5 mètres jusqu'à près de 6 mètres.

V. Évaluation du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent

1. Selon les connaissances que vous aviez du Bas-Saint-Laurent et les informations qui viennent de vous être communiquées, la mariculture vous semble-t-elle praticable dans cette région ?

2. Une étude du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent devrait-elle, selon vous, se baser sur les mêmes caractéristiques biophysiques du milieu qu'une étude pour les Îles-de-la-Madeleine ? Sinon, quelles devraient être les différences ?

3. Jusqu'à présent, les caractéristiques biophysiques qui ont été touchées par l'étude préliminaire du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent sont les suivantes :

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Température | 6. Vent et vagues |
| 2. Salinité | 7. Sédiments et substrats |
| 3. Courants nets et de marée | 8. Glaces |
| 4. Marnage | 9. Contamination bactérienne |
| 5. Bathymétrie | 10. Algue toxique |

Croyez-vous qu'une étude préliminaire devrait toucher d'autres caractéristiques biophysiques plus en profondeur ? Si oui, lesquelles (vous pouvez vous baser sur la liste de caractéristiques présentée à la question 3 de la section III.) ?

4. Pour le type d'élevage qui vous intéresse plus particulièrement, quelles sont, à première vue, les contraintes, les solutions et/ou les suggestions qui vous semblent incontournables pour cette région ?

VI. Autres caractéristiques du milieu influençant la mariculture

Jusqu'à présent, les caractéristiques autres que biophysiques qui ont été identifiées lors de l'étude préliminaire du potentiel maricole du Bas-Saint-Laurent sont les suivantes :

- œ La navigation (présence d'importantes voies de navigation)
- œ Aires de conservations (présence de nombreux parcs et d'aires protégées)
- œ Les sites coquilliers fermés à la consommation et à l'exploitation

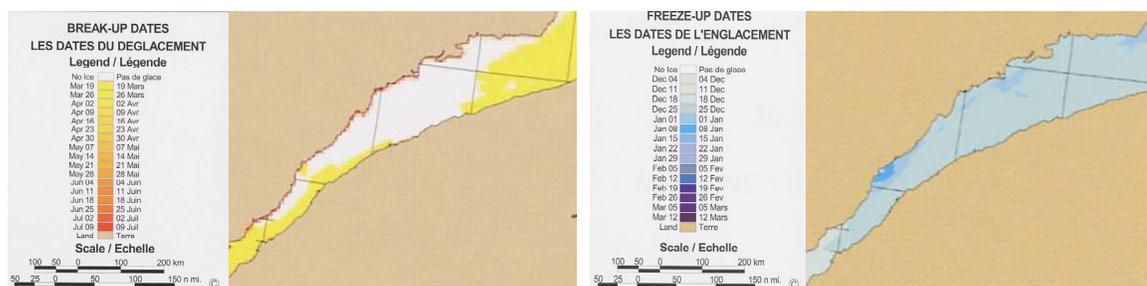
1. À votre avis et selon la liste de facteurs* suivante, y aurait-il d'autres caractéristiques à ne pas sous-estimer ou à ne pas négliger :

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| œ Zonage municipal | œ Dragage des ports |
| œ Installations portuaires | œ Activité maricole |
| œ Zones de navigation | œ Pollution |
| œ Activités de pêche | œ Disponibilité de la main-d'œuvre |
| œ Réseau routier | œ Habitats protégés |
| œ Activité touristique | œ Autres : |

