



**SODIM**

Société de développement de l'industrie maricole inc.

*Étude de pré faisabilité pour l'implantation  
d'un centre d'essais et de démonstration  
d'élevage piscicole en cages sur la Côte-Nord*

*Rapport final*

---

*Dossier n° 710.11*

*Rapport commandité par la SODIM*

*Décembre 2003*

Étude de pré-faisabilité pour l'implantation d'un centre  
d'essais et de démonstration d'élevage piscicole en cages  
sur la Côte-Nord

Version finale

Sébastien Plante  
et  
Michael Patterson

Société de développement de l'industrie maricole Inc. (SODIM)

Préparé pour le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries  
et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

Décembre 2003

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier Monsieur Giovanni Castro (Centre Spécialisé des Pêches de Grande-Rivière) pour ses recherches bibliographiques et aussi pour nous avoir fourni les cartes marines électroniques (Service Hydrographique du Canada répertoriées sur CD digital ocean MD par Nautica Data International, Inc.) et à Stéphane Blanchet (CRD Côte-Nord) pour nous avoir également fourni plusieurs cartes marines électroniques.

Nous désirons également remercier Monsieur Bernard Pettigrew de l'Institut Maurice-Lamontagne (Ministère des Pêches et des Océans Canada) pour nous avoir fourni les données brutes de thermographes situés entre Tadoussac et Blanc-Sablon.

Enfin, nous remercions toutes les personnes et collègues qui ont gentiment accepté de nous rencontrer ou de répondre à nos interrogations, incluant ceux qui nous ont fourni de nombreux documents pertinents sur le potentiel de l'élevage piscicole en cages marines sur la Côte-Nord. Merci à Stéphane Blanchet, Éric Tamignaux (Centre Spécialisé des Pêches de Grande-Rivière) et à Simona Motnikar (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec) pour les lectures critiques et suggestions sur ce présent rapport.

## Résumé

Ce projet visait à réaliser une étude de pré-faisabilité pour l'implantation d'un centre d'essais et de démonstration d'élevage piscicole en cages marines sur la Côte-Nord. L'élevage piscicole en cages marines est relativement peu coûteux et très performant en terme de production de protéines animales. La Côte-Nord a été ciblée pour cet élevage, à cause de la présence de plusieurs centaines de baies abritées longeant sa rive, dont certaines pourraient être des sites d'élevage potentiels. Sept objectifs spécifiques ont été définis dans le cadre de cette étude et chacun des objectifs est préalable au suivant : 1) Vérifier les intérêts des intervenants de la Côte-Nord en ce qui concerne l'élevage de poissons en cages ; 2) Identifier les sites ayant le meilleur potentiel pour l'élevage de poissons ; 3) Identifier les espèces ayant le meilleur potentiel pour l'élevage en cages sur la Côte-Nord ; 4) Évaluer le marché potentiel pour les espèces sélectionnées élevées en cages ; 5) Définir le type de production visée (ex : saisonnier, de l'œuf à l'œuf, engraissement, etc.) ; 6) Déterminer la meilleure technologie pour le type d'élevage prévu et 7) Déterminer la procédure à suivre pour l'implantation d'un centre d'essais et de démonstration d'élevage piscicole sur la Côte-Nord. Plusieurs intervenants ont été contactés ou rencontrés sur la Haute, Moyenne et la Basse Côte-Nord afin de discuter de leurs intérêts pour l'aquaculture, dont l'élevage piscicole en cages marines. De façon générale, les intervenants consultés de la Haute Côte-Nord ne considèrent pas ce projet comme une priorité locale et régionale. Ils sont plutôt concernés par le manque de réglementation sur la ressource de myes dans la région. Cette ressource crée plus de 300 emplois annuellement. Par contre, il existe des indications disant qu'elle est présentement surexploitée. La population semble surtout intéressée à régler cette problématique avant de considérer l'aquaculture piscicole en cages marines. À l'opposé, les intervenants de la Moyenne Côte-Nord sont ouverts à ce type de projet. Cependant, ils indiquent que la présence de sites potentiels pour l'élevage en cages des poissons existe surtout sur la Basse Côte-Nord. Une visite sur la Basse Côte-Nord avait été prévue pour l'été 2002, mais n'a pu avoir lieu. Suite à nos observations, nous avons été dans l'obligation de cesser l'étude de pré-faisabilité à l'objectif 3. L'évaluation des sites a permis de démontrer que la Basse Côte-Nord détient plusieurs sites potentiellement propices à l'élevage piscicole en cages (en zones abritées et une profondeur de 20–30 mètres). Toutefois, il y a un manque important d'informations de base sur les conditions physico-chimiques de ces sites (température, salinité, courant, force des vents, etc). Quelques projets ont été réalisés sur la Basse Côte-Nord il y a quelques années et ont démontré que les températures étaient relativement stables en zones abritées. Par contre, avant de se prononcer formellement sur le potentiel d'élevage piscicole en cages marines sur la Basse Côte-Nord, une évaluation complète des caractéristiques physico-chimiques devrait être effectuée sur chacun des sites envisagés avant de conclure sur leur potentiel réel. Par conséquent, les auteurs recommandent fortement qu'une évaluation complète des faisabilités environnementale, biologique, technique et socio-économique d'un élevage piscicole en cages marines soit faite avant d'entreprendre des opérations sur un site donné. Plus précisément, un suivi de la température, de la salinité, de l'oxygène et une évaluation du courant, des vagues et de la nature des sédiments devraient être effectués aux sites potentiels et ce, pendant au moins une saison complète. Le potentiel d'oxydo-réduction des sédiments du site en question devrait aussi être connu. Les auteurs recommandent aussi de vérifier les coûts versus les bénéfices potentiels de l'élevage piscicole en cages dans une région éloignée comme la Basse Côte-Nord.

## **Table des matières**

<b>Remerciements</b>	<b>i</b>
<b>Résumé</b>	<b>ii</b>
<b>Table des matières</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>iv</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>vi</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Mise en situation . . . . .	1
1.2 Objectifs du projet . . . . .	1
<b>2 Description des objectifs</b>	<b>2</b>
2.1 Consultation auprès des intervenants . . . . .	2
2.2 Espèces ciblées . . . . .	3
2.3 Évaluation des sites potentiels . . . . .	4
2.3.1 Critères de sélection d'un site . . . . .	4
2.3.2 Accessibilité aux sites . . . . .	6
2.3.3 Zones abritées sur la Côte-Nord . . . . .	6
2.3.4 Températures en milieu abrité sur la Côte-Nord . . . . .	28
2.3.5 Températures en milieu non abrité sur la Côte-Nord . . . . .	28
<b>3 Analyse des observations</b>	<b>35</b>
<b>Références</b>	<b>41</b>
<b>Annexe 1. Liste des personnes ressources</b>	<b>42</b>
<b>Annexe 2. Grille de sélection d'un site pour l'élevage piscicole en cages</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 3. Températures instantanées</b>	<b>47</b>
<b>Annexe 4. Températures mensuelles («Boxplot»)</b>	<b>51</b>

## Liste des tableaux

1	Températures optimales, préférées, minimales et maximales en eau de mer de plusieurs espèces de poissons ciblées pour l'élevage piscicole en cages sur la Côte-Nord . . . . .	4
2	Table des distances approximatives entre Montréal, Québec et les principales villes de la Côte-Nord . . . . .	7
3	Coordonnées géographiques, période d'enregistrement et profondeur des thermographes de Pêches et Océans Canada situés près des rives de la Côte-Nord . . . . .	34

## Liste des figures

1	Topographie et bathymétrie dans la région de Tadoussac . . . . .	8
2	Topographie et bathymétrie près de Baie-Comeau . . . . .	8
3	Topographie et bathymétrie dans la région de Sept-Îles . . . . .	9
4	Topographie et bathymétrie dans la région de Havre St-Pierre . . . . .	9
5	Topographie et bathymétrie entre la Baie Jacques-Cartier et la Baie St-Augustin	10
6	Topographie et bathymétrie au nord-est de l'Île à la Brume . . . . .	11
7	Topographie et bathymétrie au nord de l'Île du Lac . . . . .	12
8	Topographie et bathymétrie près de l'Île Watagheistic . . . . .	13
9	Topographie et bathymétrie de Harrington Harbour . . . . .	14
10	Topographie et bathymétrie de Grand Rigolet Est . . . . .	15
11	Topographie et bathymétrie à Tête à la Baleine . . . . .	16
12	Topographie et bathymétrie de la Baie des Rochers . . . . .	17
13	Topographie et bathymétrie de l'Île Plate à l'Île du Petit Mécatina . . . . .	18
14	Topographie et bathymétrie de la Baie de Kécarpoui . . . . .	19
15	Topographie et bathymétrie de Havre de l'Aigle . . . . .	20
16	Topographie et bathymétrie de l'Île Verte aux Îles Eiders . . . . .	21
17	Topographie et bathymétrie de l'Île Net au Chenal Thomas . . . . .	22
18	Topographie et bathymétrie du Chenal Thomas à l'Île des Esquimaux . . . . .	23
19	Topographie et bathymétrie du Chenal Thomas à l'Île Cove . . . . .	24
20	Topographie et bathymétrie de l'Île Cove à l'Île de Bonne Espérance . . . . .	25
21	Topographie et bathymétrie de Bonne Espérance à Salmon Bay . . . . .	26
22	Topographie et bathymétrie de la Baie de Brador . . . . .	27
23	Emplacements géographiques des sites potentiels de l'aire d'étude, ainsi que l'emplacement des thermographe de Pêches et Océans Canada . . . . .	29
24	Emplacements géographiques des principaux villages de la Basse Côte-Nord, des thermographe de Pêches et Océans Canada, des thermographe présentés aux Figures 25 et 26 et des sites potentiels des Figures 6 à 22 . . . . .	30
25	Températures d'eau de surface de sites d'élevage sur la Basse Côte-Nord . . . . .	31
26	Variations de température entre le 23 juin et le 8 décembre 1994 au site de Cross Cove . . . . .	32
27	Schéma d'une coupe transversale du Golfe du St-Laurent . . . . .	33

28	Données temporelles filtrées de température de surface à Tadoussac, Baie-Comeau et Sept-Îles . . . . .	36
29	Données temporelles filtrées de température de surface à Rivière-au-Tonnerre, Havre St-Pierre et Natashquan . . . . .	37
30	Données temporelles filtrées de température de surface à La Romaine et Blanc-Sablon . . . . .	38



# 1 Introduction

## 1.1 Mise en situation

Le développement de l'aquaculture a connu une incroyable croissance depuis les dernières années. En effet, la production de poissons et de mollusques a plus que doublé depuis les 15 dernières années (Naylor *et al.* 2000). Déjà, en 1996, 90% des saumons, huîtres ou cyprinidés consommés sur le marché provenaient de l'aquaculture (New 1999). En plus de produire de nouvelles sources de protéines animales, l'aquaculture pourrait être une solution de rechange ou du moins une source d'approvisionnement complémentaire aux pêches. En effet, durant les dernières décennies, plusieurs stocks de poissons marins ont été et sont encore pleinement exploités, certains ayant même atteint leur niveau maximum d'exploitation (Hopkins 1996). De plus, l'industrie de l'aquaculture pourrait également contribuer à la création d'emplois dans les régions maritimes ayant une économie basée sur des activités saisonnières. Finalement, l'aquaculture permet de répondre à la demande du marché en procurant un produit tout au long de l'année.

Contrairement à d'autres provinces maritimes comme le Nouveau-Brunswick, le Québec a entrepris très peu de recherches et de développement sur l'élevage en cages de poissons. Deux études sur la faisabilité biologique de poissons élevés en cages marines ont été effectuées entre 1985 et 1987. La première a été réalisée sur le saumon atlantique (*Salmo salar*) dans la Baie de Gaspé en 1985 et 1986 (Gaudreault & Lafleur 1990a) et la deuxième en 1987 sur l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans la Baie des Chaleurs (Gaudreault & Lafleur 1990b). Dans les deux cas, il a été démontré que la production des deux espèces était techniquement réalisable au Québec. Par contre, plusieurs facteurs spécifiant la rentabilité de cette activité restent à être déterminés. Le programme ECO ou «Élevage en cages des ombles», débuté en 2000 par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et la Société de Développement de l'Industrie Maricole (SODIM), cherchait à évaluer la faisabilité environnementale, biologique, technique et socio-économique d'un élevage en cages flottantes d'ombles de fontaine dans la Baie de Gaspé. Ce programme, présentement en cours, vise à développer au Québec les connaissances et les expertises de l'aquaculture de poissons en milieu marin.

## 1.2 Objectifs du projet

Le présent projet visait à réaliser une étude de pré-faisabilité pour l'implantation d'un centre d'essais et de démonstration d'élevage piscicole en cages sur la Côte-Nord. Depuis plusieurs années, on note un intérêt grandissant pour le développement aquicole sur la Côte-Nord. À première vue, cette région démontre un grand potentiel aquicole; plusieurs centaines de baies abritées longent la rive de la Côte-Nord, dont certaines pourraient être des sites d'élevage potentiels. Afin de réaliser cette étude de pré-faisabilité d'élevage de poissons en cages sur la Côte-Nord, sept objectifs spécifiques ont été définis. Il est à noter que chacun des objectifs est préalable au suivant.

1. Vérifier les intérêts des intervenants de la Côte-Nord en ce qui concerne l'élevage de

- poissons en cages ;
2. Identifier les espèces ayant le meilleur potentiel pour l'élevage en cages sur la Côte-Nord ;
  3. Identifier les sites ayant le meilleur potentiel pour l'élevage de poissons ;
  4. Évaluer le marché potentiel pour les espèces sélectionnées élevées en cages ;
  5. Définir le type de production visée (ex : saisonnier, de l'œuf à l'œuf, engraissement, etc.) ;
  6. Déterminer la meilleure technologie pour le type d'élevage prévu ;
  7. Déterminer la procédure à suivre pour l'implantation d'un centre d'essais et de démonstration d'élevage piscicole sur la Côte-Nord.

## 2 Description des objectifs

### 2.1 Consultation auprès des intervenants

Du 30 janvier au 1<sup>er</sup> février 2002, plusieurs organisations et promoteurs ont été rencontrés sur la Haute et Moyenne Côte-Nord, incluant le Comité ZIP de la Rive Nord, le Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, le CRD Côte-Nord, Pisciculture Côte-Nord Inc., Saint-Laurent Export Inc. et Les Pêcheries Picard Inc. Le but de ces rencontres était de discuter de leurs intérêts pour l'élevage piscicole en cages marines dans la région. Suite aux informations colligées lors de ces rencontres, plusieurs autres personnes ont été référées, puis contactées (voir Annexe 1 pour la liste complète des personnes ressources contactées). Trois thèmes ont été discutés au cours de ces rencontres :

1. L'intérêt de la région pour le développement d'élevage piscicole en cages marines ;
2. Leurs connaissances du milieu marin (existence et disponibilité de documents) sur a) l'étude du potentiel aquicole (poissons, mollusques, etc.), b) suivis environnementaux (températures, salinités, conditions de glace, etc.) et c) données océanographiques (courants, épisodes de résurgences, amplitudes des vagues, etc.) ;
3. Autres personnes ressources à contacter.

Suite aux discussions avec les différents intervenants de la Haute Côte-Nord, il est possible d'affirmer que ces derniers ne considèrent pas ce projet comme une priorité locale et régionale pour le moment. Messieurs Nicolas Roy et Hans Fredrick Ellefsen, du comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire, affirment que la population locale est généralement plus préoccupée par l'industrie de la récolte saisonnière des myes (*Mya arenaria*). La récolte des myes sur la Haute Côte-Nord fournit à plus de 300 personnes un emploi saisonnier d'une durée assez longue pour bénéficier de l'assurance-emploi durant tout l'hiver. Dernièrement, la récolte a démontré que les myes sont plus petites qu'auparavant. Les membres du comité ZIP voudraient donc protéger la ressource existante de myes avant de considérer l'élevage piscicole en cages marines. Présentement, la récolte des myes n'est pas réglementée au Québec. Par conséquent, ils voudraient que la ressource soit réglementée afin d'assurer sa durabilité dans le futur.

Monsieur Sébastien Dupuis, technicien aquicole et halieutique du MAPAQ à Sept-Îles, a mentionné qu'il existe deux promoteurs en élevage piscicole sur la Côte-Nord. Le premier,

M. John Doyle est situé à Havre St-Pierre et est intéressé par l'élevage de morues (*Gadus morhua*) ou de flétans (*Hippoglossus hippoglossus*). De plus, il serait intéressé par la stabulation du homard (*Homarus americanus*) et du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) pour la vente de ces produits hors de la saison de pêche. Le second promoteur est M. Lawrence Bilodeau. Il a déjà réalisé un projet pilote d'engraissement de morues en cages marines à Old Fort Bay en 1992 en collaboration avec le Centre Spécialisé des Pêches de Grande-Rivière. L'approvisionnement en juvéniles dans cette région éloignée était particulièrement problématique lors du projet. Cependant, le projet initial de M. Bilodeau n'est plus possible, mais une coopérative (COOP de solidarité de Blanc Sablon) a été formée pour voir à l'évaluation puis à la réalisation d'élevage de poissons marins dans le secteur de Brador. Monsieur Dupuis a constaté que les zones plus propices pour l'élevage de poissons en cages se trouvent dans la Basse Côte-Nord, à cause des centaines de baies abritées. Il a aussi mentionné que toutes les rivières à saumon à l'est de Mingan sont classées Catégorie 1 c'est-à-dire, génétiquement pure (North Atlantic Salmon Conservation Organisation 1994). Aucun ensemencement ou élevage en cages de salmonidés n'est donc permis à l'est de cette région.

Monsieur Marc Otis, Directeur du Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, mentionnait que l'Association de Pêcheurs de la Basse Côte-Nord est prête à investir dans un projet aquicole, mais que les pêcheurs sont préoccupés par les impacts potentiels que l'initiative pourrait avoir sur les espèces existantes, comme les pétoncles (*Placopecten magellanicus*). Ils sont aussi inquiets en cas d'échecs des projets. En effet, dans le passé, trois élevages ont été abandonnés au large (amarres, ancrages au fond, etc.), rendant ainsi impossible la pêche commerciale dans ces secteurs.

Monsieur Stéphane Blanchet, agent piscicole et crustacicole du Conseil régional de développement (CRD) de la Côte-Nord, a été rencontré dans le but d'identifier quelques sites potentiellement intéressants pour l'installation de cages marines sur la Côte-Nord. Monsieur Benoit Thomas du MAPAQ a aussi été contacté pour discuter de sites potentiels sur la Côte-Nord. Ce dernier a suggéré quelques sites protégés qui seraient, selon lui, suffisamment profonds afin d'y installer plusieurs cages d'élevage. Monsieur Thomas a une grande expérience de la Côte-Nord, y ayant travaillé comme biologiste du milieu marin pendant de nombreuses années. Il peut d'ailleurs être considéré comme l'une des meilleures références en la matière, car en plus de son expérience de terrain, il dispose d'énormément de données qui sont présentement analysées dans une étude sur le potentiel aquicole de la Côte-Nord réalisée par le Centre Aquacole Côte-Nord, en collaboration avec le SODIM et le MAPAQ. Une visite afin de rencontrer des intervenants sur la Basse Côte-Nord devait avoir lieu à l'été 2002, mais à cause d'imprévus, la visite a été annulée.

