

le naturaliste canadien

SOCIÉTÉ PROVANCHER

Volume 142, numéro 2
Été 2018

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement

NUMÉRO THÉMATIQUE :

20^e anniversaire du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : recherche, conservation et mise en valeur



Au sommaire

- *HISTOIRE ET ÉVOLUTION D'UNE AIRE MARINE PROTÉGÉE UNIQUE*
- *CIRCULATION DES MASSES D'EAU DU FJORD DU SAGUENAY*
- *OISEAUX MARINS NICHEURS, SAUVAGINE ET MAMMIFÈRES MARINS*
- *ACTIVITÉS D'OBSERVATION EN MER ET PÊCHE RÉCRÉATIVE HIVERNALE*
- *OUTILS DE GESTION ET SUIVI DES ACTIVITÉS DANS LE PARC MARIN*

LE MOT DES RÉDACTEURS AD HOC

Numéro thématique : 20^e anniversaire du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : recherche, conservation et mise en valeur

Émilien Pelletier et Pascal Sirois

HISTOIRE

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : création et gestion participative inédite au Canada

On retrace les étapes menant à l'établissement du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : étude de la faisabilité de créer un parc à l'embouchure du Saguenay dans les années 1970, négociations intergouvernementales et consultations publiques des années 1990 et, enfin, adoption des lois miroirs canadienne et québécoise. Encore aujourd'hui, les collectivités locales accompagnent la démarche de protection et de mise en valeur du parc marin.

Bernard Maltais et Émilien Pelletier

HOMMAGE

Hommage à Jules Dufour, professeur, chercheur et humaniste (1941-2017)

Émilien Pelletier

ARCHÉOLOGIE

Sept millénaires de navigation sur la rivière Pitchitaouichetz (Saguenay). Sommaire des connaissances archéologiques du fjord du Saguenay

Il y a de cela 7 à 8 millénaires, un petit groupe de chasseurs pénétrait pour la première fois à l'intérieur d'un fjord du Saguenay encore plus majestueux qu'il ne l'est de nos jours. Cette visite fut suivie par plusieurs autres, ayant toujours comme objet l'exploitation des ressources animales, jusqu'à l'arrivée des premiers Européens à Tadoussac.

Érik Langevin et Noémie Plourde

OCÉANOGRAPHIE

Circulation et renouvellement des masses d'eau du fjord du Saguenay

L'examen de la circulation de renouvellement des eaux du fjord du Saguenay confirme le faible temps de résidence de ces eaux. La salinité des eaux de l'estuaire qui franchissent le premier seuil détermine la profondeur du renouvellement qui s'en suit. La covariation avec la salinité plus loin dans l'estuaire suggère une forte connectivité entre les renouvellements du fjord et la circulation de l'estuaire.

Peter S. Galbraith, Daniel Bourgault et Mélyny Belzile

ORNITHOLOGIE

Les oiseaux marins nicheurs dans l'aire de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

47

Mieux connu pour sa fréquentation par les grands mammifères marins, le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent accueille aussi d'importantes concentrations d'oiseaux de mer, dont certaines espèces qui utilisent les îles de l'estuaire pour se reproduire. Voici le portrait et les tendances de l'avifaune marine nicheuse dans l'aire de coordination du parc, d'après le suivi du Service canadien de la faune.

Jean-François Rail

Présence annuelle de la sauvagine dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

55

Selon les données du Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada, des centaines, voire des milliers de canards et d'oies fréquentent les sections de l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent sises dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Bien que certaines espèces de sauvagine ne fassent qu'y passer en migration, d'autres y restent pour plusieurs mois.

Christine Lepage

MAMMIFÈRES MARINS

Suivi des espèces ciblées par les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent de 1994 à 2017

65

Dans les années 1990, l'observation des mammifères marins à la tête du chenal Laurentien était essentiellement dirigée vers le rorqual commun. En se basant sur 24 années de suivi des activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, on constate que le rorqual commun n'occupe plus une place aussi importante qu'avant.

Cristiane C. A. Martins, Samuel Turgeon, Robert Michaud, Nadia Ménard

La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent : bilan et considérations sur les besoins de conservation

80

Les auteurs résument les principales initiatives déployées depuis 40 ans pour la conservation du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent, de même que les connaissances récentes sur son habitat estival, en considérant les besoins actuels de la population. Son rétablissement nécessitera l'accès aux proies clés et à des lieux de quiétude en été, particulièrement pour les femelles et les jeunes.

Nadia Ménard, Manuela Conversano et Samuel Turgeon

Une décennie de suivis acoustiques continus des rorquals bleus, des rorquals communs et du krill dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent de 2007 à 2017 106

Voici un exemple des nouvelles technologies mises au service de la conservation. À quel moment de l'année les rorquals bleus et les rorquals communs visitent-ils le parc marin du Saguenay Saint-Laurent? La réponse est fournie par un observatoire acoustique qui a détecté leurs infrasons en continu depuis 10 ans, en même temps qu'il a mesuré la concentration de leur nourriture, le krill.