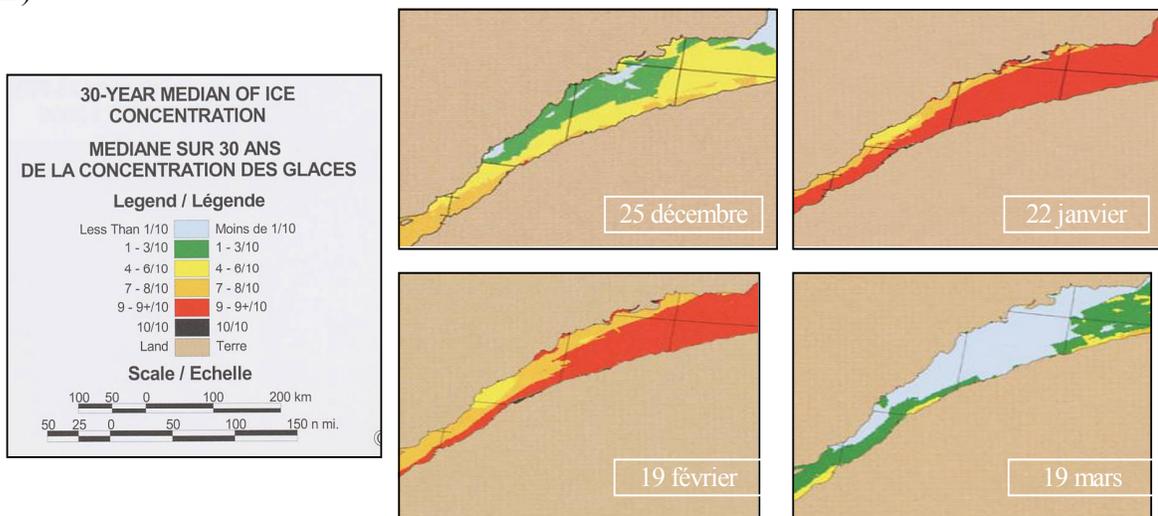
* Liste fortement inspirée du "Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec".

Annexe 2 : Dates d'englacement, de déglacement et des médianes de fréquence, de type et de concentration des glaces dans la zone d'étude

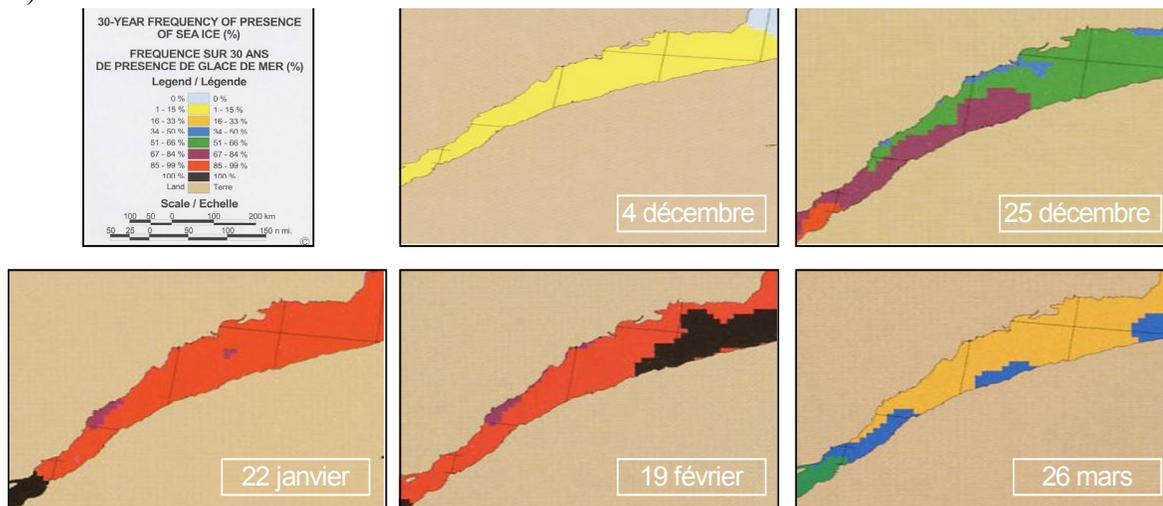
A)



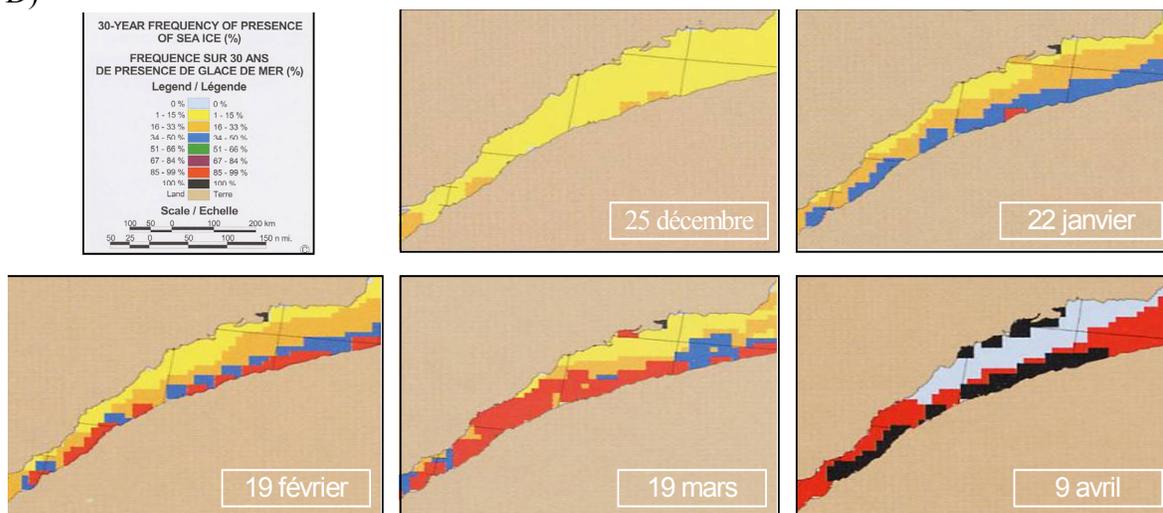
B)