## 2.2 Espèces ciblées

Les espèces ciblées pour ce projet devraient être adaptées au milieu, c'est-à-dire des espèces adaptées à des conditions d'eau froide marine et pouvant être élevées en cages marines. Parmi les espèces potentielles, notons le saumon Atlantique, l'omble de fontaine, l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), la morue franche ou l'aiglefin (*Melanogrammus aeglefinus*) (Le Francois *et al.* 2002). Il existe d'autres espèces adaptées à des conditions d'eau froide marine, telles que

le flétan Atlantique, le loup Atlantique (*Anarhichas lupus*) et le loup tacheté (*Anarhichas minor*) (Le Francois *et al.* 2002). Cependant, ces espèces vivent sur le fond marin et non dans la colonne d'eau. Elles sont donc mieux adaptées pour un élevage terrestre en bassins que pour un élevage en cages marines. Les températures optimales (zone d'alimentation des poissons sans comportement anormal, i.e. sans stress thermique), préférées (températures les plus susceptibles de retrouver les poissons), minimales et maximales des espèces mentionnées ci-haut sont présentées au Tableau 1. Il serait donc important de considérer ces données de températures lors de la sélection de l'espèce et du site d'élevage.

TABLEAU 1: Températures optimales, préférées, minimales et maximales en eau de mer de plusieurs espèces de poissons ciblées pour l'élevage piscicole en cages sur la Côte-Nord

Nom Commun	Températures (°C)*			
	Optimales	Préférées	Minimales	Maximales
Saumon Atlantique	6 à 20 <sup>a</sup>	4 à 12 <sup>a</sup>	-0,7 <sup>b</sup>	27,8 <sup>b</sup>
Omble de fontaine	8 à 20 <sup>a</sup>		0 à 7 <sup>a</sup>	20 à 29 <sup>a</sup>
Omble chevalier	5 à 16 <sup>a</sup>		0 <sup>a</sup>	22 à 27 <sup>a</sup>
Morue franche	9 à 17 <sup>c</sup>	-0,5 à 10 <sup>b</sup>	-1 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>
Aiglefin		4 à 8 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>
Flétan Atlantique		Évite >2,5 <sup>b</sup>		
Loup Atlantique		3 à 6 <sup>b</sup>	-1 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>
Loup tacheté		3 à 4 <sup>b</sup>	-1,3 <sup>b</sup>	5 <sup>b</sup>

\*Dépend de plusieurs facteurs, dont l'historique de la température d'adaptation du poisson (Wedemeyer & McLeay 1981). Par exemple, -1°C peut être léthal pour une morue si elle est transférée rapidement à cette température à partir de 15°C, mais elle peut y vivre si elle y est amenée graduellement (i.e. 1°C par jour).

<sup>a</sup> Elliot (1981), <sup>b</sup> Scott & Scott (1988), <sup>c</sup> Jobling (1988)

## 2.3 Évaluation des sites potentiels

### 2.3.1 Critères de sélection d'un site

Les principales techniques utilisées pour l'élevage de poissons sont tout d'abord l'élevage intensif de poissons en cages marines, en lagunes ou en lacs et ensuite, l'élevage en installations terrestres dans des bassins avec ou sans recirculation. Chaque technique possède ses avantages et ses inconvénients. Comparativement avec une installation aquicole terrestre, il y a peu de place à l'erreur lors de la sélection d'un site pour l'élevage en cages ; il faut respecter plusieurs principes de base afin que le projet soit un succès. Plusieurs paramètres sont donc à considérer (voir Annexe 2 pour une liste exhaustive des critères de sélection), tels que l'accessibilité au site, la bathymétrie du site et de ses alentours, la direction et la vitesse des courants, la hauteur des vagues, les conditions de température, d'oxygène et de salinité, etc. (Beveridge 1987). Il existe également un guide d'évaluation du potentiel biophysiques de sites qui a été conçu pour les besoins spécifiques de l'industrie de la mariculture québécoise (Gharbi & Milot 2000). Pour cette étude, trois critères de base ont d'abord été sélectionnés pour la détermination des sites potentiels d'élevage en cages sur la Côte-Nord.

1. Être situé dans une zone protégée des grands vents et des vagues. L'ancrage des cages devrait être fait dans un endroit où les vagues et les courants sont assez faibles pour ne pas les abîmer, mais aussi assez forts pour renouveler les eaux autour des cages afin d'optimiser la dispersion de la matière organique (Koutitonsky *et al.* 2001). Les courants devraient aussi être assez fort pour renouveler l'oxygène pour les poissons et les organismes du fond ;
2. Avoir une profondeur minimale de 20 mètres (Pennell 1992). La profondeur est un critère important pour le potentiel d'élevage d'un site. En effet, une profondeur adéquate permet un plus grand déplacement horizontal de particules organiques lourdes (fèces et nourriture non consommée) autour du site d'élevage. En général, plus un site est profond, plus la zone de distribution de la matière organique est grande et donc plus le potentiel aquicole du site est grand (New Brunswick Department of Fisheries and Aquaculture 1993). De plus, pour ne pas créer une zone très localisée d'accumulation de sédiments, cette profondeur recherchée devrait aussi s'étendre sur une certaine distance autour des cages. Cette distance varie selon les caractéristiques océanographiques physiques du site (Robin Turner de Seawork International, Marine Consultants & Contractors, communication personnelle 2002). Le potentiel d'un site d'élevage est limité par la capacité de l'environnement d'assimiler les nutriments produits par l'élevage. Cependant, dû aux dynamiques du milieu marin, ce paramètre ne peut pas être mesuré ou prédéterminé à l'avance (New Brunswick Department of Fisheries and Aquaculture 1993). Un site d'élevage ayant une trop faible profondeur accumule beaucoup de matière organique à proximité des cages. Ceci augmente considérablement les risques que les sédiments deviennent anoxiques, favorisant une eutrophisation du milieu environnant (Pennell 1992, Wildish *et al.* 1999). Par exemple, à Terre-Neuve, la profondeur minimale jugée intéressante pour y installer des cages marines est une combinaison entre la profondeur et l'importance du courant, mais à priori, cela nécessite au moins 30 mètres (Terry J. Fleet, MPO, communication personnelle S.B.). Cette profondeur relativement importante (en comparaison avec d'autres régions atlantiques canadiennes) est nécessaire, car le potentiel d'oxydo-réduction naturellement présent sur les sites de cette province est plus réduit. Cependant, selon M. Robin Turner (Seawork International, Marine Consultants & Contractors, communication personnelle 2002), un site d'élevage devrait se situer entre 20 et 30 mètres. Un site ayant une profondeur supérieure à 30 mètres augmente considérablement les coûts reliés aux ancrages. Il s'agit aussi d'une profondeur limite si des plongeurs non-spécialisés doivent, de façon sécuritaire, entretenir les ancrages ou inspecter les sédiments. Par exemple, à 20 mètres, le temps de plongée maximale par jour est de 65 minutes. À 30 mètres, celui-ci est réduit à 34 minutes. Si les plongées doivent être plus longues, les plongeurs devront effectuer des paliers de décompression multiples et prolongés, ce qui réduit le temps de plongée utiles et pourront également avoir besoin de la présence d'un caisson de décompression sur le site (Yan Houde, plongeur commercial, communication personnelle 2003) ;
3. Éviter les sites ayant des fluctuations importantes de température sur une courte période de temps (Beveridge 1987, Pennell 1992). Les poissons étant poïkilothermes, une trop grande variation de température dans un court laps de temps peut leur être fatale. En effet, ces fluctuations causent un stress thermique aux poissons. Il est bien connu que

le stress est cumulatif chez les poissons (Sigismondi & Weber 1988). Par exemple, un poisson peut survivre les deux premiers épisodes de stress, mais en mourir lorsqu'un troisième stress de niveau équivalent aux deux premiers survient. Le stress a plusieurs effets néfastes chez les poissons, provoquant par exemple une diminution de l'appétit, un affaiblissement du système immunitaire, une diminution du taux de croissance, une baisse de fécondité, une augmentation de l'incidence de maladie et peut même causer la mort dans certains cas extrêmes (Mazeaud & Mazeaud 1981). Toutes ces conséquences sont incompatibles avec toutes sortes d'élevages de poissons.

### 2.3.2 Accessibilité aux sites

L'accessibilité au site est une variable primordiale dans l'équation du succès d'une ferme d'élevage. En effet, une industrie peut avoir des coûts d'opération compétitifs et une production animale performante, mais si le site est situé loin des principaux centres économiques, la rentabilité de cette industrie peut être mise en doute. Par exemple, la distance à vol d'oiseau séparant Blanc-Sablon de Montréal est de plus de 1500 km (Tableau 2). Il faut aussi prendre en considération qu'il n'y a plus de route à l'est de Natashquan ; le transport devrait donc s'effectuer par bateau, par avion ou par hélicoptère selon la saison. Parmi les coûts à considérer, notons principalement ceux reliés au transport, aussi bien pour l'exportation du produit final que pour les besoins de base du projet (moulée pour les poissons, essence pour les embarcations, expertises techniques, scientifiques, etc.). Cependant, il existe déjà un échange commercial entre Blanc-Sablon et Terre-Neuve ; certains produits tels que les mollusques et le crabe capturés sur la Basse Côte-Nord sont exportés à Terre-Neuve (Agence Canadienne d'Inspection des Aliments, Bureau de Gaspé, communication personnelle). Ceci pourrait possiblement constituer une autre possibilité de marché commercial. Aussi, des pêcheurs gaspésiens débarquent de la crevette à La Tabatière et cette crevette est vendue sur différents marchés au même titre que la «Crevette de Matane» (Stéphane Blanchet, CRD Côte-Nord, communication personnelle). Certaines économies d'échelle sont donc réalisables malgré l'éloignement des marchés.

### 2.3.3 Zones abritées sur la Côte-Nord

Veillez prendre note que les sites pour l'élevage piscicole en cages proposés dans ce document sont uniquement basés sur 1) la présence de zones abritées et 2) la présence de zones profondes. Notez aussi qu'il existe fort probablement d'autres sites tout aussi propices que ceux qui sont ici présentés, mais en raison d'un échancier serré, de la rareté des données disponibles et devant l'ampleur du territoire à couvrir, seuls quelques sites recommandés par des personnes ayant une bonne expérience de terrain ont été présentés. À première vue, ces derniers semblent de bons sites pour l'élevage piscicole en cages, mais ils demandent à être validés.

Des extraits de cartes marines du territoire Nord-Côtier, c'est-à-dire de Tadoussac à Blanc-Sablon (Figures 1 à 22) avec une couverture plus importante pour la Basse Côte-Nord, sont présentés pour donner une idée de la géographie côtière de cette région. Les sites identifiés sont situés à proximité de la rive et dans des zones abritées. Comme mentionné précédemment, l'élevage piscicole en cages est recommandé entre 20 et 30 mètres (note : les profondeurs pré-

TABLEAU 2: Table des distances approximatives entre Montréal, Québec et les principales villes de la Côte-Nord

								Blanc-Sablon
								La Romaine <b>280</b> †
							Natashquan <b>80</b> †	360†
				Havre St-Pierre	<b>120</b>	200†	200†	480†
			Riv.-au-Tonnerre	<b>80</b>	200	280†	280†	560†
			Sept-Îles	<b>120</b>	200	320	400†	680†
		Baie-Comeau	<b>232</b>	352	432	552	632†	912†
	Tadoussac	<b>160</b>	392	512	592	712	792†	1072†
	Québec	<b>219</b>	379	611	731	811	931	1011†
	Montréal	253	472	632	864	984	1064	1184
								1264†
								1544†

Note : Les kilométrages en **gras** ont été mesurés et calculés à partir de l'échelle d'une carte routière. Les kilométrages en *italiques* ont été pris directement sur la table des distances d'une carte routière. †Distance à vol d'oiseau.

sentées sur les cartes sont en brasses. 1 brasse = 1,83 mètres donc 20–30 mètres = 10,9–16,4 brasses). De façon générale, très peu de zones abritées entre 20 et 30 mètres sont présentes de Tadoussac à Havre St-Pierre (Figures 1 à 4). Quelques sites seulement possèdent les profondeurs recherchées : à l'Anse à la Barque dans le fjord du Saguenay (Figure 1), dans la Baie de Sept-Îles (Figure 3) et autour des Îles Mingan (Figure 4). Toutefois, l'élevage en cages dans la Baie de Sept-Îles n'est pas recommandé, car la circulation d'eau qui se retrouve dans la baie est trop faible (Dr Vladimir Koutitonski, Institut de la Science de la Mer (ISMER), communication personnelle 2002). Les Îles Mingan sont un Parc National et il risque d'y avoir de forts conflits d'usage tandis que l'Anse à la Barque est fort probablement sujette à des épisodes de résurgence, en plus d'être une zone de protection marine. Ces trois endroits ne sont donc pas des sites potentiels.

Quant à elle, la Basse Côte-Nord possède une quantité considérable de zones abritées (i.e. Figure 5). Les sites de l'Île à la Brume (Figure 6) et de l'Île du Lac (Figure 7) possèdent plusieurs sites entourés d'îles qui offriraient possiblement une protection contre les tempêtes ou les forts vents. Le secteur de Watagheistic (Figure 8) pourrait potentiellement servir de site d'élevage piscicole en cages. En plus de présenter une zone profonde et abritée à l'ouest de l'Île Watagheistic, ce dernier est situé à environ 30 km (en mer) de l'usine de transformation de Harrington Harbour. En ce qui concerne le site de Harrington Harbour (Figure 9), il possède plusieurs chenaux très étroits qui permettraient l'ancrage des cages dans très peu d'eau ou même directement à terre<sup>1</sup>. De plus, une usine de transformation de produits de la mer est située à environ 1 km de ce site. Les secteurs de Grand Rigolet Est (Figure 10) et de Tête à la Baleine (Figure 11) étant très «découpsés», entourés d'îles, de zones peu et très profondes, ils pour-

<sup>1</sup>Des intervenants aquicoles de Terre-Neuve ont déjà expérimenté la pose d'ancrages dans la roche sous le niveau de marée basse. Cet ancrage est relié par une chaîne à un bloc de béton, lui-même relié aux cages marines installées sur des sites «profonds» (Carl Froude, Navigable Waters Protection Program, communication personnelle S.B.). Également, des éleveurs de moules ont déjà attaché leur filières à des arbres, mais pour des raisons de sécurité, ils se tournent maintenant vers des ancragés dans la roche-mère sous la ligne de marée basse (Alistair Struthers, Centre for Aquaculture and Seafood Development, communication personnelle S.B.)

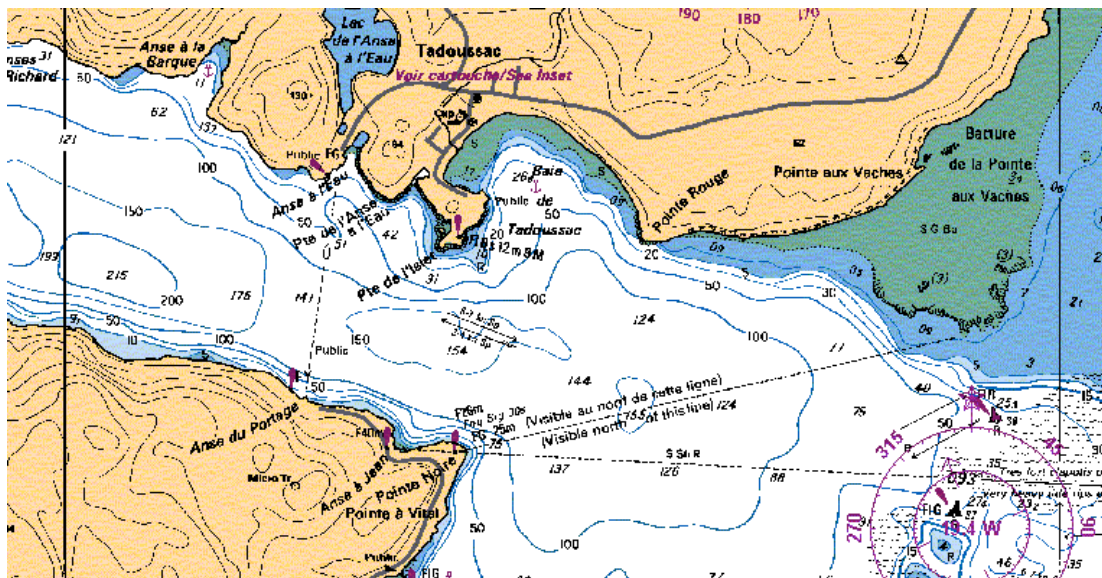


FIGURE 1: Topographie et bathymétrie dans la région de Tadoussac. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

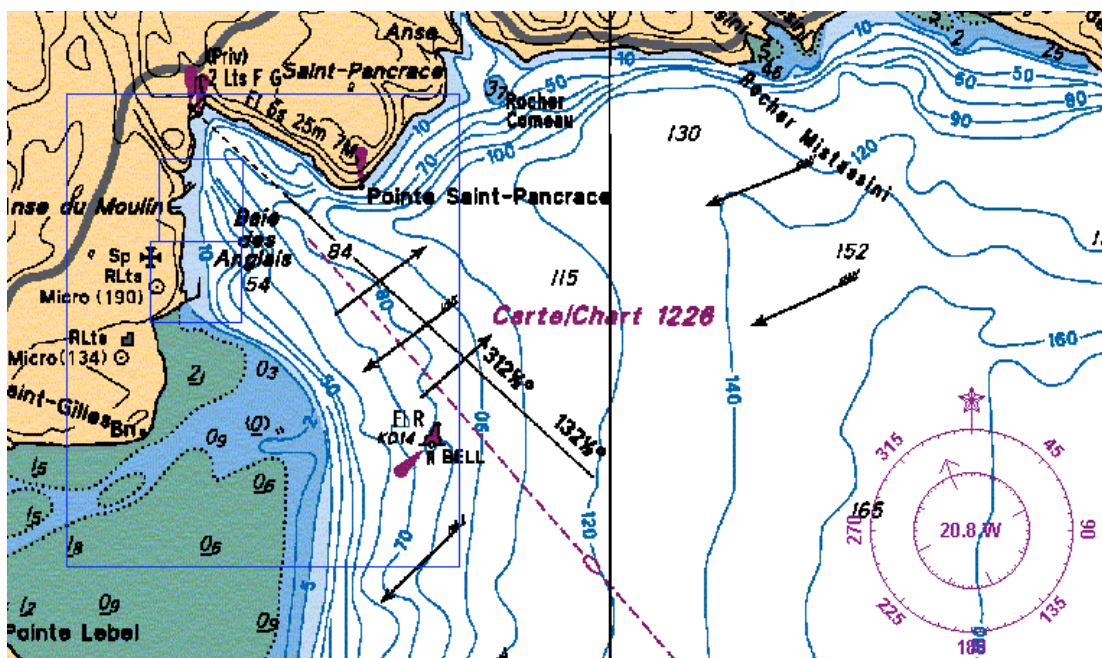


FIGURE 2: Topographie et bathymétrie près de Baie-Comeau. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.