Yvan Simard et Nathalie Roy

CONSERVATION ET GESTION

Le programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay: un effort collectif 115

La pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay est unique au Québec par son ampleur et la diversité des espèces marines qu'on y capture. Dès 1995, un programme de suivi a été mis en place avec la participation de nombreux partenaires clés afin d'assurer la conservation des ressources et le développement durable de cette activité.

Johanne Gauthier

Le système d'identification automatique (AIS), un outil pour la gestion d'aires marines protégées: revue des applications au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent 127

Une des priorités de gestion au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent est la gestion des activités de navigation afin de mitiger les effets de celles-ci sur l'environnement marin, particulièrement sur les mammifères marins. Les données AIS sur le trafic maritime y contribuent de plusieurs manières; en voici des exemples d'application.

Samuel Turgeon, Cristiane C. A. Martins, Clément Chion et Nadia Ménard

Un modèle de risque comme outil de gestion d'une aire marine protégée: l'exemple du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent 140

Le développement d'un nouveau modèle du risque relatif et son application au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent ont permis de cartographier les zones les plus à risque en période estivale, alors que les activités anthropiques sont les plus intenses et les sources de risque, les plus nombreuses (navigation commerciale, effluents municipaux et navigation de plaisance).

Nicolas Lemaire et Émilien Pelletier

Estimation de la valeur non marchande des services rendus par les écosystèmes du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent 157

Une démarche exploratoire a été testée afin d'estimer la valeur économique des services écosystémiques non marchands dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Elle combine transfert de bénéfices, transfert d'expertise et méta-analyse. Les résultats se situent dans les limites d'estimation obtenues dans d'autres situations et avec d'autres méthodes. L'article identifie aussi des pistes pour améliorer la fiabilité des résultats et la robustesse de la méthode.

Roxane Boquet et Claude Rioux

Les aires marines protégées: évolution récente et perspectives de développement 167

Des efforts soutenus de conservation des écosystèmes marins ont donné naissance à de nombreuses aires marines protégées (AMP) dans le monde. Nous examinons les approches privilégiées par l'Australie, la Californie et le Canada, puis discutons des facteurs de succès et d'échec lors de l'implantation des AMP, y compris dans le cas du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent.

Émilien Pelletier

LES LIVRES 182

VIE DE LA SOCIÉTÉ 184

SAVIEZ-VOUS QUE... 186

En page couverture: Rencontre de petits rorquals lors d'une activité d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent.

Photo: Essipit/Nelson Boisvert

Par leur soutien financier,
les amis du *Naturaliste canadien*, nos commanditaires
et les généreux bienfaiteurs de la Société Provancher
ont facilité la réalisation de ce numéro du *Naturaliste canadien*.

Qu'ils en soient tous remerciés.

La Société Provancher remercie ses généreux bienfaiteurs Année 2018

Grands partenaires (500 \$ et plus)

Roger Bélanger • Yves Lacasse • Marcel Turgeon

Amis (250 \$ à 499 \$)

Donateur Anonyme • Jean Bricault • Yvan Charpentier • Hélène Gagné • Jean Tremblay • ASGRQ

Bienfaiteurs (1 \$ à 249 \$)