C)

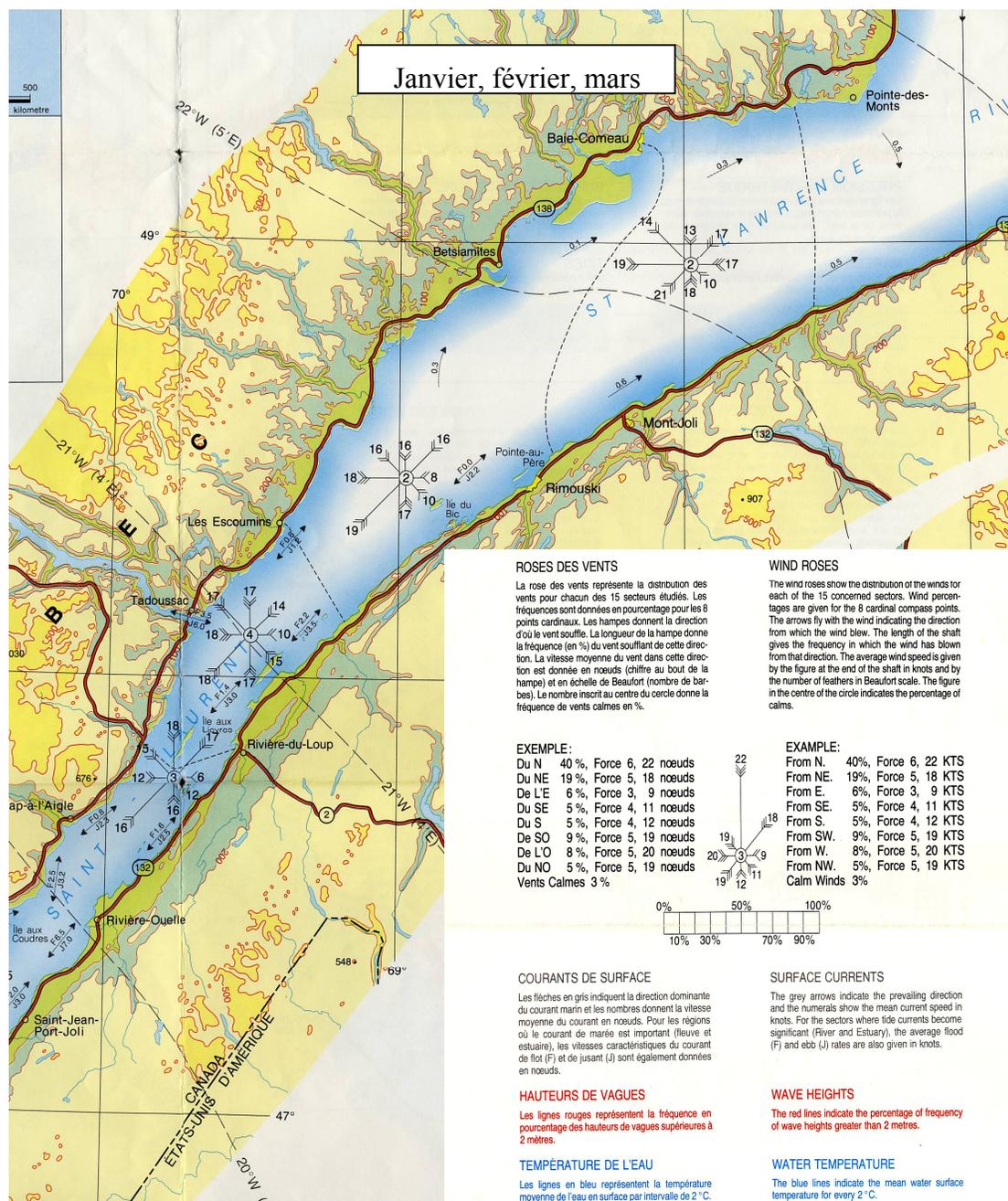


D)