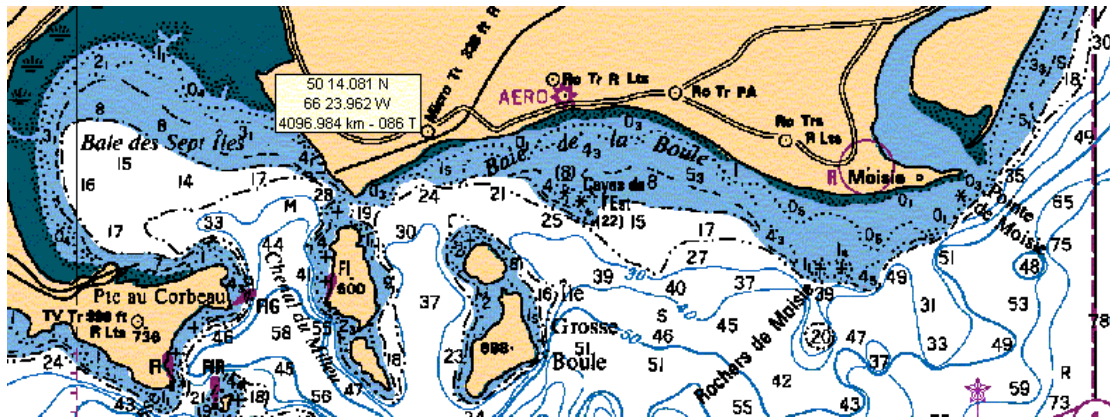


FIGURE 3: Topographie et bathymétrie dans la région de Sept-Îles. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

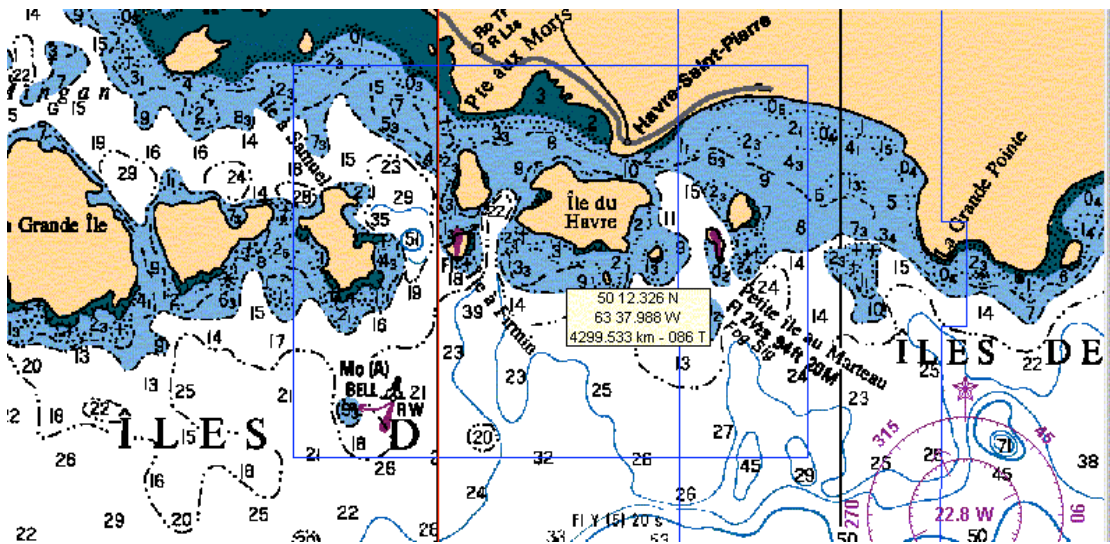


FIGURE 4: Topographie et bathymétrie dans la région de Havre St-Pierre. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

raient faire soit de très bons ou de très mauvais sites d'élevage. Une étude océanographique de ces sites donnerait une meilleure évaluation. La Baie des Rochers (Figure 12), le secteur de l'Île du Chat (Figure 13) et la Baie de Kécarpoui (Figure 14) présentent plusieurs zones profondes et sont relativement éloignées et abritées du Golfe du St-Laurent. Ces endroits pourraient s'avérer intéressants pour l'élevage piscicole en cages. Le site du Havre de l'Aigle (Figure 15), présente des caractéristiques intéressantes : une zone profonde entourée d'une zone peu profonde peuplée de petites îles. Les cinq prochains sites, soit ceux de l'Île Verte aux Îles Eiders (Figure 16), de Île Net au Chenal Thomas (Figure 17), du Chenal Thomas à l'Île des Esquimaux (Figure 18), du Chenal Thomas à l'Île Cove (Figure 19) et de l'Île Cove à l'Île de Bonne Espérance (Figure 20) sont tous dans le même secteur. Bien qu'ils soient plus exposés que la plupart des autres sites proposés précédemment, beaucoup de petites îles sont présentes dans ce secteur, ce qui offrirait possiblement une protection contre les tempêtes ou les forts vents. Si la circulation d'eau est adéquate, la Baie de Bonne Espérance (Figure 21) serait aussi un site envisageable pour y installer des cages marines. Finalement, le site le plus à l'est, la Baie de Brador (Figure 22), est très exposé, mais des cages pourraient être placées entre l'Île du Bassin et la Pointe Brandy ou encore près de l'Île du Paresseux. Pour une localisation géographique des différents sites potentiels, faire référence aux Figures 23 et 24.

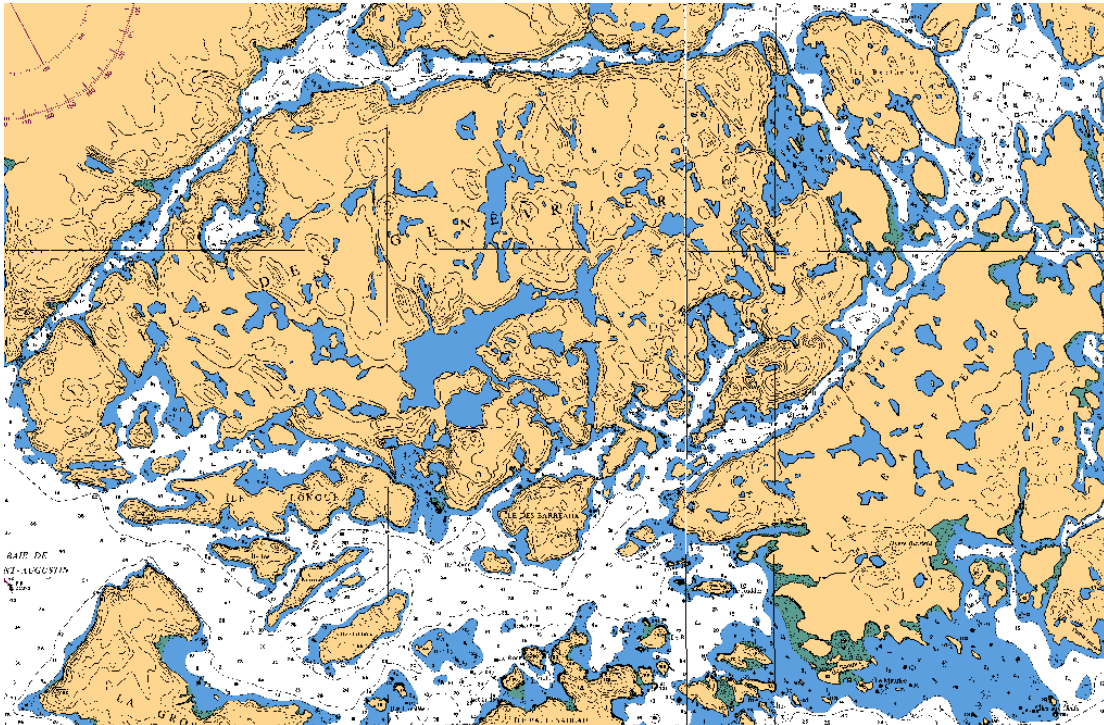


FIGURE 5: Topographie et bathymétrie entre la Baie Jacques-Cartier et la Baie St-Augustin. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

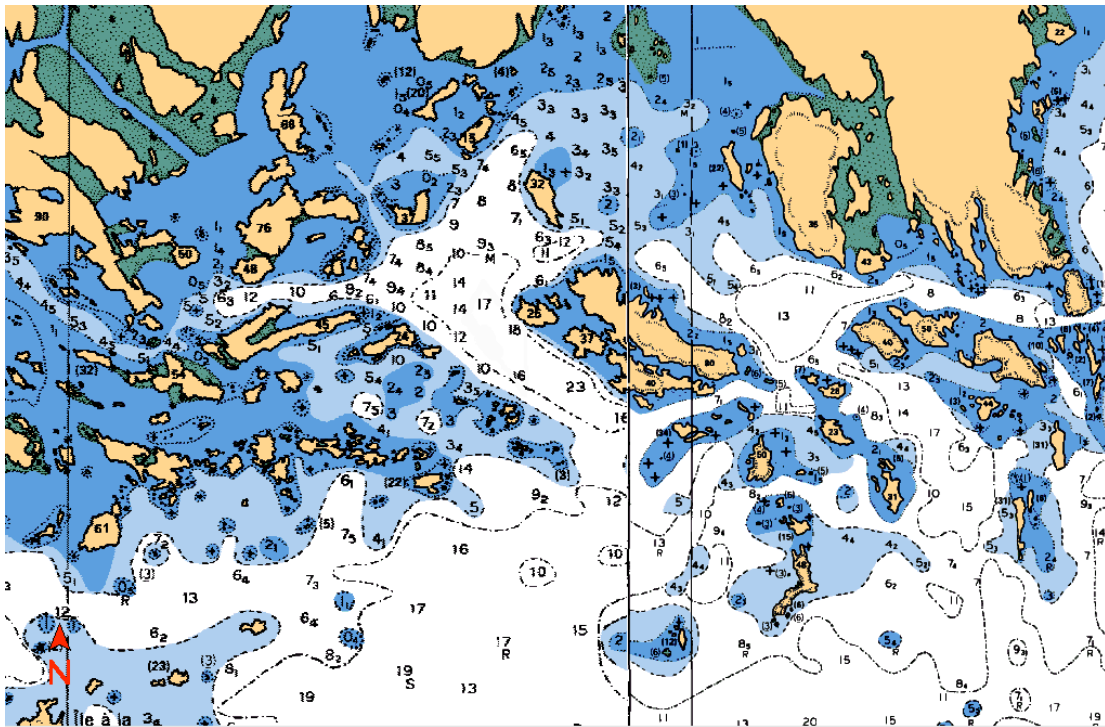


FIGURE 6: Topographie et bathymétrie au nord-est de l'Île à la Brume. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

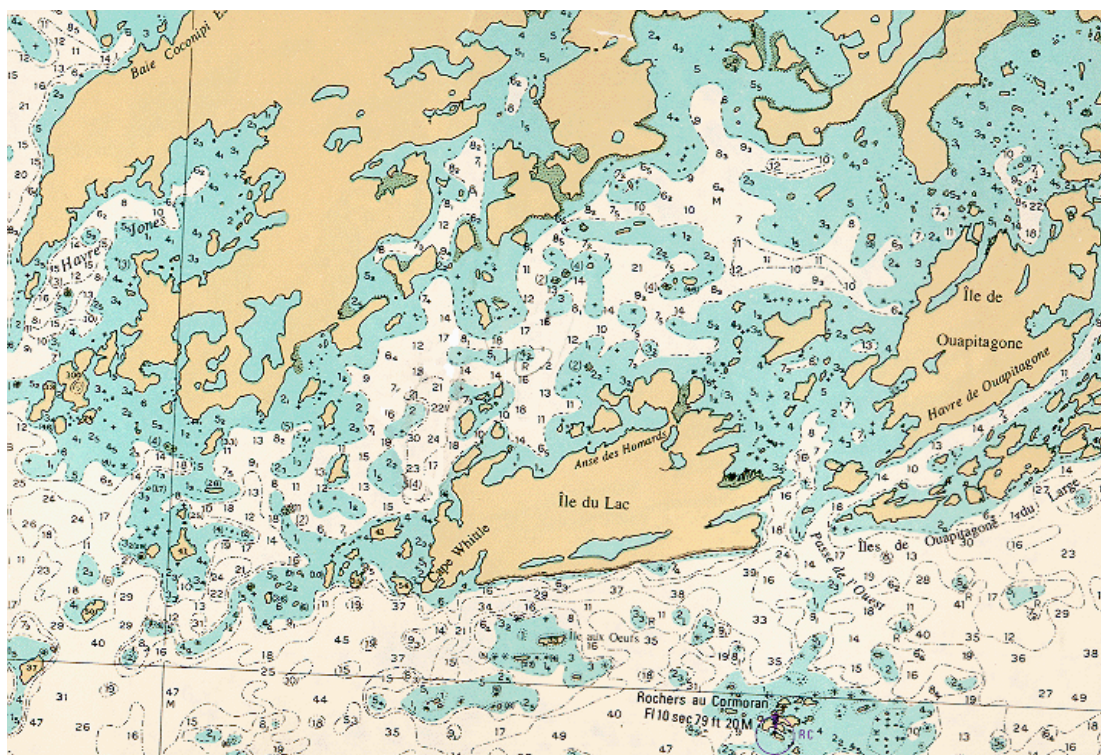


FIGURE 7: Topographie et bathymétrie au nord de l'Île du Lac. Carte No. 4440 digitalisée et tirée du Service Hydrographique du Canada.

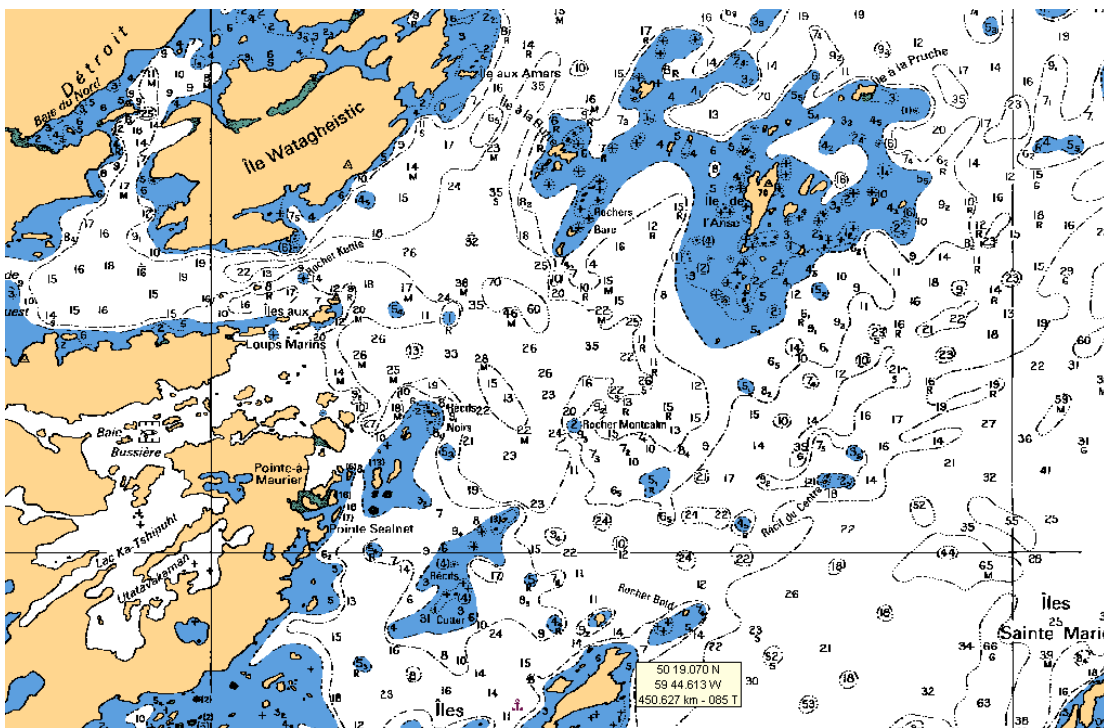


FIGURE 8: Topographie et bathymétrie près de l'Île Watagheistic. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

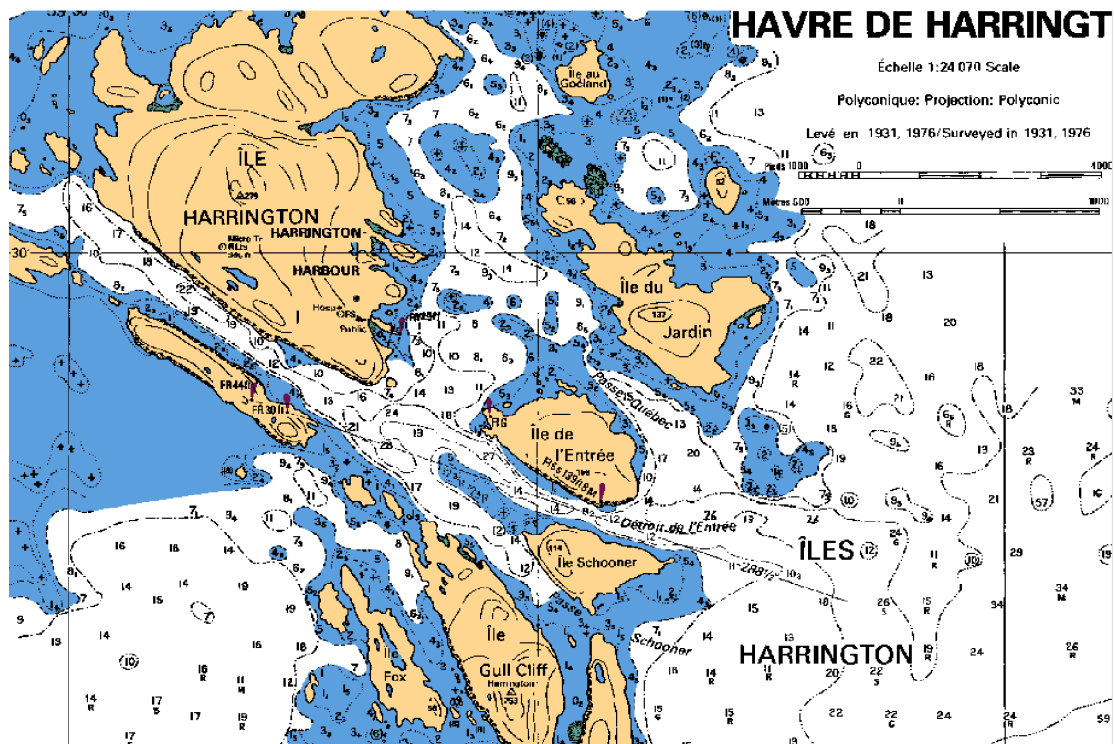


FIGURE 9: Topographie et bathymétrie de Harrington Harbour. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

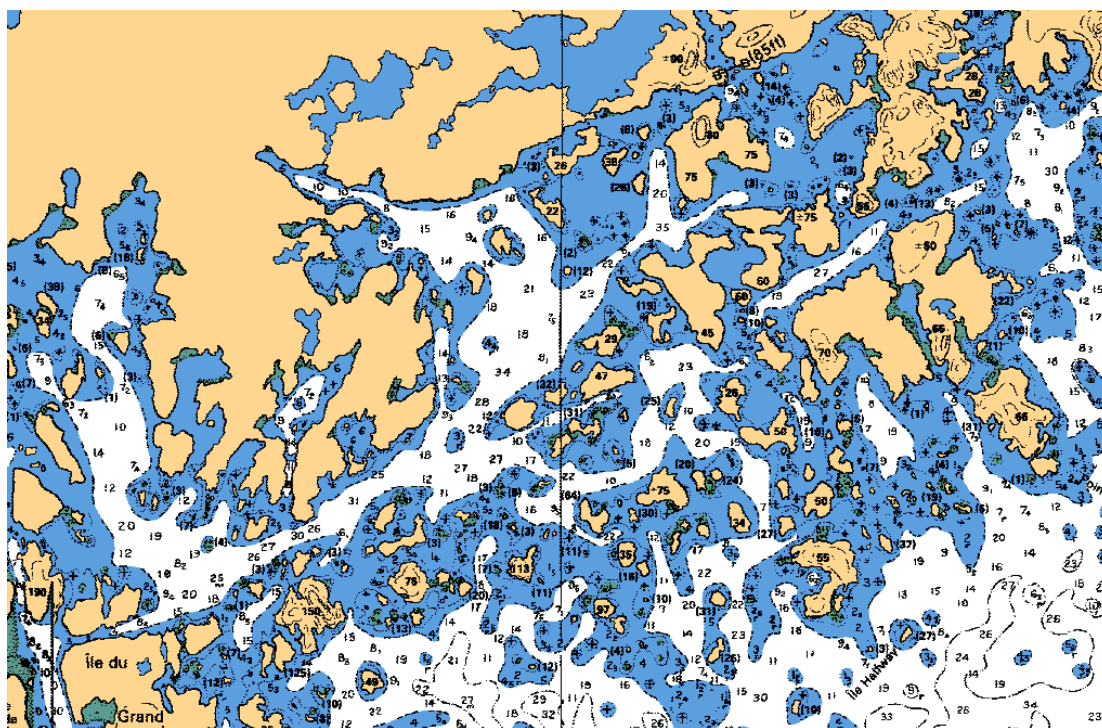


FIGURE 10: Topographie et bathymétrie de Grand Rigolet Est. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