Marguerite Ahern Normandeau • Daniel Auger • Annabelle Avery • Line Babin • Daniel Banville • Simon-Pierre Barrette • Cyrille Barrette • Serge Barrière • Francine Barry • Francine Beaulieu • Michelle Bédard • Yvan Bédard • Gilles Bélanger • Christine Bélanger • Noémie Bélanger • Marie Bellefeuille • Michel Belles-Isles • Eric Belzile • Suzanne Benoit • Louis Bernatchez • Marie-Andrée Bernier • Annie Bérubé • Diane Bérubé • Martin Bilodeau • Damien Blais • Dereck Blouin-Perry • Élisabeth Bossert • Yvon Bouchard • Francis Boudreau • Jean Boulva • Jean-Denis Brisson • Pierre Campagna • Michel Cantin • Solange Cantin • Léonie Carignan-Guillemette • François Caron • Benoît Caron • Martin Castonguay • Monique Charest • Richard Chartier • Réjean Chayer • Guy Chouinard • André Clermont • Conrad Cloutier • Bernard Colinet • Christian Corbeil • Lina Corriveau • Jean-Marc Cossette • Vivianne Coudé • Réhaume Courtois • Pierre Couture • Michel Crête • Robert Croteau • Michel Dagenais • Philippe Dancause • Natalie D'astous • Pierre De Rainville • Conrad Delisle • Andréanne Demers • Jean Dery • Anne Déry • Louise Desautels • Renée Desautels • Josianne Desloges • Micheline Desmartis • Marc Doré • Bruno Drolet • Roger Duchesneau • Jacqueline Dumais • Gilbert Dumas • Francine Dumont • Luc Durocher • Jean-Denis Dutil • Louise Falcon • Madeleine Fontaine • Louise Fortin • J. André Fortin • Gilles Gaboury • François Gagné • Chantal Gagné • Raynald Gagnon • Nicole Gagnon • Pierre Gascon • Lise Gauvin • Denis Germain • Denis Gervais • Jean-Roch Giguère • Claudette Girard • Michel Giroux • Paul Gobeil • Guy Gosselin • Marie Grenon • Suzanne Grondin • Jean Hamann • François Hamel • Éric Yves Harvey • Jean Huot • Michel Huot • Mélanie Jalbert • Richard Jones • Bert Klein • Marianne Kugler • Johane La Rochelle • Maud Laberge • Diane Laberge • Michel Laflamme • Marcel Laflleur • Anne-Marie Lafond • André Laforce • Judith Laforest • Langis Lagacé • Pierre Laliberté • Suzanne Lamy • Gaétan Langlois • Cécile Laperrière • Monique Lapointe • Pierre Laporte • Michel Laramée • Maude Larsen • Héloïse Le Goff • Pierre Leduc • Jacques Lemieux • Michel Lepage • Daniel Lepage • Hélène Lévesque • Alain Lizotte • Marc Ludvik • Luc Major • Pierre Marcoux • Sophie Martel • Guy Massicotte • Donna Mcewen • Marthe B. Mercier • Natalie Michaud • Laurence Molinas • Kevin Moore • Paule Morin • Pierre Morisset • Serge Olivier • Réginald Ouellet • Denis Ouellet • Jocelyne Ouellet • Denis Paquette • Serge Parent • Robert Patenaude • Mario Picard • Lise Pilote • Jean Piuz • Berthier Plante • François Potvin • Yvan Pouliot • Gilles Racette • Pierre Rainville • Arne Rasmussen • Martine Raymond • Michel Renaud • Claude Rheault • François Richard • Pierre J.H. Richard • Odette Roy • Stéphane Roy • Émilie Saulnier-Talbot • Benoît Sénécal • Claude Simard • Annie Simard • Antoine St-Louis • Marco St-Pierre • François Tellier • Francine Thibault • Denise Thibault • Julie Touchette • Marie Chantale Tremblay • Marie-France Turcotte • Lucie Vézina • Georges Viel • Jacques Villeneuve • Michel Wapler



Société
Provancher

Président

Daniel St-Onge

1^{re} Vice-présidente

Élisabeth Bossert

2^e Vice-président

Jean Tremblay

Secrétaire

Michel Lepage

Trésorier

D. St-Onge int.

Administrateurs

Christine Bélanger

Guy Chouinard

Réhaume Courtois

Robert Patenaude

le naturaliste
canadien

Bureau de direction

Hugo Cayuela

Bruno Drolet

Jean Hamann

Claude Lavoie

Michel Lepage

Isabelle Simard

Denise Tousignant

Équipe éditoriale

Denise Tousignant,

éditrice en chef

Émilien Pelletier

Pascal Sirois

éditeurs ad hoc

Yan Boucher

François Brassard

Marc-Antoine Couillard

Mathieu Cusson

Christian Hébert

Patrick Lajeunesse

Marc Mazerolle

Stéphanie Pellerin

Isabelle Simard

Junior Tremblay

Révision linguistique

Daniel Banville

Agathe Cimon

Doris Cooper

Andrew Coughlan

Pierre Périnet

Correction des épreuves

Camille Rousseau

Impression et reliure

Marquis Imprimeur inc.

COMMUNICATIONS
science
impact



Communications

Science-Impact

930, rue Pouliot

Québec (Québec)

G1V 3N9

418 651-3885

Le Naturaliste canadien est recensé par Repères, Cambridge Scientific Abstracts et Zoological Records. La version numérique est disponible sur la plateforme Érudit.

Droits d'auteur et droits de reproduction

Toutes les demandes de reproduction doivent être acheminées à : Copibec (reproduction papier) 514 288-1664 – 1 800 717-2022 licences@copibec.qc.ca

Dépôt légal 2^e trimestre 2018

Bibliothèque nationale du Québec

© La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada 2018

Bibliothèque nationale du Canada

ISSN 0028-0798 (Imprimé)

ISSN 1929-3208 (En ligne)

Imprimé sur du papier
100% recyclé



Fondée en 1868 par Léon Provancher, la revue *Le Naturaliste canadien* est devenue en 1994 la publication officielle de la Société Provancher, après que le titre ait été cédé à celle-ci par l'Université Laval.