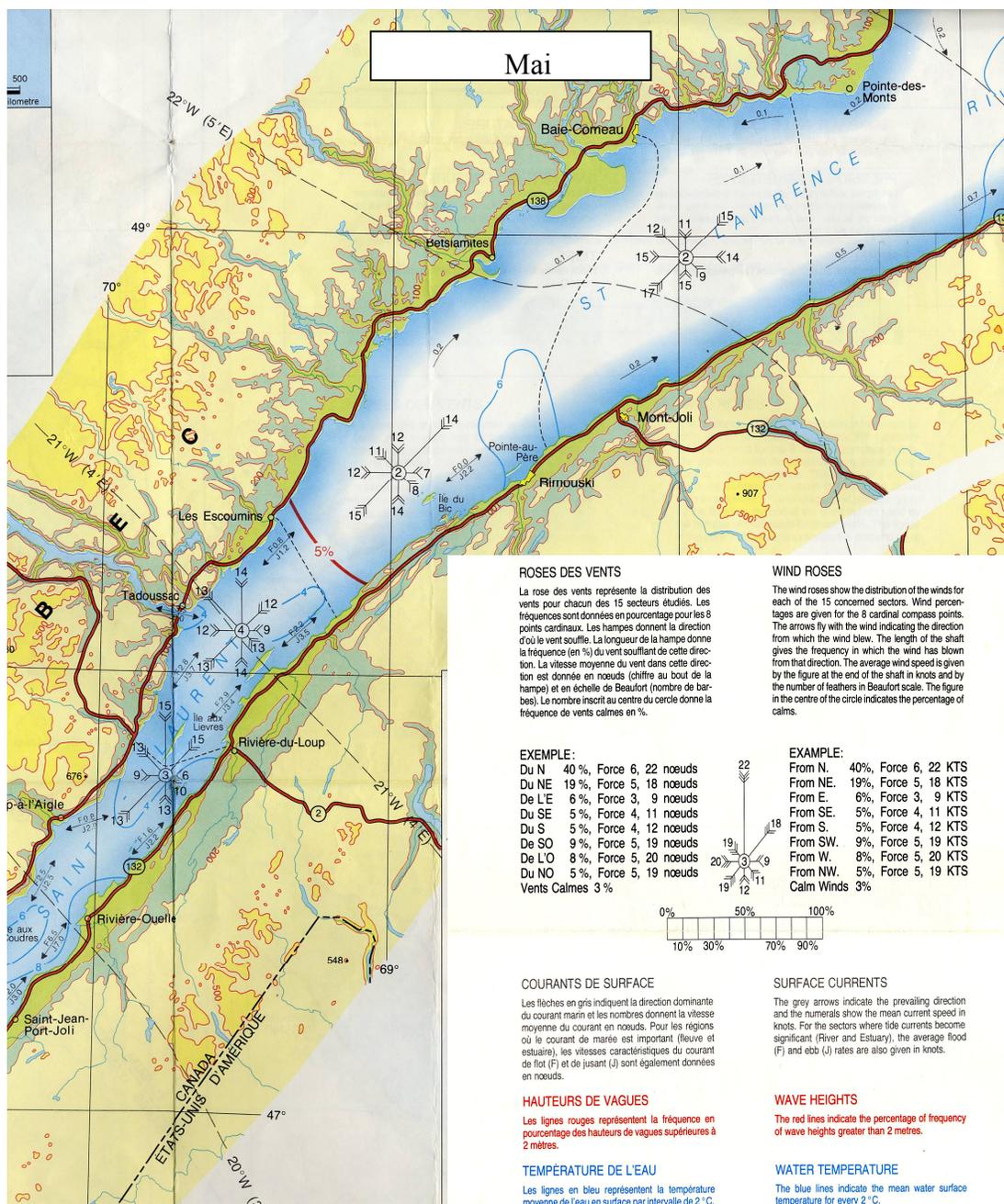


Annexe 3 : Cartes climatologiques tirées de Vigeant (1984)