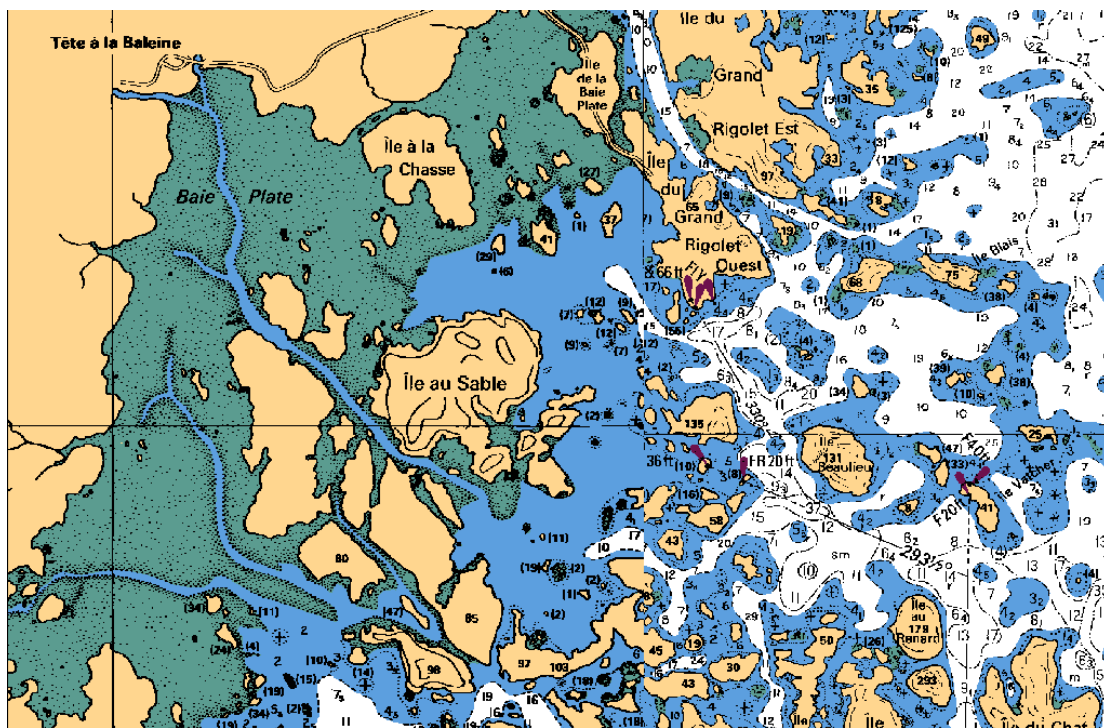


FIGURE 11: Topographie et bathymétrie à Tête à la Baleine. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.



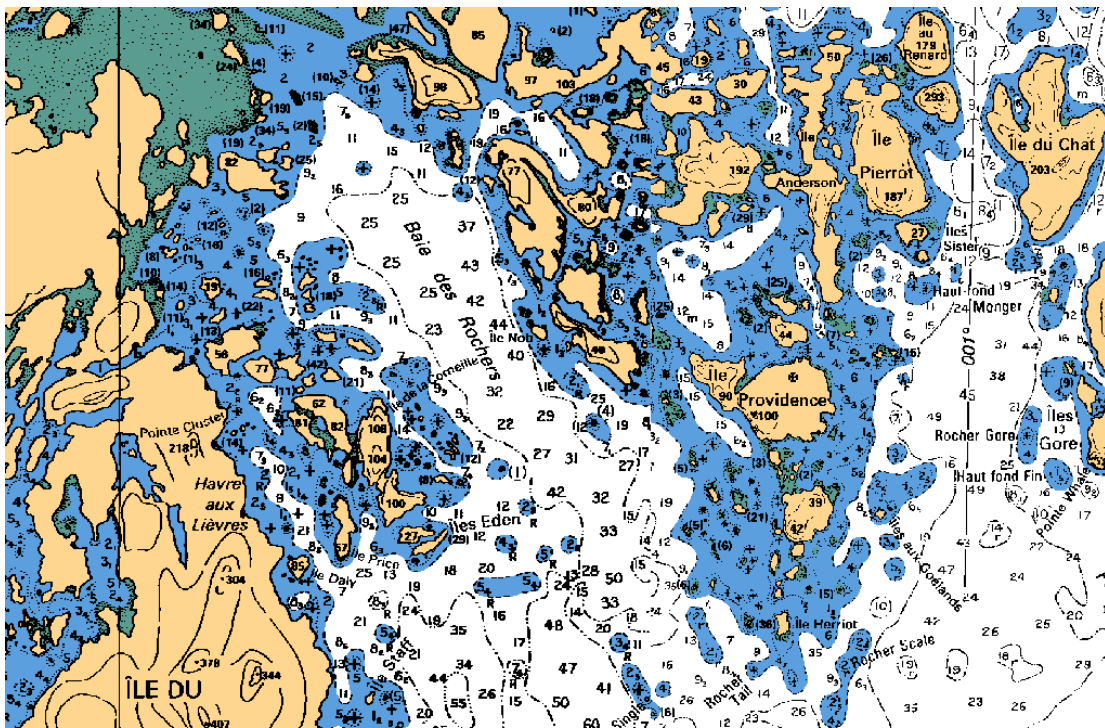


FIGURE 12: Topographie et bathymétrie de la Baie des Rochers. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

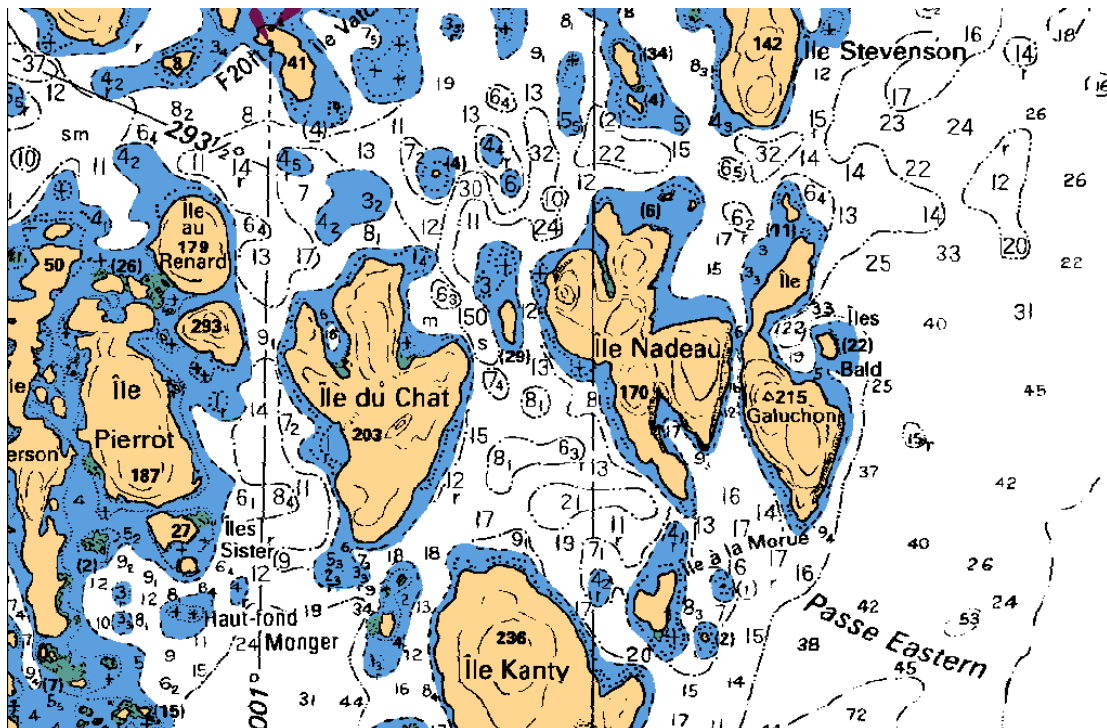


FIGURE 13: Topographie et bathymétrie de l'Île Plate à l'Île du Petit Mécatina. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

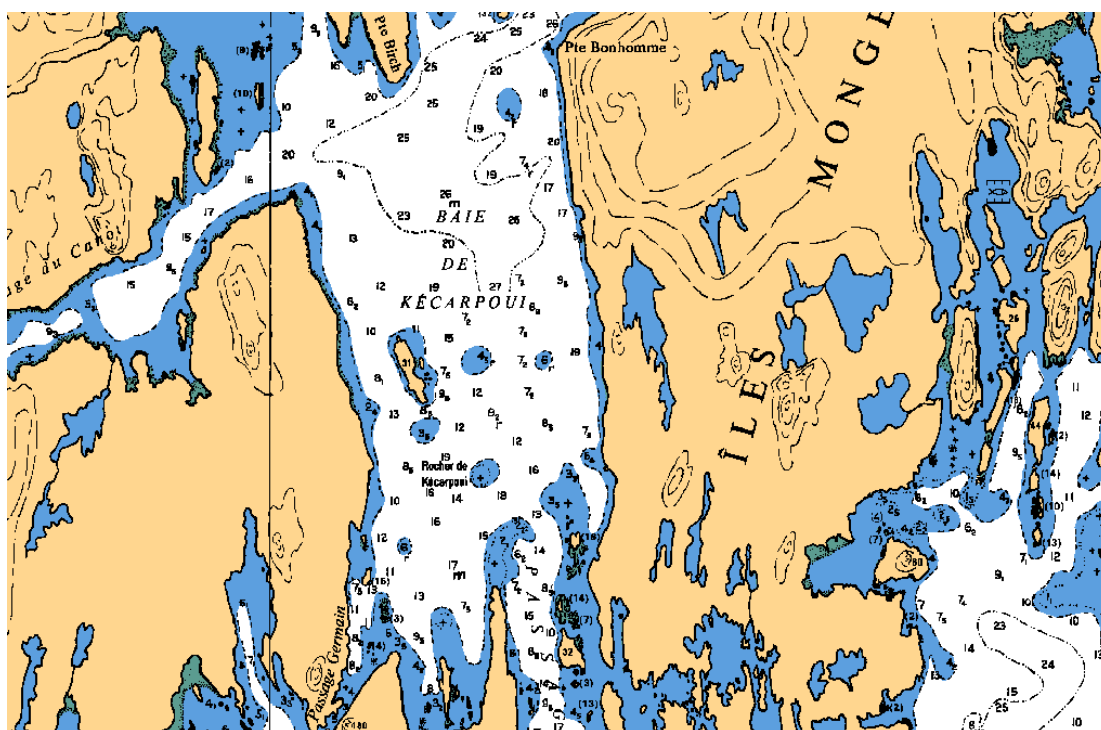


FIGURE 14: Topographie et bathymétrie de la Baie de Kécarpou. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

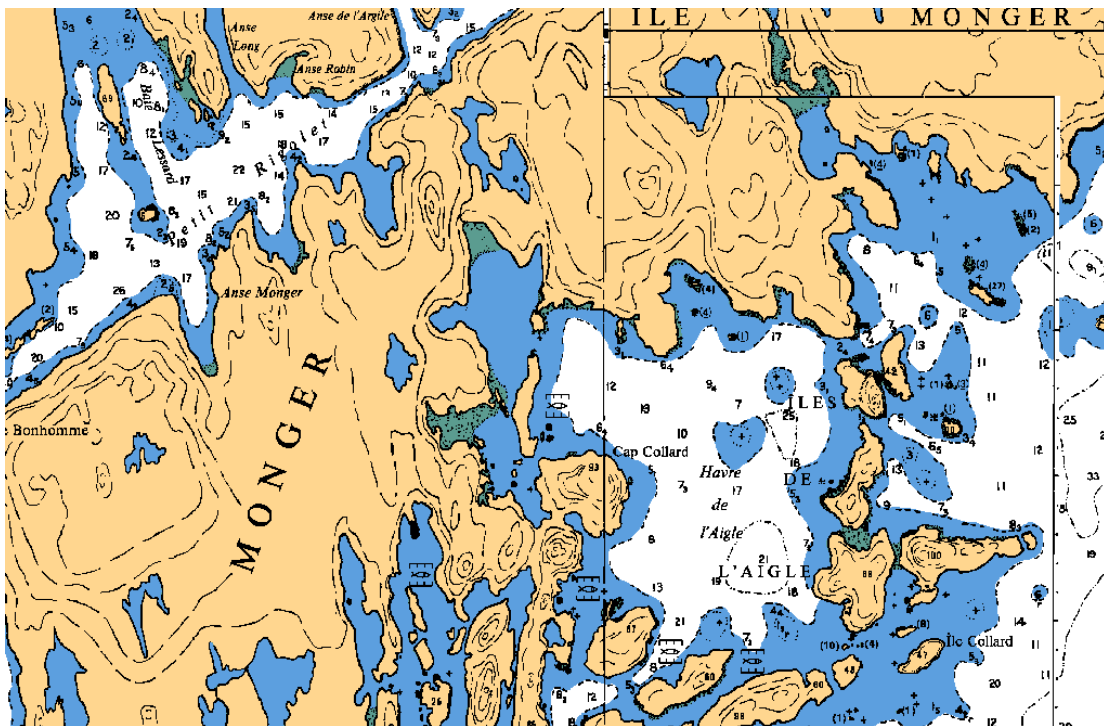


FIGURE 15: Topographie et bathymétrie de Havre de l'Aigle. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

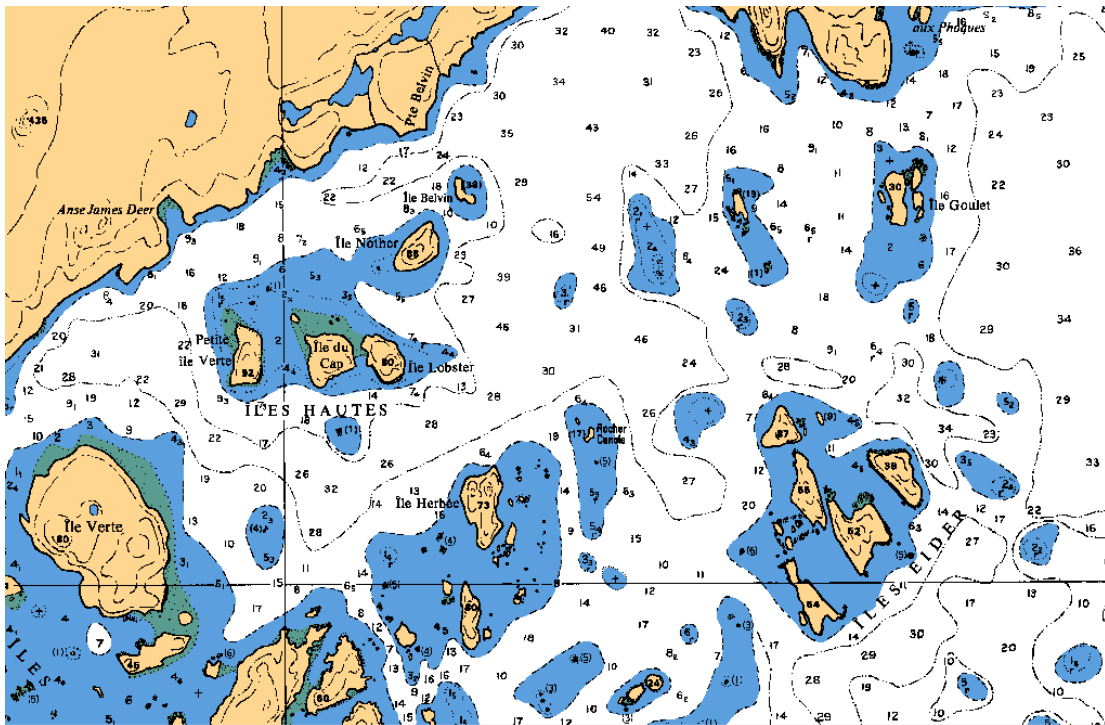


FIGURE 16: Topographie et bathymétrie de l'Île Verte aux Îles Eiders. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

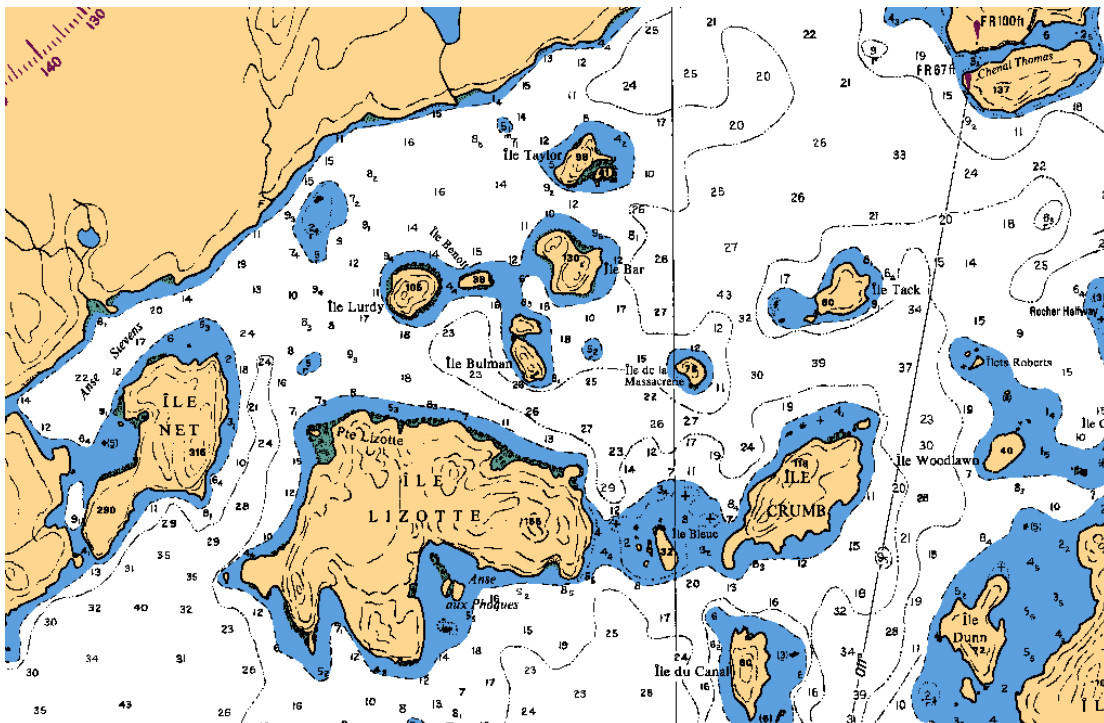


FIGURE 17: Topographie et bathymétrie de l'Île Net au Chenal Thomas. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

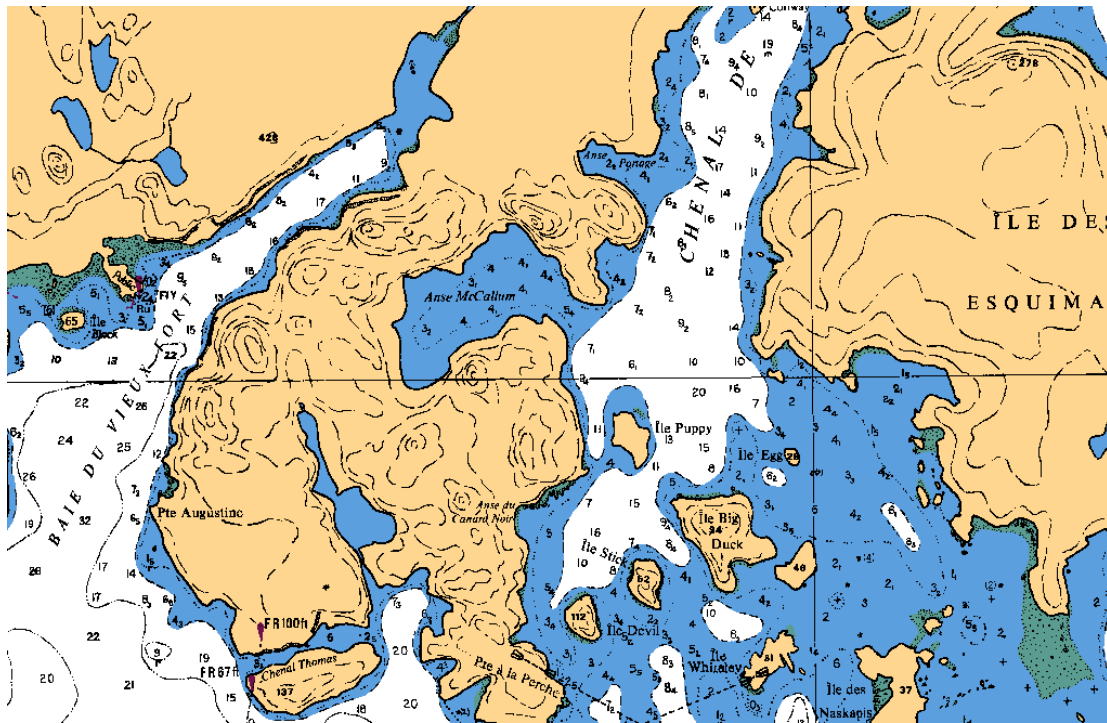


FIGURE 18: Topographie et bathymétrie du Chenal Thomas à l'Île des Esquimaux. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

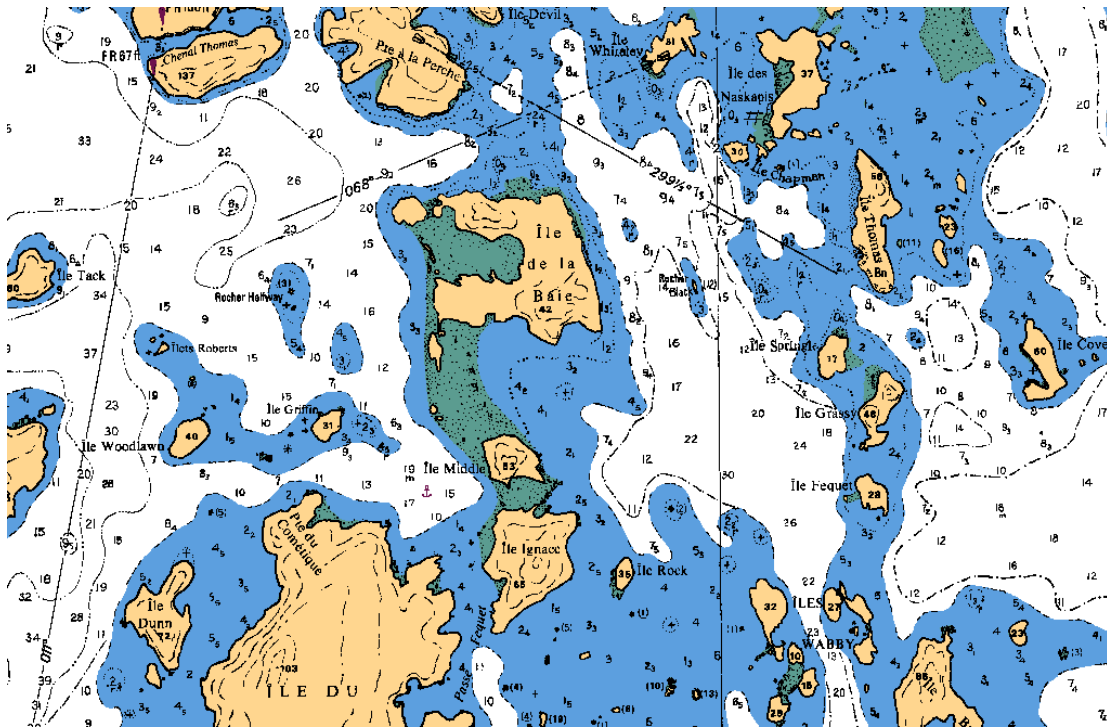


FIGURE 19: Topographie et bathymétrie du Chenal Thomas à l'Île Cove. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.



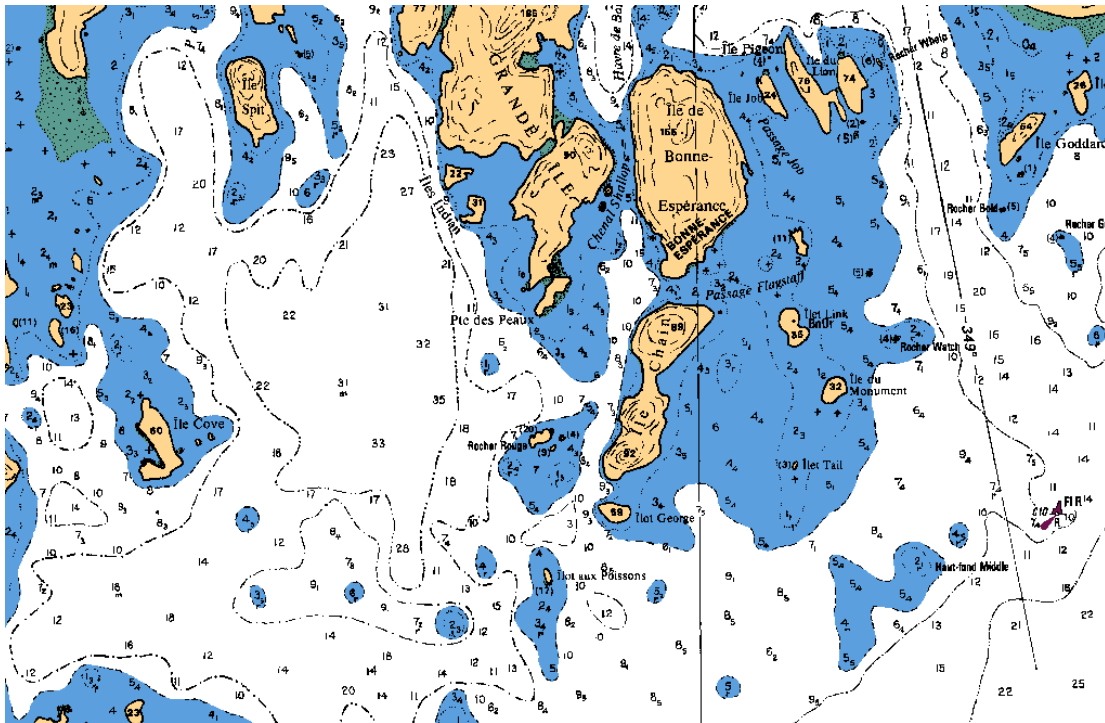


FIGURE 20: Topographie et bathymétrie de l'Île Cove à l'Île de Bonne Espérance. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

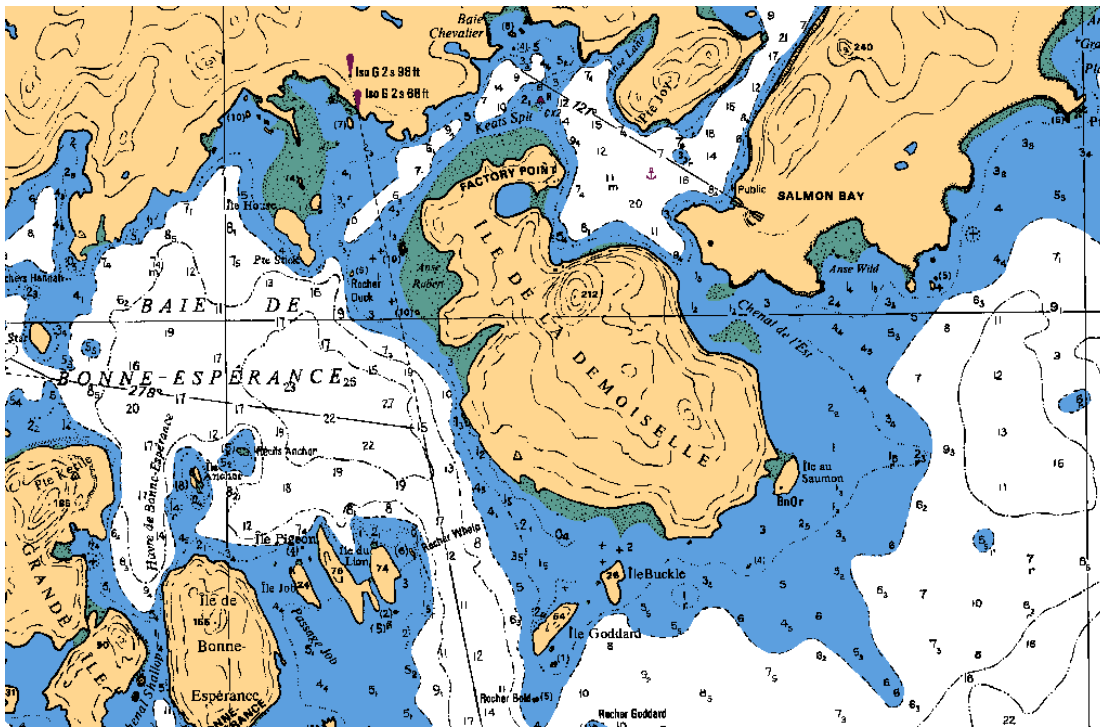


FIGURE 21: Topographie et bathymétrie de Bonne Espérance à Salmon Bay. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

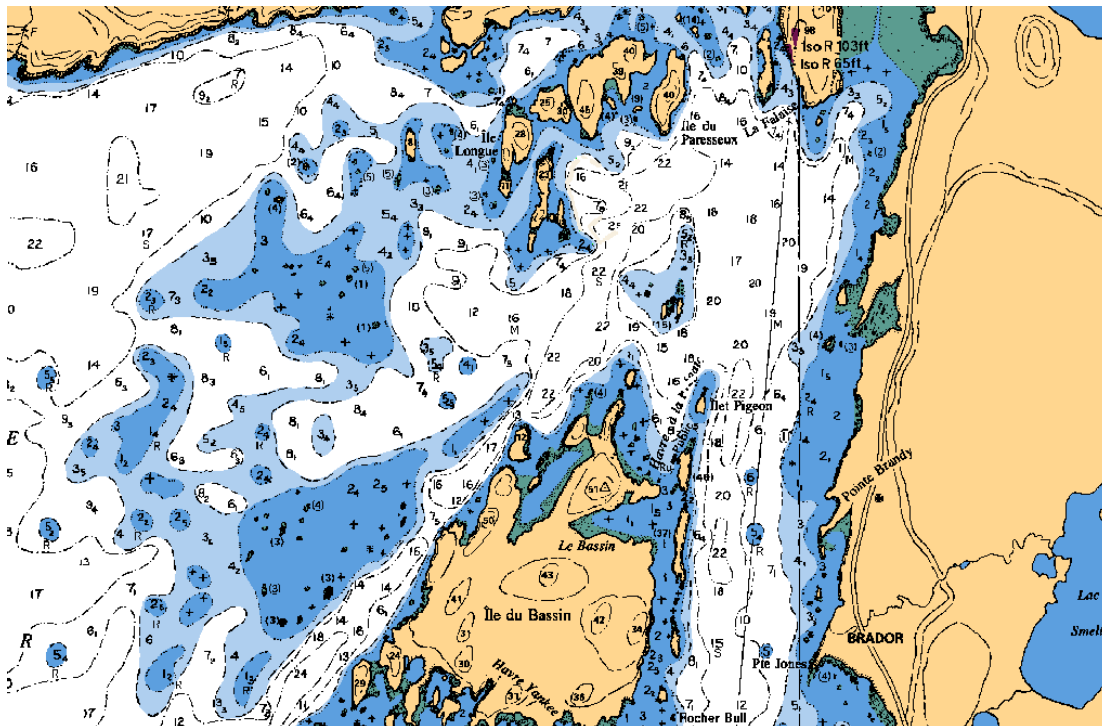


FIGURE 22: Topographie et bathymétrie de la Baie de Brador. Carte tirée du Service Hydrographique du Canada répertoriée sur CD digital ocean MD par Nautica Data International Inc.

### 2.3.4 Températures en milieu abrité sur la Côte-Nord

L'obtention de données de température couvrant les zones abritées de la Côte-Nord sur une longue période de temps est très problématique. Quelques études ont été réalisées dans le secteur de la Basse Côte-Nord, mais elles étaient toutes de courte durée (Anonyme 1993, Chaumel *et al.* 1993, Bilodeau 1992, Gaudet & Côté 1995). Néanmoins, ces études démontrent que les températures d'eau en milieu abrité sont relativement stables et propices à l'élevage piscicole en cages (Figures 25 et 26). Les températures présentées dans Anonyme (1993) varient de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  par jour, se réchauffant de juillet à août et se refroidissant graduellement par la suite jusqu'à la fin septembre. Les données de température présentées dans Gaudet & Côté (1995) varient aussi de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , mais les températures maximales sont atteintes en août-septembre et elles diminuent rapidement jusqu'en décembre (Figure 26). Les températures présentées dans Bilodeau (1992) n'ont pas été prises de façon journalière, mais elles démontrent toutefois, elles aussi, une certaine stabilité ; de 10 à  $13,5^{\circ}\text{C}$  en août avec une diminution graduelle de 13 à  $6^{\circ}\text{C}$  de septembre à octobre. Chaumel *et al.* (1993) ont publié un rapport concernant le développement de la culture de moules sur la Basse Côte-Nord. Les températures d'eau de deux sites d'élevage de moules situés dans la Baie de Havre de l'Aigle sont comparées ; par conséquent, en se basant sur une figure présentée dans Chaumel *et al.* (1993), les températures d'eau semblent également stables dans ce secteur. Une localisation géographique des différents sites d'échantillonnage de température (c.f. Figures 25 et 26) est également présentée à la Figure 24.

### 2.3.5 Températures en milieu non abrité sur la Côte-Nord

Avant d'examiner les séries temporelles de températures de sites non abrités de la Côte-Nord, il est important de comprendre la structure thermique de la colonne d'eau du Golfe du St-Laurent. Trois couches d'eau superposées peuvent être observées dans le Golfe du St-Laurent (Dickie & Trites 1983). La première couche s'étend de 0 à 30 mètres, la deuxième entre 30 et 125 mètres et la troisième d'environ 125 mètres jusqu'au fond (Figure 27). La température de la couche de surface varie selon les saisons, soit de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  en hiver jusqu'à  $16^{\circ}\text{C}$  en été. Elle est de faible salinité (27–32‰) et s'écoule vers l'océan. La couche intermédiaire est très froide ( $-1$  à  $2^{\circ}\text{C}$ ) et de salinité moyenne (32–33‰) et coule vers l'amont. Finalement, la couche profonde a une température plus élevée (2 à  $6^{\circ}\text{C}$ ) que la couche intermédiaire, mais sa salinité est supérieure (33–34‰) ; elle coule également vers l'amont.

Contrairement aux zones abritées, il est plus facile d'obtenir des données de température d'eau en zones non abritées pour la Côte-Nord. En effet, depuis quelques années, Pêches et Océans Canada rend disponible des données de température mesurées par des thermographes placés à différents endroits dans le Golfe du St-Laurent (Figure 23). Huit stations situées sur la Côte-Nord ont été retenues (Tableau 3). Les données de température sont mesurées en surface et couvrent la période pendant laquelle il n'y a pas de couverture de glace. Il s'agit ici de données filtrées. Les données instantanées sont disponibles à l'Annexe 3.

En observant les données des thermographes, il est possible de constater de fortes variabilités de température sur une très courte période de temps (quelques jours) et ce, pour tous les sites examinés (Figures 28, 29 et 30). Tadoussac, la station la plus à l'ouest de la zone envisagée,

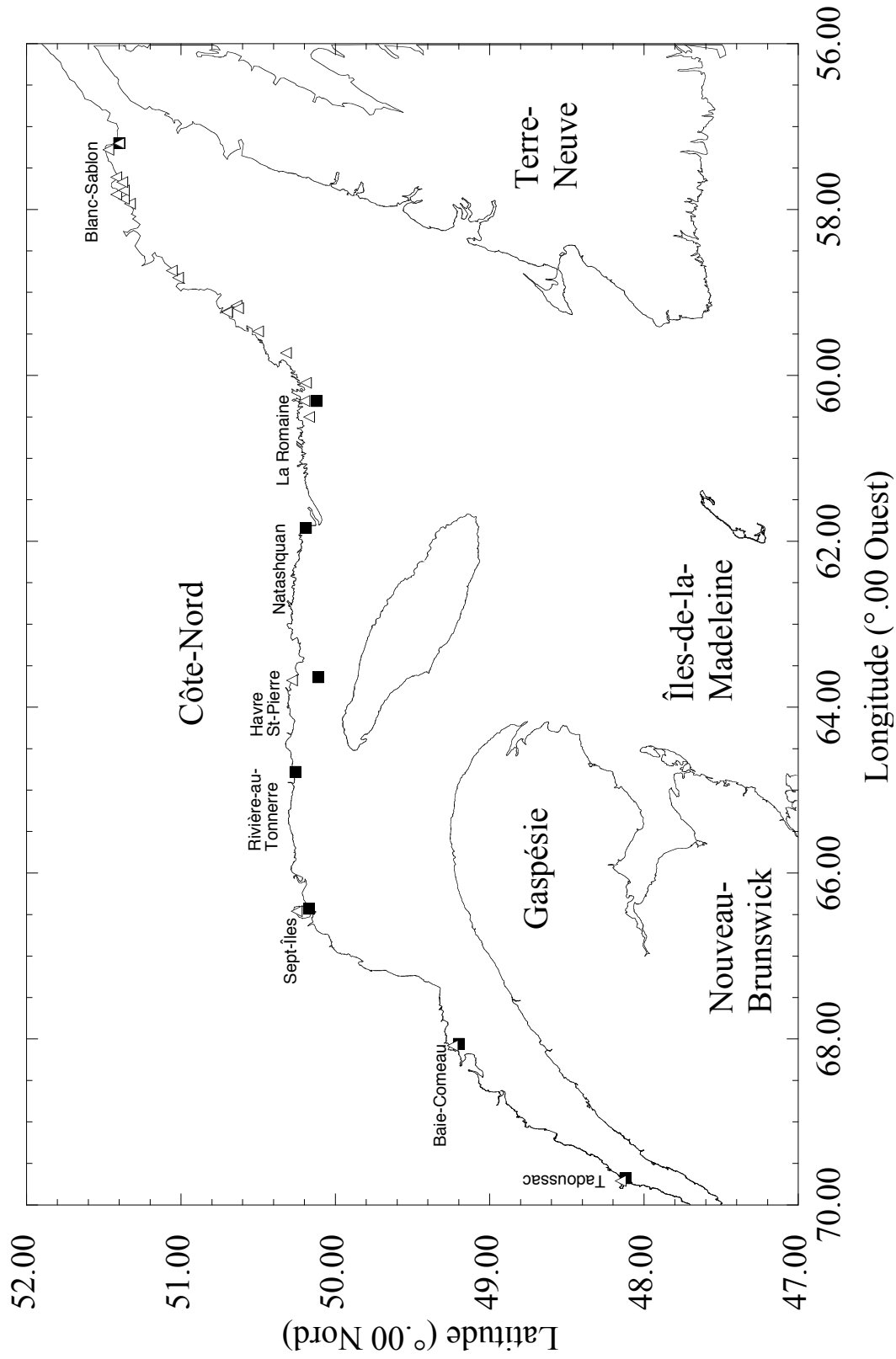


FIGURE 23: Emplacements géographiques des sites potentiels (Δ) de l'aire d'étude, ainsi que l'emplacement des thermographes de Pêches et Océans Canada (■).