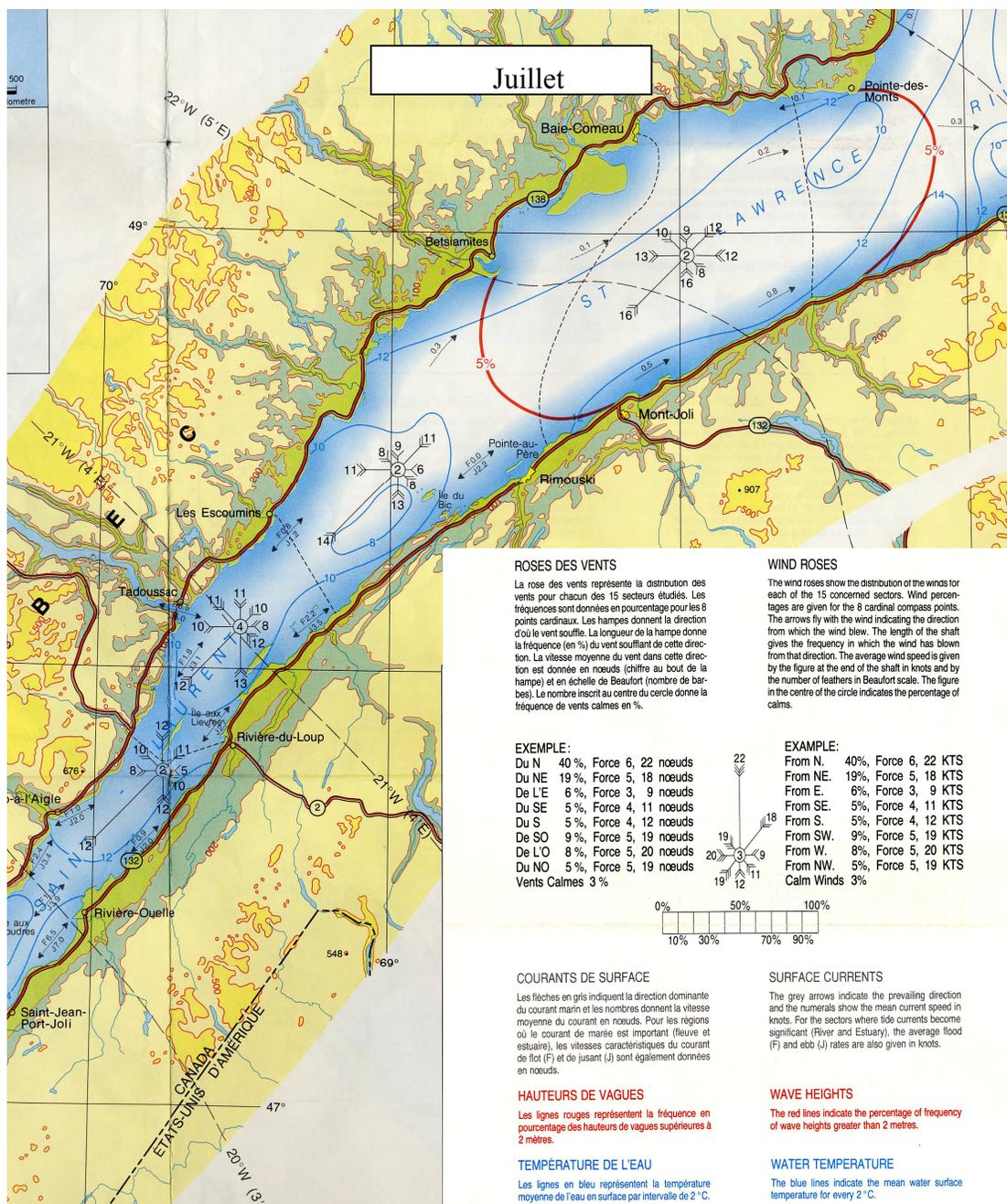
A)



B)



C)



Juillet

ROSES DES VENTS

La rose des vents représente la distribution des vents pour chacun des 15 secteurs étudiés. Les fréquences sont données en pourcentage pour les 8 points cardinaux. Les hampe donnent la direction où le vent souffle. La longueur de la hampe donne la fréquence (en %) du vent soufflant de cette direction. La vitesse moyenne du vent dans cette direction est donnée en noeuds (chiffre au bout de la hampe) et en échelle de Beaufort (nombre de barres). Le nombre inscrit au centre du cercle donne la fréquence de vents calmes en %.