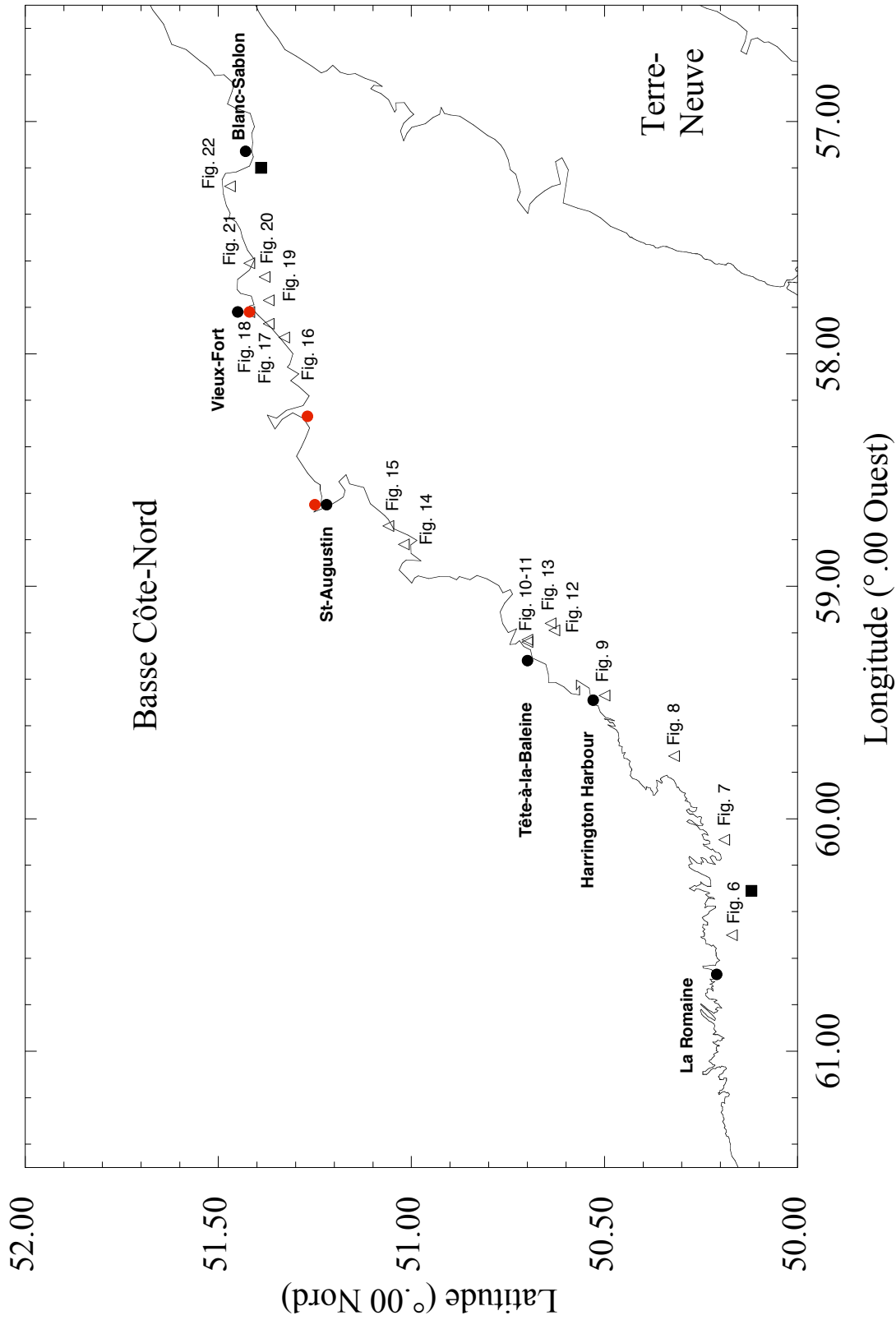


FIGURE 24: Emplacements géographiques des principaux villages de la Basse Côte-Nord (●), des thermographes de Pêches et Océans Canada (■), des thermographes présentés aux Figures 25 et 26 (●) et des sites potentiels des Figures 6 à 22 (△).

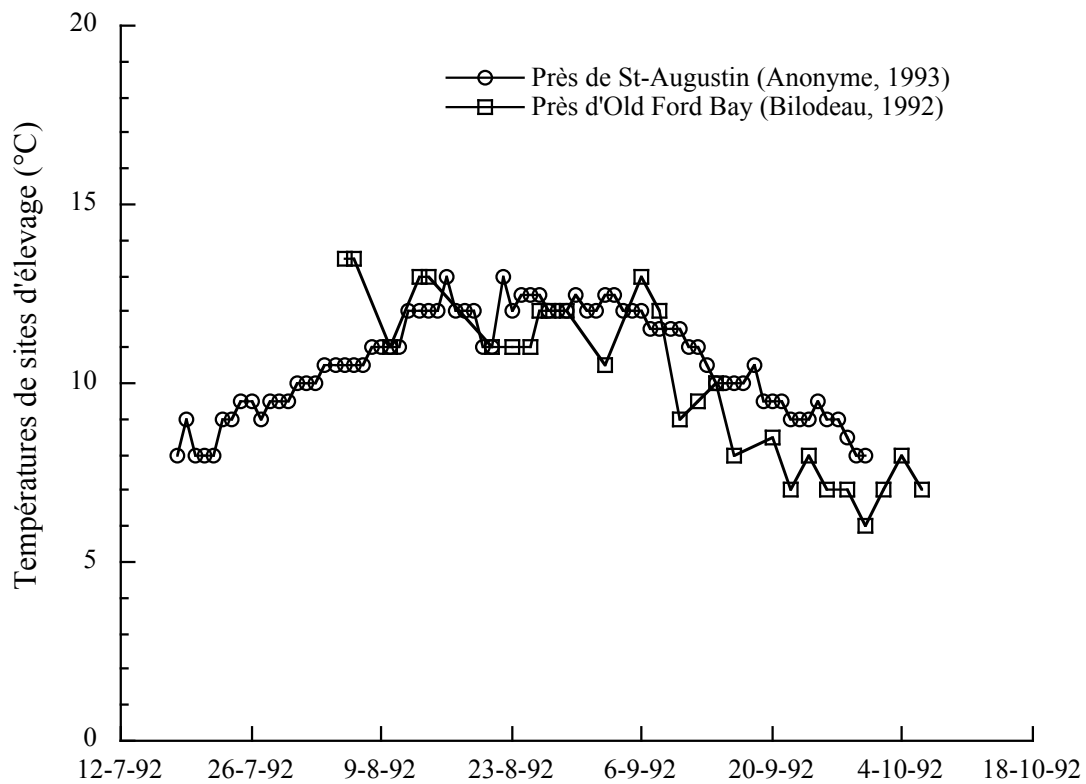


FIGURE 25: Températures d'eau de surface de sites d'élevage sur la Basse Côte-Nord. Reproduit sans autorisation à partir des données brutes fournies dans les rapports cités dans la légende.

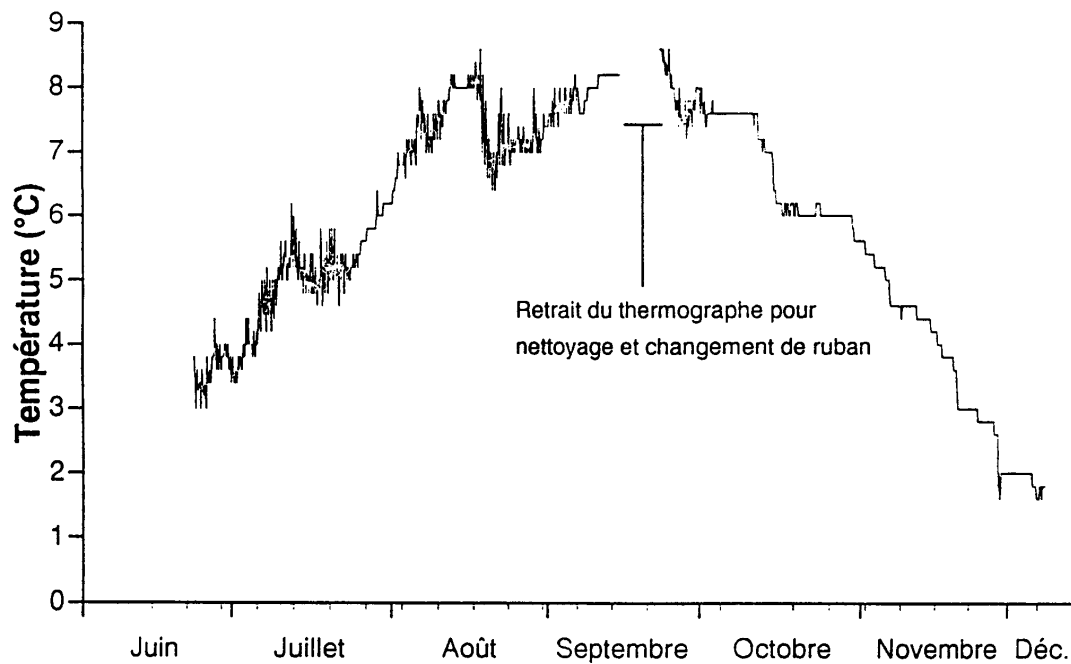


FIGURE 26: Variations de température enregistrées à intervalle de 4 h entre le 23 juin et le 8 décembre 1994 à l'aide d'un thermographe installé au site de Cross Cove à une profondeur de 8 m. Tiré de Gaudet & Côté (1995).



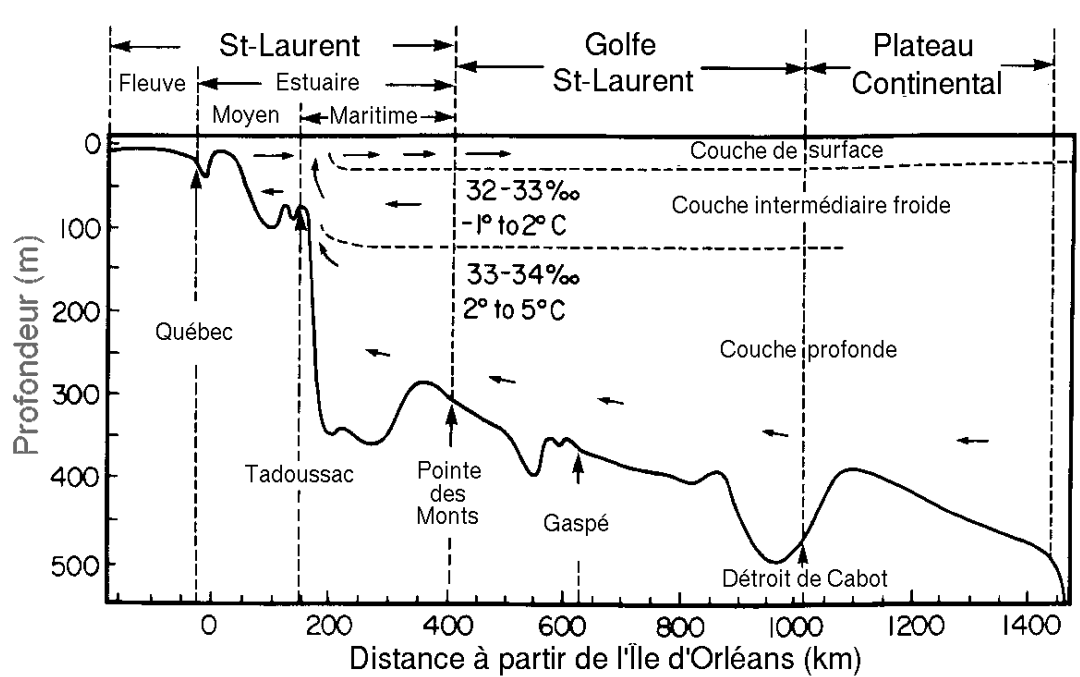


FIGURE 27: Schéma d'une coupe transversale du Golfe Saint-Laurent. Tiré et modifié de Dickie & Trites (1983).

TABLEAU 3: Coordonnées géographiques, période d'enregistrement et profondeur des thermographes de Pêches et Océans Canada situés près des rives de la Côte-Nord

Station	Coordonnées géographiques	Date	Profondeur des thermographes
Tadoussac	48°07,2'N 69°40,5'W	01 Mai au 19 Novembre 99	2,0 m
Baie-Comeau	49°12,1'N 68°03,3'W	01 Mai au 08 Décembre 99	1,0 m
Sept-Îles	50°10,3'N 66°25,8'W	01 Mai au 01 Décembre 99	2,0 m
Rivière-au Tonnerre	50°15,8'N 64°46,8'W	21 Mai au 01 Décembre 99	16,0 m
Havre St-Pierre	50°06,5'N 63°38,5'W	29 Mai au 05 Novembre 99	1,0 m
Nathasquan	50°11,2'N 61°50,8'W	24 Mai au 26 Novembre 99	1,0 m
La Romaine	50°07,3'N 60°18,6'W	28 Mai au 25 Novembre 00	2,0 m
Blanc-Sablon	51°24,0'N 57°11,7'W	01 Juin au 22 Novembre 99	1,0 m

démontre la plus grande variabilité (Figure 28a). En effet, cette station est située directement à la tête du chenal Laurentien (Figure 27). À cet endroit, la profondeur passe de 350 à 75 m sur une très courte distance. Lorsque les eaux profondes circulant vers l'amont arrivent au niveau du seuil, il y a une remontée d'eau froide vers la surface. Le mélange des eaux profondes, des eaux de surface et de celles arrivant du fjord du Saguenay (Figure 1) contribuent donc à ces fluctuations importantes de température. La variabilité rencontrée pour les autres sites (e.g. Figure 28b) peut probablement être expliquée par des épisodes répétés de résurgence. Dans le Golfe du St-Laurent, les vents dominants repoussent les eaux de surface de la Côte-Nord vers le sud (Koutitonsky & Bugden 1991). Ceci crée un gradient de pression dans la colonne d'eau qui est alors rééquilibré par une remontée des eaux froides de la couche intermédiaire vers la surface. Les eaux froides ainsi remontées peuvent être transportées par les courants ou les marées vers des zones abritées. Le nombre important de ces variations de températures suggère qu'il ne s'agit pas d'évènements ponctuels rares comme des tempêtes, mais plutôt de phénomènes se reproduisant plusieurs fois par mois. Ces évènements limitent grandement le développement piscicole en cages marines. Ce phénomène a été observé aux alentours des Îles Mingan par le Dr John Himmelman de l'Université Laval. Ces résurgences provoquaient des variations de températures très importantes à la surface. Les jours sans vent étaient caractérisés par une absence de remontée d'eau froide.

Les autres stations situées dans le Golfe du St-Laurent, c'est-à-dire Rivière-au-Tonnerre (Figure 29a), Havre St-Pierre (Figure 29b), Nathasquan (Figure 29c), La Romaine (Figure 30a) et Blanc-Sablon (Figure 30b) n'échappent pas non plus aux variations extrêmes de température rencontrées comme précédemment en amont. Pour la station de Rivière-au-Tonnerre, seules des données de température à 16 mètres étaient disponibles. Bien qu'elles soient de plus faibles amplitudes, des fluctuations importantes de températures sont encore rencontrées à 16 mètres. Ceci est un renseignement important. En effet, un poisson ne pourrait pas se réfugier au fond des cages (généralement entre 7,5–12,5 mètres de profondeur) afin d'échapper à des changements rapides de température à la surface, comme il le ferait en milieu naturel. Finalement, les figures présentées à l'Annexe 4 confirment les grandes variabilités rencontrées à toutes les stations. Ces figures de type «Boxplot» ont l'avantage de montrer d'un seul coup d'œil le regroupement et la variabilité des données. Prenons par exemple le mois d'août, mois généralement le plus chaud, donc le plus susceptible d'être un mois de grande production piscicole. Les températures oscillent entre 1 et 15°C à Tadoussac et de 4 à 17°C à Havre St-Pierre et Blanc-Sablon.

### 3 Analyse des observations

Comme mentionné en introduction, chacun des sept objectifs fixés pour cette étude était préalable au suivant. L'objectif 1 a été atteint ; quelques intervenants de la Basse Côte-Nord ont suscité un intérêt pour l'aquaculture piscicole. Quant à l'objectif 2, certaines espèces démontrent plus de potentiel que d'autres (i.e. la morue), d'autant plus que l'élevage de Salmonidés est interdit à l'est de Mingan. Cependant, en se basant sur nos observations, nous avons été dans l'obligation de cesser l'étude de pré-faisabilité à l'objectif 3, c'est-à-dire «Identifier les sites ayant le meilleur potentiel pour l'élevage de poissons». En effet, il y a un manque important d'informations de base sur les conditions physico-chimiques des sites de la Côte-Nord.

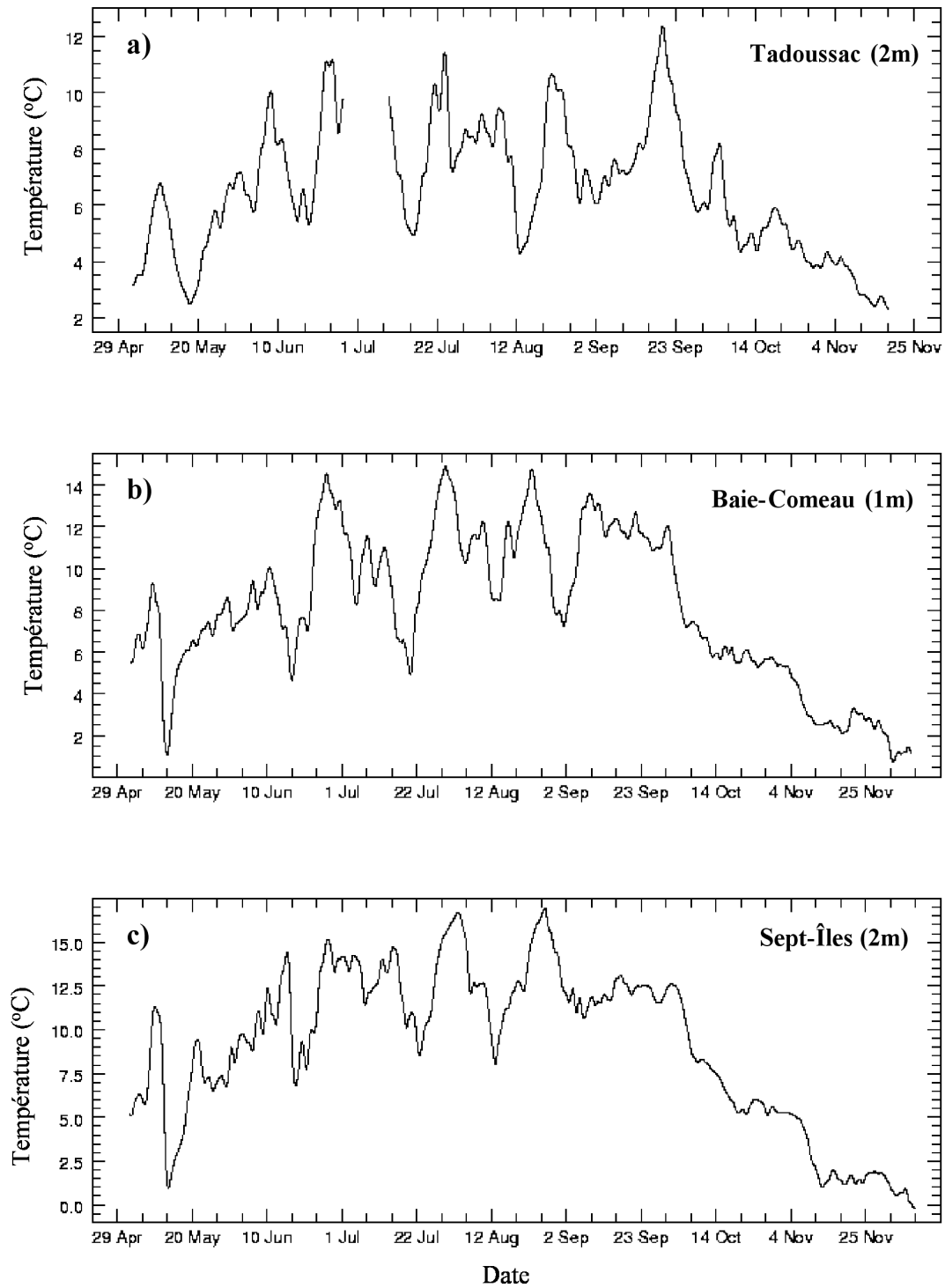


FIGURE 28: Données temporelles filtrées de températures de surface à Tadoussac, Baie-Comeau et Sept-Îles. Source : <http://www.osl.gc.ca/fr/index.html>.

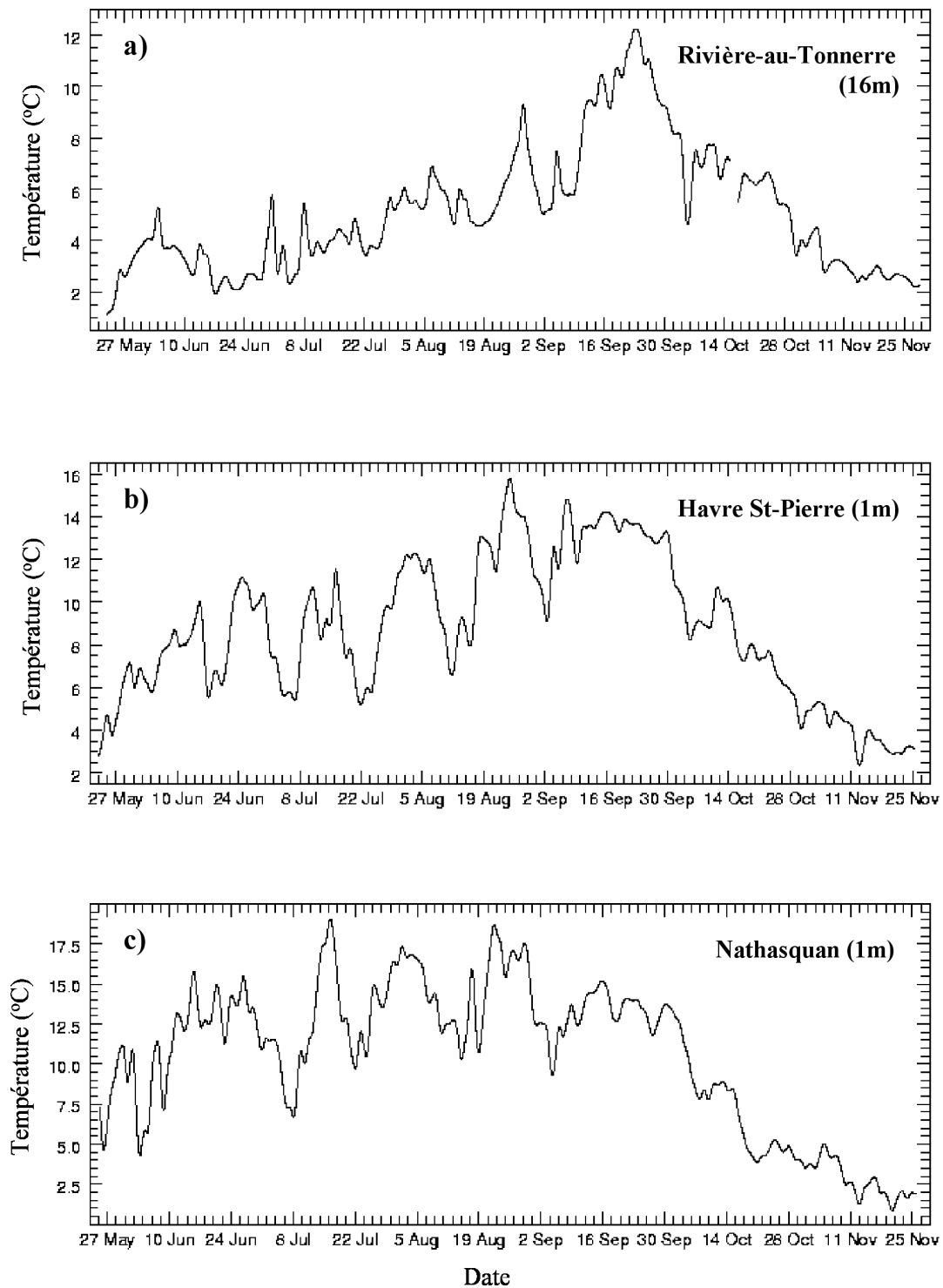


FIGURE 29: Données temporelles filtrées de températures de surface à Rivière-au-Tonnerre, Havre St-Pierre et Natashquan. Source : <http://www.osl.gc.ca/fr/index.html>.

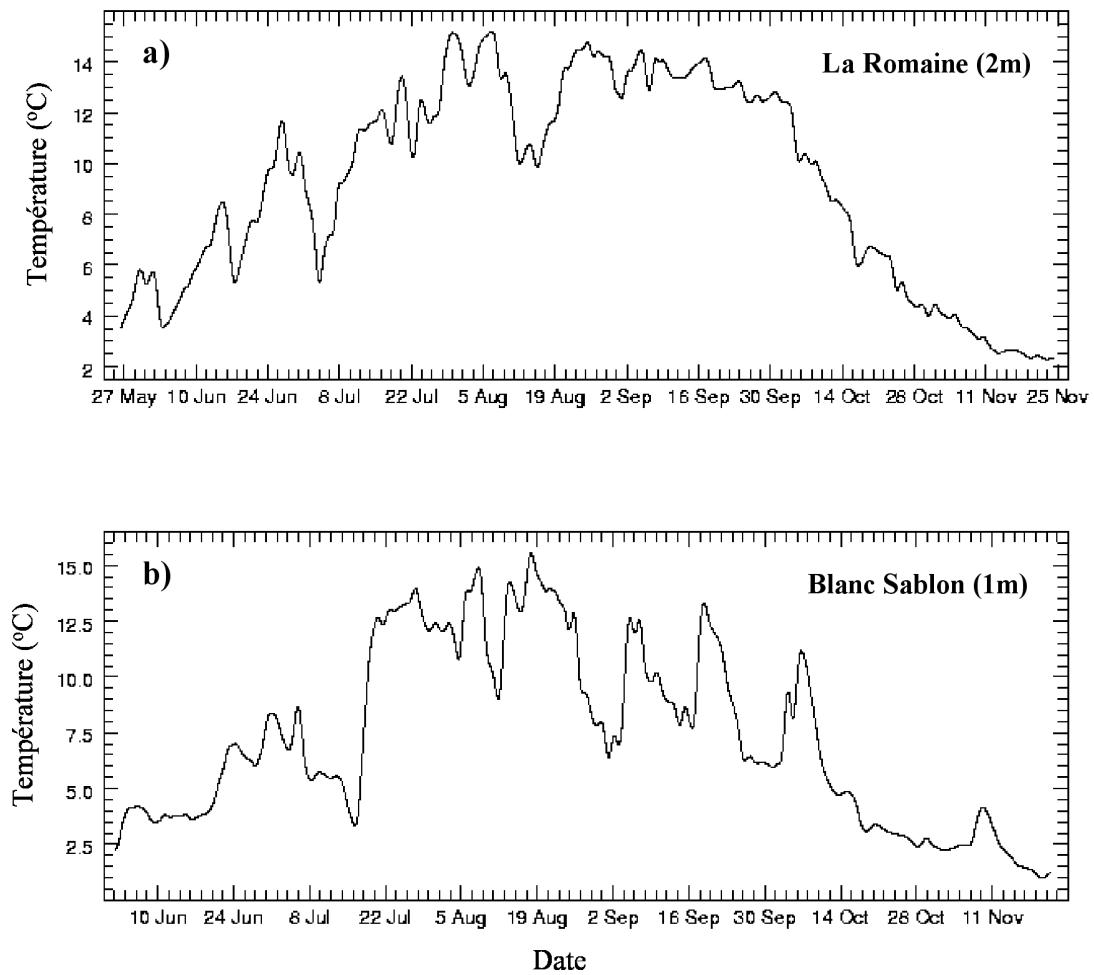


FIGURE 30: Données temporelles filtrées de températures de surface à La Romaine et Blanc-Sablon. Source : <http://www.osl.gc.ca/fr/index.html>.

Quelques sites ont été identifiés sur la Haute et Moyenne Côte-Nord (l'Anse à la Barque dans le fjord du Saguenay, Baie de Sept-Îles et Îles Mingan), mais ils se sont avérés non propices à l'élevage piscicole en cages. Quant aux sites plus au large, ils possèdent des profondeurs adéquates, mais les températures d'eau de surface passent d'un extrême à l'autre (0 à 15°C) et ce, sur une période de quelques jours seulement. Ceci représente donc des conditions de températures sub-optimales et dans certains cas, possiblement létales pour les poissons.

Plusieurs sites potentiellement propices à l'élevage piscicole en cages ont été identifiés sur la Basse Côte-Nord. Cependant, malgré que les sites identifiés étaient en zones abritées, ils pourraient tout aussi bien s'avérer inadéquats pour l'élevage piscicole en cages marines. En effet, pratiquement aucune donnée de température n'est disponible pour ces sites. Nous sommes confrontés à un manque important de connaissances environnementales de ces sites (salinité, courant, force des vents, hauteur des vagues, etc). Quelques études ont toutefois démontré que les températures étaient relativement stables en zones abritées sur la Basse Côte-Nord (c.f. Figures 25 et 26), mais des données complémentaires sont nécessaires avant de porter un jugement fondé et éclairé sur le potentiel de l'élevage en cages. Par conséquent, avant de se prononcer formellement sur le potentiel d'élevage piscicole en cages marines sur la Basse Côte-Nord, une évaluation complète des caractéristiques physico-chimiques devrait être effectuée sur chacun des sites envisagés avant de conclure sur le potentiel réel de ces sites.

D'autres alternatives au présent projet sont aussi envisageables. Un projet en installations terrestres en recirculation serait possible, mais pas nécessairement l'alternative idéale. En effet, ce type d'installation peut s'effectuer à peu près n'importe où en utilisant une eau de mer fabriquée artificiellement. Par contre, s'il est possible de pomper l'eau directement dans la couche profonde du Golfe du St-Laurent et ce, sur une très courte distance depuis la rive (en d'autres termes, si la pente du fond marin est très abrupte), alors un élevage basé sur un système semi-ouvert serait alors probablement envisageable pour une ou des espèces d'eau froide. En définitive, l'alternative idéale serait peut-être d'effectuer un élevage terrestre en recirculation, mais avec un engraissement des poissons en cages marines juste avant la mise en marché du produit.

Par conséquent, les auteurs recommandent fortement qu'une évaluation complète des faisabilités environnementale, biologique, technique et socio-économique d'un élevage piscicole en cages marines soit faite avant d'entreprendre le début des opérations sur un site donné. Plus précisément, un suivi de la température, de la salinité, de l'oxygène et une évaluation du courant, des vagues et de la nature des sédiments devraient être effectués aux sites potentiels et ce, pendant au moins une saison complète. Le potentiel d'oxydo-réduction des sédiments devrait aussi être connu. Les auteurs recommandent également de vérifier les coûts versus les bénéfices potentiels de l'élevage piscicole en cages pour une région éloignée comme la Basse Côte-Nord. Finalement, pour les futurs projets similaires à celui-ci, il est fortement recommandé d'utiliser la grille de critères (plus de 30 critères) pour la sélection d'un site d'élevage piscicole en cages (Annexe 2). Très souvent, ces critères ne sont pas pris en considération lors du choix d'un site d'élevage. Le choix d'un site peu très souvent faire la différence entre un projet viable ou un échec financier (Robin Turner de Seawork International, Marine Consultants & Contractors, communication personnelle 2002).

## Références

- Anonyme (1993). Essai de stabulation de courte durée de homards de taille commerciale en milieu naturel. Rapport technique Rapport final No. 758, Les Homards St-Augustin inc.
- Beveridge M.C. (1987). Cage aquaculture. Fishing News Book Ltd, Farnham, England.
- Bilodeau L. (1992). Etude de faisabilité d'engraissement de morue dans la région de Old Fort Bay (Basse Côte-Nord). Programme d'essai et d'expérimentation halieutiques et aquicoles Rapport final, No. 728, En collaboration avec le Centre Spécialisé des Pêches.
- Chaumel J., Blouin N. & Pinsonnault F. (1993). Développement de la culture des moules en basse Côte-Nord à partir de moules bleues cueillies sur des bancs naturels. Rapport technique Rapport final No. 702, Moules d'élevage St-Augustin.
- Dickie L. & Trites R. (1983). The Gulf of St. Lawrence. *Dans Ecosystems of the world*, 26 : Estuaries and semi-enclosed seas, p. 403–425. Elsevier Science Publications, Amsterdam.
- Elliot J. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. *Dans A. Pickering*, rédacteur, Stress and fish, p. 209–245. Academic Press, Toronto.
- Gaudet M. & Côté J. (1995). Bilan des activités aquicoles du pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) en 1994 dans la Baie Jacques-Cartier sur la Basse Côte-Nord et proposition d'un scénario d'élevage par ensemencement. Document de recherche : 95/09, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- Gaudreault J. & Lafleur P. (1990a). Elevage expérimental du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans la Baie de Gaspé en 1985 et 1986 et essai d'élevage en bassins intérieurs pendant la période hivernale. Rapport technique Document de Recherche 89/18, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- Gaudreault J. & Lafleur P. (1990b). Essai pilote de production de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en parc flottant et en bassin terrestre dans la Baie des Chaleurs. Rapport technique Document recherche : 89/19, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- Gharbi R. & Milot L. (2000). Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec. Guide publication G004, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction générale des pêches et de l'aquaculture commerciale.
- Hopkins J.S. (1996). Aquaculture sustainability : avoiding the pitfalls of the green revolution. *World Aquaculture*, 27(2) :13–15.
- Jobling M. (1988). A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture*, 70 :1–19.
- Koutitonsky V. & Bugden G. (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*, rédacteur, The Gulf of St-Lawrence : small ocean or big estuary ?, tome 113, p. 57–90. Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Sciences.
- Koutitonsky V., Desrosiers G., Pelletier E., Zakardjian B., Ouellet L., de Montety L., Guyondet T., Leblanc S. & Desmeules G. (2001). Etudes hydrodynamique, sédimentologique, et



- benthique pour le choix de sites de mariculture d'omble de fontaine dans la Baie de Gaspé. Rapport de recherche Ihe-01-1, Institut des Sciences de la Mer de Rimouski.
- Le Francois N., Lemieux H. & Blier P. (2002). Biological and technical evaluation of the potential of marine and anadromous fish species for cold-water mariculture. *Aquaculture Research*, **33** :95–108.
- Mazeaud M. & Mazeaud F. (1981). Adrenergic responses to stress in fish. *Dans* A. Pickering, rédacteur, *Stress and fish*, p. 49–75. Academic Press, Toronto.
- Naylor R.L., Goldberg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. & Troell M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, **405** :1017–1024.
- New M.B. (1999). Global aquaculture : current trends and challenges for the 21<sup>st</sup> century. *World Aquaculture*, **March 1999** :8–78.
- New Brunswick Department of Fisheries and Aquaculture (1993). Guidelines for determining the size and production levels for marine aquaculture sites in the Bay of Fundy. Aquaculture Division.
- North Atlantic Salmon Conservation Organisation (1994). Amendments of the protocols for the introduction and transfer of salmonids. Nac(94)14, North American Commission.
- Pennell W. (1992). Site Selection Handbook : British Columbia Salmon Farming Manual. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Aquaculture and Commercial Fisheries Branch.
- Scott W. & Scott M. (1988). Atlantic fishes of Canada. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences No. 219.
- Sigismondi L. & Weber L. (1988). Changes in avoidance response time of juvenile chinook salmon exposed to multiple acute handling stresses. *Transactions of the American Fisheries Society*, **177** :196–201.
- Wedemeyer G. & McLeay D. (1981). Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. *Dans* A. Pickering, rédacteur, *Stress and fish*, p. 247–275. Academic Press, Toronto.
- Wildish D., Akagi H., N. H. & Hargrave B. (1999). A recommended method for monitoring sediments to detect organic enrichment from mariculture in the Bay of Fundy. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, **No. 2286**.