WIND ROSES

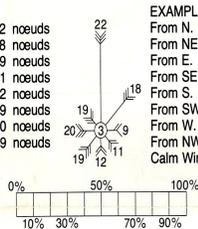
The wind roses show the distribution of the winds for each of the 15 concerned sectors. Wind percentages are given for the 8 cardinal compass points. The arrows fly with the wind indicating the direction from which the wind blow. The length of the shaft gives the frequency in which the wind has blown from that direction. The average wind speed is given by the figure at the end of the shaft in knots and by the number of feathers in Beaufort scale. The figure in the centre of the circle indicates the percentage of calms.

EXEMPLE :

- Du N 40 %, Force 6, 22 noeuds
- Du NE 19 %, Force 5, 18 noeuds
- De L'E 6 %, Force 3, 9 noeuds
- Du SE 5 %, Force 4, 11 noeuds
- Du S 5 %, Force 4, 12 noeuds
- De SO 9 %, Force 5, 19 noeuds
- De L'O 8 %, Force 5, 20 noeuds
- Du NO 5 %, Force 5, 19 noeuds
- Vents Calmes 3 %

EXEMPLE :

- From N. 40%, Force 6, 22 KTS
- From NE. 19%, Force 5, 18 KTS
- From E. 6%, Force 3, 9 KTS
- From SE. 5%, Force 4, 11 KTS
- From S. 5%, Force 4, 12 KTS
- From SW. 9%, Force 5, 19 KTS
- From W. 8%, Force 5, 20 KTS
- From NW. 5%, Force 5, 19 KTS
- Calm Winds 3%



COURANTS DE SURFACE

Les flèches en gris indiquent la direction dominante du courant marin et les numéraux donnent la vitesse moyenne du courant en noeuds. Pour les régions où le courant de marée est important (fleuve et estuaire), les vitesses caractéristiques du courant de flot (F) et de jusant (J) sont également données en noeuds.

SURFACE CURRENTS

The grey arrows indicate the prevailing direction and the numerals show the mean current speed in knots. For the sectors where tide currents become significant (River and Estuary), the average flood (F) and ebb (J) rates are also given in knots.

HAUTEURS DE VAGUES

Les lignes rouges représentent la fréquence en pourcentage des hauteurs de vagues supérieures à 2 mètres.

WAVE HEIGHTS

The red lines indicate the percentage of frequency of wave heights greater than 2 metres.