**Annexe 1.**  
**Liste des personnes ressources**

No.	Nom	Titre	Organisation	Adresse	Téléphone	Télexcopieur	Siteweb/Courriel
1	Nicolas Roy	Coordonnateur (Géomorphologie)	Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire	9, place La Salle, local 101, Baie-Comeau (QC), G42 1J8	(418) 296-0404		zipnord@lobetrotter.net
2	Hans Frederick Ellefsen	Biologiste	Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire	9, place La Salle, local 101, Baie-Comeau (QC), G42 1J8	(418) 296-0404		zipnord@lobetrotter.net
3	James Fong	Promoteur d'élevage de l'omble chevalier en bassins	Pisciculture Côte-Nord Inc.	649, Route 138, Ragueneau (QC), G0H 1S0	(418) 295-0237		fongj@lobetrotter.net
4	Roland Michaud	Promoteur d'élevage de l'omble chevalier en bassins	Pisciculture Côte-Nord Inc.	649, Route 138, Ragueneau (QC), G0H 1S0	(418) 567-8782		
5	Sébastien Dupuis	Technicien aquicole et halieutique	MAPAQ	466, rue Arnaud, Sept-Îles (QC), G4R 3B1	(418) 964-8521	(418) 964-8744	sebastien.dupuis@arg.gouv.qc.ca
6	Isabel Calderon	Biologiste	Comité ZIP Côte-Nord du Golfe	350, rue Smith, Bureau 220, C.P. 340, Sept-Îles (QC), G4R 4K6	(418) 962-5661	(418) 962-7713	cali@bbsi.net
7	Marc Otis	Directeur	Comité ZIP Côte-Nord du Golfe	350, rue Smith, Bureau 220, C.P. 340, Sept-Îles (QC), G4R 4K6	(418) 962-5661	(418) 962-7713	www.zipcote-nord.qc.ca
8	John Doyle	Promoteur d'élevage de morue ou flétan	Saint-Laurent Export Inc.	848, Anticoste, Havre Saint-Pierre (QC), G4R 4K6	(418) 538-1773		johndoyle@lobetrotter.net
9	Gratien Picard	Promoteur de pétoncles	Pêcherie Picard Inc.		(418) 538-1310		
10	Stéphane Blanchet	Agent de développement aquicole et crustacicole	CRD Côte-Nord	466, rue Arnaud, Sept-Îles (QC), G4R 3B1	(418) 964-8521	(418) 964-8744	stephane.blanchet@cogable.ca
11	Frank Collier	Coordonnateur scientifique	Regroupement des Associations des Pêcheurs de la Basse Côte-Nord	C.P. 140, La Tabatière (QC), G0C 1T0	(418) 773-2221	(418) 773-2626	collierf@lobetrotter.net
12	Jackie McKimmon	Biologiste	Regroupement des Associations des Pêcheurs de la Basse Côte-Nord	C.P. 140, La Tabatière (QC), G0C 1T0	(418) 773-2221	(418) 773-2626	mckimmonj@lobetrotter.net
13	Lawrence Bilodeau	Promoteur d'élevage en cages de morue		P.O. Box 7, Old Ford Bay (QC), G0C 2G0	(418) 379-2062		
14	Dr Vladimir Koutounski	Océanographe physique	Institut des Sciences de la Mer de Rimouski (ISMER)	310, Allée des Ursulines, Rimouski (QC), G5L 3A1	(418) 723-1986	(418) 724-1842	vkg@uqar.qc.ca
15	Dr John Himmelman	Spécialiste de la faune benthique	Université Laval		1763		

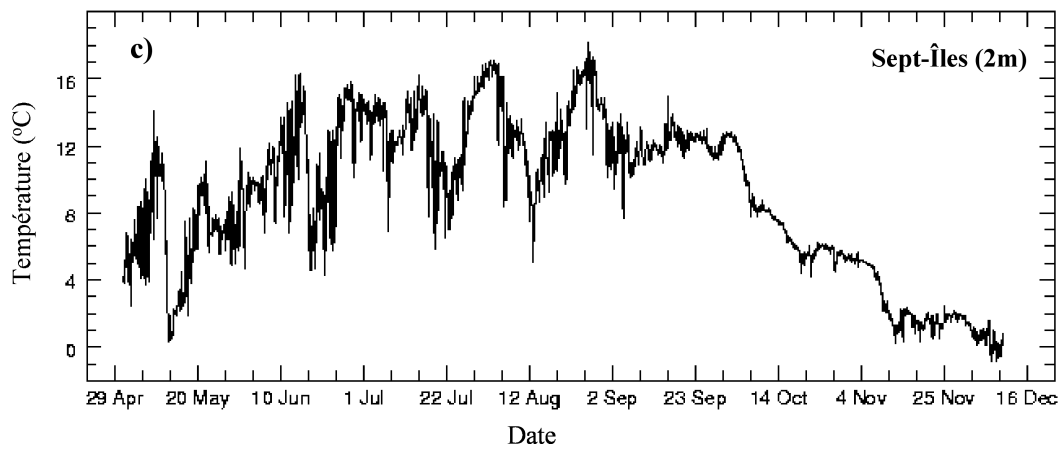
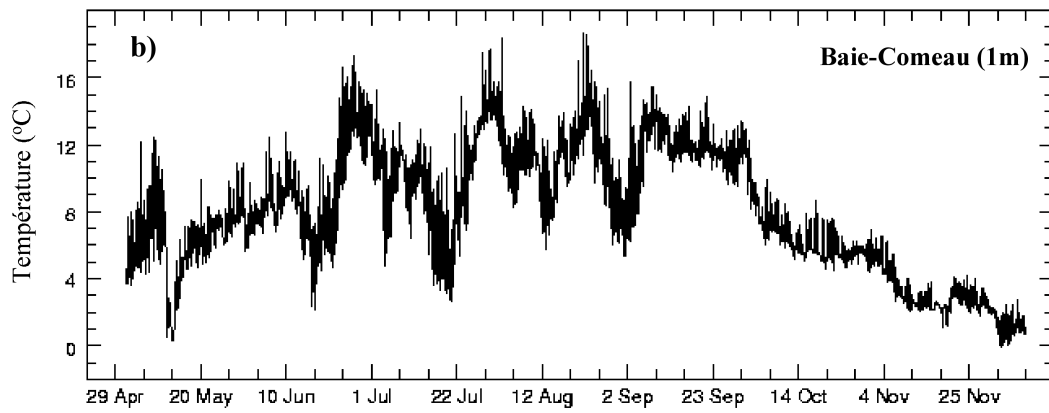
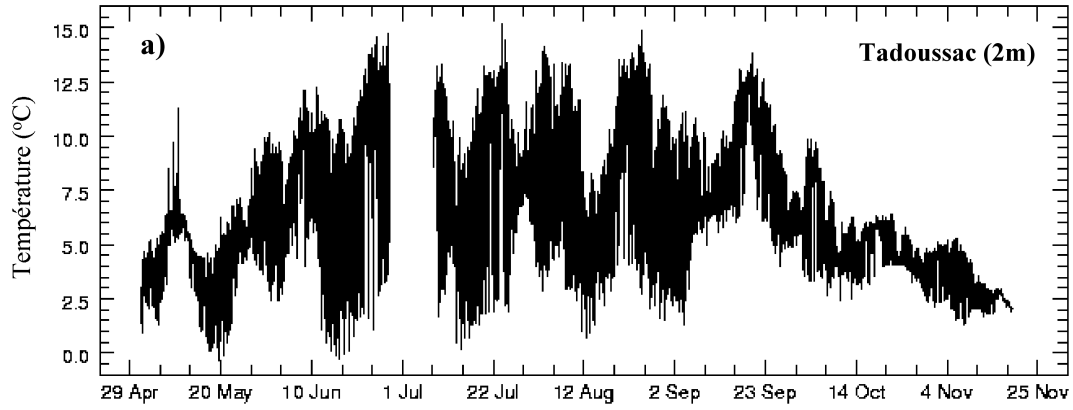
No.	Nom	Titre	Organisation	Adresse	Téléphone	Poste	Télécopieur	Siteweb/Courriel
16	Dr Nathalie Le François	Chercheur en biologie	Centre Aquacole Marin de Grande-Rivière	6, rue du Parc, Grande-Rivière (QC) G0C 1V0	(418) 385-2251 222			nathalie.le.francois@globetrotter.net
17	Benoit Thomas	Biologiste	Centre Aquacole Marin de Grande-Rivière	6, rue du Parc, Grande-Rivière (QC) G0C 1V0	(418) 385-2251			m.larivee@cgaspesie.qc.ca
18	Michel Larrivée	Biologiste/Professeur	Centre Spécialisé des Pêches de Grande-Rivière	167, La Grande Allée Est, C.P. 220, Grande-Rivière (QC) G0C 1V0	(418) 308-2241			j.abrown@mum.ca
19	Dr Joe Brown	Chercheur en biologie	Ocean Sciences Centre, Memorial University of Newfoundland	St-John's (NF), A1C 5S7	(709) 737-3252			chendry@gov.nf.ca
20	Chris Hendry	Marine Fish Aquaculturist	Department of Fisheries and Aquaculture, Government of Newfoundland and Labrador	P.O. Box 679, 58 Hardy Avenue, Grand Falls-Windsor (NF), A2A 2K2	(709) 292-4117			porterr@dfo-mpo.gc.ca
21	Rex Porter	Head, Salmonids Section	Sciences Oceans and Environment Branch, DFO	P.O. Box 5667, St-John's (NF), A1C 5X1	(709) 772-4409		(709) 772-3578	pettigrewb@dfo-mpo.gc.ca
22	Bernard Pettigrew	Océanographe physique	Institut Maurice-Lamontagne	850, route de la mer, Mont-Joli (QC) G5H 3Z4	(418) 775-0572		(418) 775-0546	gregoryd@mar.dfo-mpo.gc.ca
23	Doug Gregory		Data Management Services, Ocean Sciences Division	P.O. Box 1006, Dartmouth (NS), B2Y 4A2	(902) 426-8931		(902) 426-2256	robin.turner@seawork.demon.co.uk
24	Robin Turner	Président	Seawork International	'Cuan' : Monadh non Carn Arifem : Lochgilplead : Argyll PA31 8QN : Scotland : UK	+44(0)185 250 0352			etamigneau@cgaspesie.qc.ca
25	Dr Éric Tamigneaux	Professeur-chercheur	Centre Spécialisé des Pêches de Grande-Rivière	C.P. 220, Grande-Rivière (QC), G0V 1V0	(418) 385-2241 108	Poste	(418) 385-2888	
26	Yan Houde	Plongeur commercial			(418) 385-4276			
27	Alistair Struthers, M. Ag.	Aquaculture Facilities Supervisor	Centre for Aquaculture and Seafood Development	Marine Institute, P.O. Box 4920, St. John's (NF), A1C 5R3	(709) 778-0507		(709) 778-0670	alistair.struthers@mi.mum.ca
28	Carl Froude	Canadian Coast Guard	Navigable Waters Protection Program (NWPP)	P.O. Box 5667, White Hills, St. John's (NF), A1C 5X1	(709) 772-4067		(709) 772-3072	
29	Terry J. Fleet, P.Ag.	Biologiste, Évaluation de l'habitat	Division de l'environnement marin et de gestion de l'habitat, Direction des Sciences, des Océans et de l'Environnement	C.P. 5667, St. John's (NF), A1C 5X1	(709) 772-8888		(709) 772-5562	fleet@dfo-mpo.gc.ca

**Annexe 2.**  
**Grille de sélection d'un site pour l'élevage piscicole en cages**

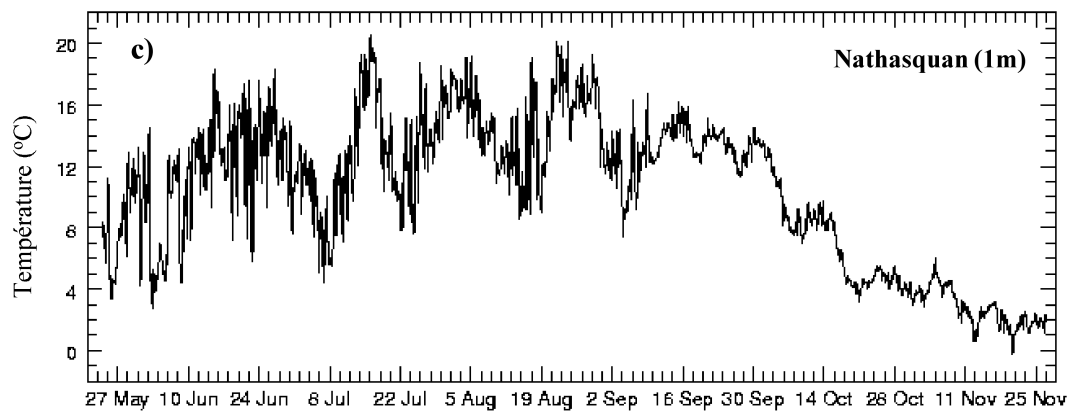
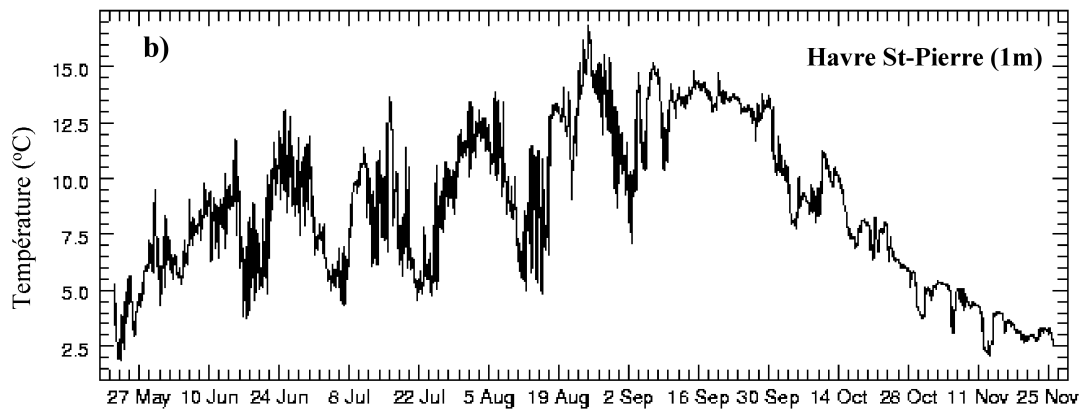
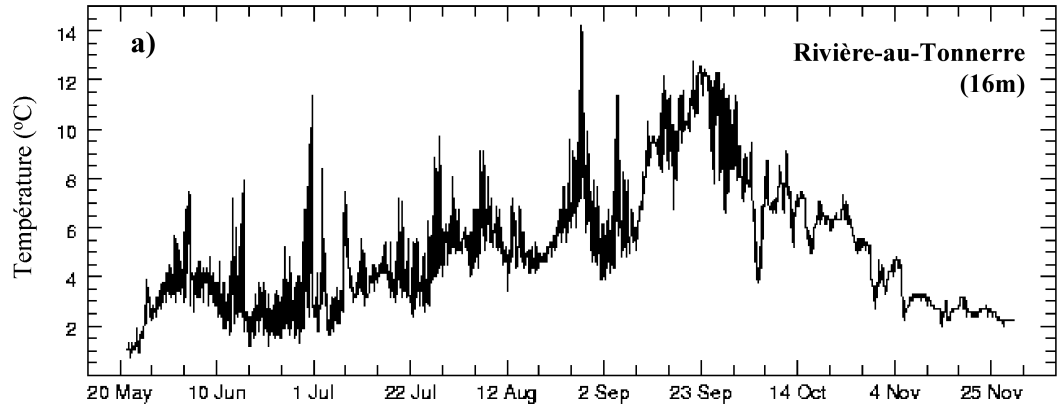
Importance*	Critères (en ordre alphabétique)
1	Accessibilité aux services d'un vétérinaire
1	Accessibilité aux sites
1	Accumulation des biosalissures qui colmatent et alourdissent les filets et bouées
1	Bathymétrie (au site d'élevage et à proximité)
1	Conditions de vagues : extrêmes, fréquence et amplitude
1	Conflits d'usage (autres sites d'aquaculture, avec pêche, tourisme, etc.)
1	Contamination chimique (agriculture et industrie) et bactériologique (égouts)
1	Disponibilité des juvéniles
1	Endroits abrités des conditions extrêmes (courants, vents, vagues)
1	Épisodes de blooms d'algues (toxiques et autres)
1	Épisodes et magnitudes de résurgence (upwelling)
1	Espèces ciblées (conditions physiologiques adéquates)
1	Fragilité des écosystèmes (zones de conservation, parcs, rivières à saumon, etc.)
1	Présence de glaces fixes ou dérivantes
1	Présence d'une voie navigable
1	Salinité (fluctuation, étendue)
1	Saturation d'oxygène (fluctuation, étendue)
1	Température (fluctuation, étendue)
2	Accessibilité des services (quai, essence, matériaux, réparations, etc.)
2	Autres caractéristiques physico-chimiques (turbidité, pH, etc.)
2	Biodiversité du benthos
2	Bloom de cténophores et méduses colmatant les filets des cages et les branchies des poissons
2	Courants (de marée, générés par le vent)
2	Cycle de production (saisonnier vs. annuel)
2	Déchets dérivants (e.g. arbres)
2	Direction et vitesse des vents (prédominants et extrêmes)
2	Disponibilité de la nourriture
2	Durée de la période de production
2	Impacts potentiels (échappements, eutrophisation, etc.)
2	Logistique (traversier, avion, transport routier)
2	Marnage (amplitude de la marée)
2	Nature des sédiments (indicateur de circulation, choix des ancrages, etc.)
2	Présence de parasites et de pathogènes sur les congénères indigènes sauvages
2	Proximité du marché
3	Choix des technologies
3	Personnel compétent à proximité
3	Potentiel de braconnage ou vandalisme
3	Potentiel de prédation sur les cages (e.g. phoques en hiver)

\* 1 : Primordial ; 2 : Important ; 3 : À considérer

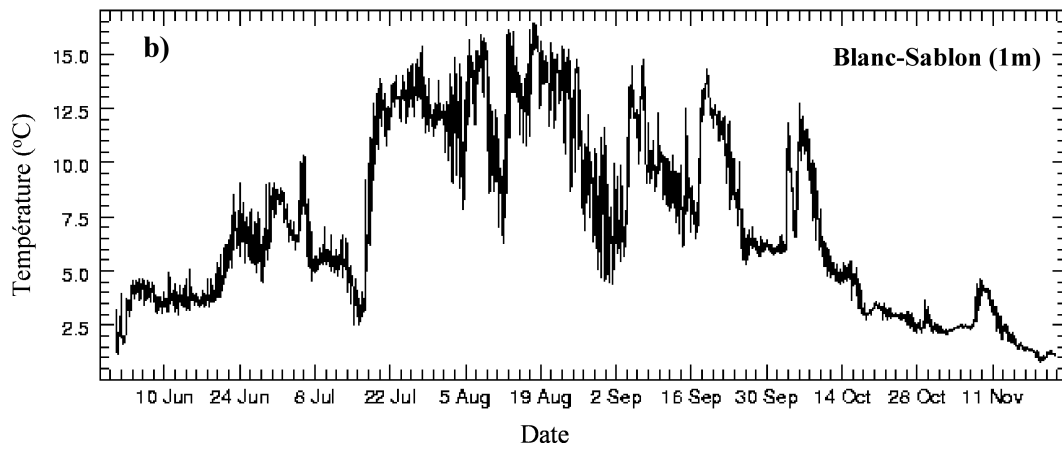
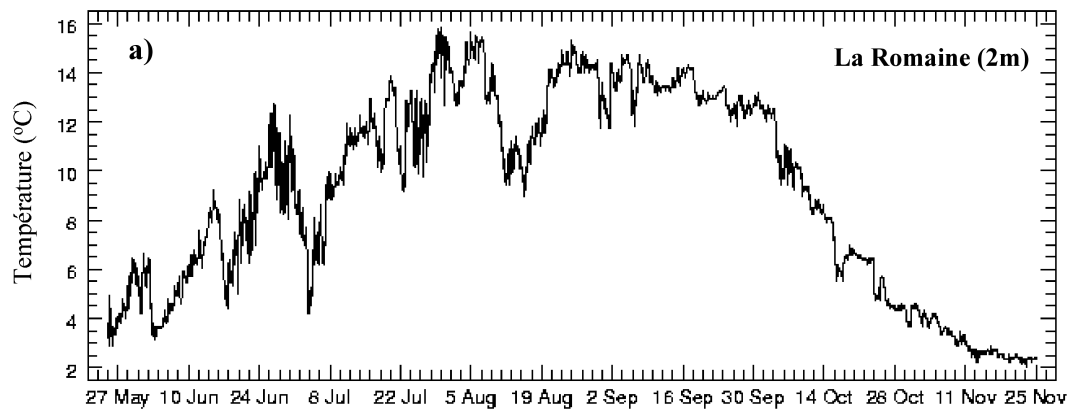
**Annexe 3.**  
**Températures instantanées**







Date



**Annexe 4.**  
**Températures mensuelles («Boxplot»)**

Provenance des données brutes : Institut Maurice-Lamontagne - Ministère des Pêches et des Océans Canada.

### Légende :

- «Boîte» : 50% des données
- Barres d'erreurs : toutes les données sauf les extrêmes (cercles)
- «Ligne» dans la boîte : médiane
- Cercle : données 1,5 fois plus grandes que la hauteur de la «boîte»