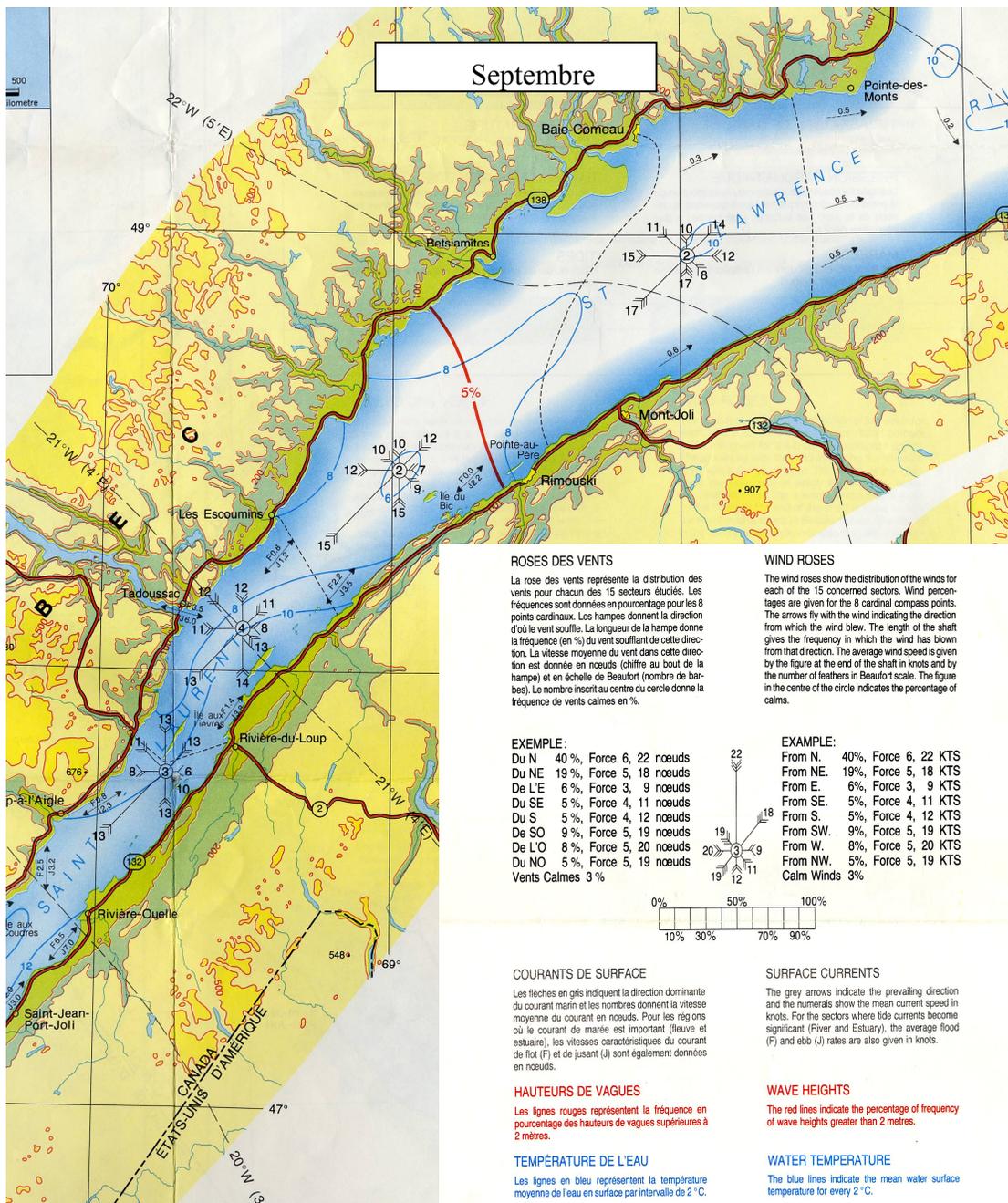
TEMPÉRATURE DE L'EAU

Les lignes en bleu représentent la température moyenne de l'eau en surface par intervalle de 2 °C.

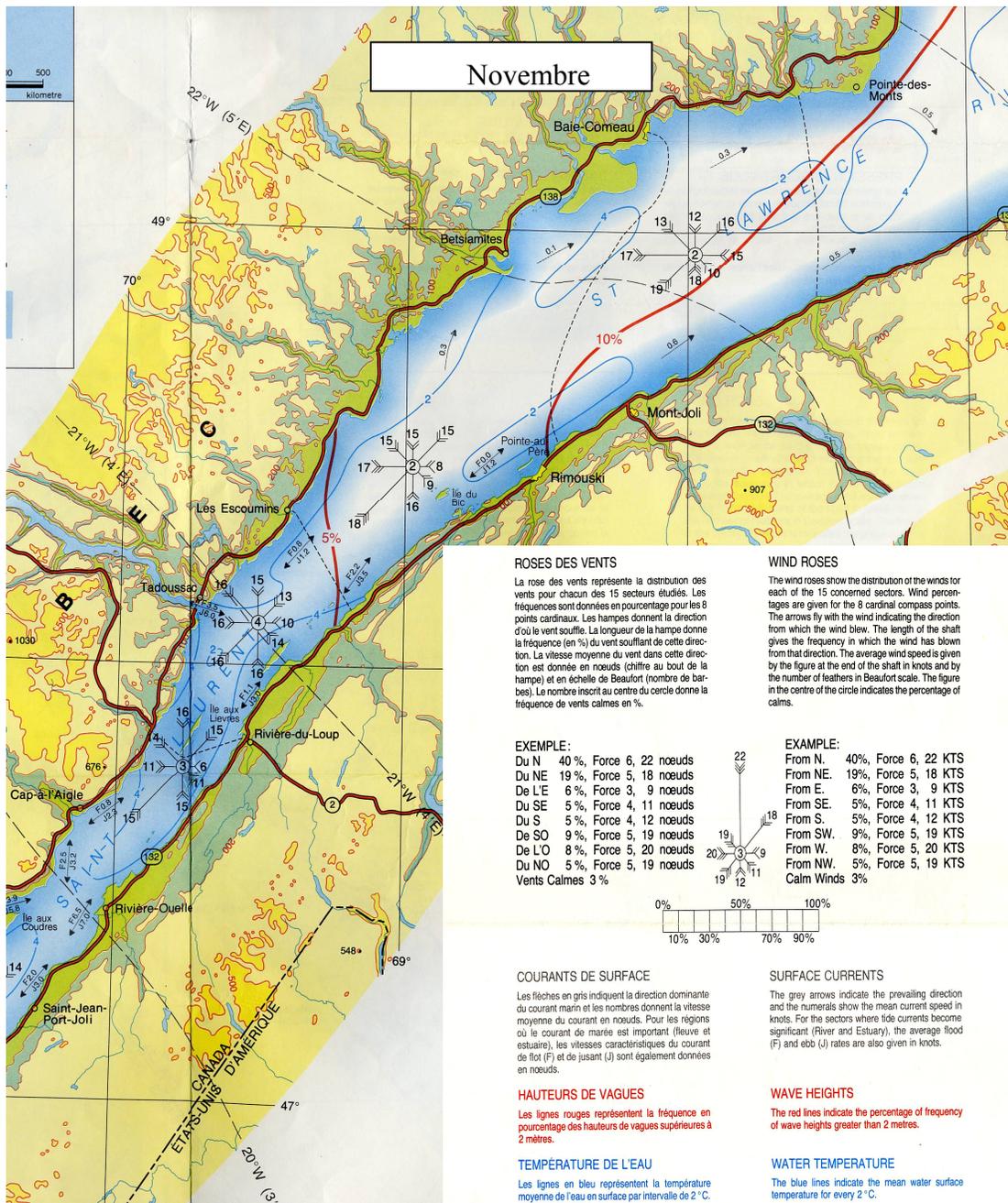
WATER TEMPERATURE

The blue lines indicate the mean water surface temperature for every 2 °C.

D)



E)



Novembre

ROSES DES VENTS

La rose des vents représente la distribution des vents pour chacun des 15 secteurs étudiés. Les fréquences sont données en pourcentage pour les 8 points cardinaux. Les hampes donnent la direction d'où le vent souffle. La longueur de la hampe donne la fréquence (en %) du vent soufflant de cette direction. La vitesse moyenne du vent dans cette direction est donnée en noeuds (chiffre au bout de la hampe) et en échelle de Beaufort (nombre de barres). Le nombre inscrit au centre du cercle donne la fréquence de vents calmes en %.

WIND ROSES

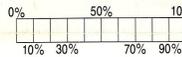
The wind roses show the distribution of the winds for each of the 15 concerned sectors. Wind percentages are given for the 8 cardinal compass points. The arrows fly with the wind indicating the direction from which the wind blew. The length of the shaft gives the frequency in which the wind has blown from that direction. The average wind speed is given by the figure at the end of the shaft in knots and by the number of leathers in Beaufort scale. The figure in the centre of the circle indicates the percentage of calms.

EXEMPLE:

- Du N 40 %, Force 6, 22 noeuds
- Du NE 19 %, Force 5, 18 noeuds
- De L'E 6 %, Force 3, 9 noeuds
- Du SE 5 %, Force 4, 11 noeuds
- Du S 5 %, Force 4, 12 noeuds
- De SO 9 %, Force 5, 19 noeuds
- De L'O 8 %, Force 5, 20 noeuds
- Du NO 5 %, Force 5, 19 noeuds
- Vents Calmes 3 %

EXEMPLE:

- From N. 40 %, Force 6, 22 KTS
- From NE. 19 %, Force 5, 18 KTS
- From E. 6 %, Force 3, 9 KTS
- From SE. 5 %, Force 4, 11 KTS
- From S. 5 %, Force 4, 12 KTS
- From SW. 9 %, Force 5, 19 KTS
- From W. 8 %, Force 5, 20 KTS
- From NW. 5 %, Force 5, 19 KTS
- Calm Winds 3%



COURANTS DE SURFACE

Les flèches en gris indiquent la direction dominante du courant marin et les nombres donnent la vitesse moyenne du courant en noeuds. Pour les régions où le courant de marée est important (fleuve et estuaire), les vitesses caractéristiques du courant de flot (F) et de jusant (J) sont également données en noeuds.

SURFACE CURRENTS

The grey arrows indicate the prevailing direction and the numerals show the mean current speed in knots. For the sectors where tide currents become significant (River and Estuary), the average flood (F) and ebb (J) rates are also given in knots.

HAUTEURS DE VAGUES

Les lignes rouges représentent la fréquence en pourcentage des hauteurs de vagues supérieures à 2 mètres.

WAVE HEIGHTS

The red lines indicate the percentage of frequency of wave heights greater than 2 metres.

TEMPÉRATURE DE L'EAU

Les lignes en bleu représentent la température moyenne de l'eau en surface par intervalle de 2 °C.

WATER TEMPERATURE

The blue lines indicate the mean water surface temperature for every 2 °C.