Fondée en 1919, la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada est un organisme sans but lucratif dont la mission est de contribuer à la conservation de la nature. Ses principaux axes d'intervention sont la protection et la gestion de milieux naturels, l'éducation et la diffusion des connaissances dans le domaine des sciences naturelles.

Comme publication officielle de la Société Provancher, *Le Naturaliste canadien* entend donner une information de caractère scientifique et pratique, accessible à un large public, sur les sciences naturelles, l'environnement et la conservation.

La reproduction totale ou partielle des articles de la revue *Le Naturaliste canadien* est autorisée à la condition d'en mentionner la source. Les auteurs sont seuls responsables de leurs textes.

Les personnes ou les organismes qui désirent recevoir la revue peuvent devenir membres de la Société Provancher ou souscrire un abonnement auprès de EBSCO. Tél. : 1 800 361-7322

Publication semestrielle

Toute correspondance doit être adressée à :

Société Provancher

c.p. 1335, Portneuf QC G0A 2Y0

Téléphone : 418 554-8636

Courriel : societeprovancher@provancher.org

Site Web : www.provancher.org



Société
Provancher

Numéro thématique: 20^e anniversaire du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent: recherche, conservation et mise en valeur

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a 20 ans et nous en sommes très fiers. Bien avant la création officielle du parc en 1998, les scientifiques de tous les domaines ont reconnu l'unicité et la grande richesse du patrimoine naturel, historique et culturel du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent. Par ce numéro thématique du *Naturaliste canadien*, nous avons voulu partager les connaissances acquises au sein du parc marin au cours des deux dernières décennies et soulever quelques-unes des grandes questions qui préoccupent notre société quant à la conservation et à la protection des aires marines au Canada et ailleurs dans le monde.

Ce numéro thématique est le résultat d'un immense effort de rédaction de plus de 20 auteurs qui ont consacré leur temps et leur énergie à produire des documents scientifiques répondant aux plus hauts standards de qualité. Tous ces chercheurs réputés, issus des milieux gouvernementaux et universitaires, ont tenu à partager avec un large public le fruit de leurs travaux et de leurs découvertes les plus récentes.

Ce numéro thématique vous propose 13 articles scientifiques portant sur des sujets de recherche aussi diversifiés que la circulation des eaux dans le fjord du Saguenay, la pêche récréative hivernale aux poissons de fond, la distribution et l'écologie de la sauvagine et des oiseaux marins nicheurs dans le parc marin ainsi que les suivis acoustiques des rorquals et de leurs proies à l'embouchure du Saguenay. Sous les thèmes de la conservation et de la mise en valeur, des articles présentent tour à tour un modèle de risques pour l'évaluation des facteurs de stress environnementaux, un système d'identification automatique devenu essentiel pour la gestion des activités de navigation dans une aire marine protégée et une analyse sur plus de 20 ans des déplacements des mammifères marins ciblés par les activités d'observation en mer dans le parc marin. Les chercheurs du parc marin ont établi un bilan de la protection des habitats de la population de bélugas du Saint-Laurent au cours des 30 dernières années, et ils ont comparé les initiatives de plusieurs pays, y compris le Canada, quant à l'établissement et la gestion des aires marines protégées. Du côté des sciences économiques, vous trouverez une estimation de la valeur non marchande des services rendus par les écosystèmes du parc marin. Enfin, l'histoire n'est pas oubliée, avec un sommaire des connaissances archéologiques du fjord du Saguenay ainsi que le récit de la petite histoire de la création du parc et de son évolution récente relatées par les témoins de ces événements. Nous rendons aussi un hommage spécial à l'un des pionniers de la conservation et de la mise en valeur de notre patrimoine environnemental au Québec.

Nous souhaitons remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à ce numéro thématique, tout particulièrement les auteurs, sans qui rien n'aurait été possible, les experts externes, pour la révision scientifique des manuscrits, et la formidable équipe du *Naturaliste canadien*, pour tout le travail éditorial, la révision linguistique et la correction des épreuves.

En espérant que vous, chers lecteurs, puissiez y trouver une source d'information scientifique à la hauteur de vos attentes et matière à réflexion sur la mise en valeur et la conservation de notre parc marin, nous vous souhaitons une très bonne lecture.

Émilien Pelletier
Institut des sciences de la mer
de Rimouski, UQAR

Pascal Sirois,
Chaire de recherche sur les espèces
aquatiques exploitées, UQAC

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : création et gestion participative inédite au Canada

Bernard Maltais et Émilien Pelletier

Résumé

La création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a été le résultat d'un long et parfois difficile processus impliquant au premier chef les communautés locales, les intervenants régionaux, les communautés autochtones ainsi que les gouvernements du Québec et du Canada. Ce texte retrace les premières propositions d'un parc de conservation au Saguenay, les implications citoyennes pour la protection de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*), les négociations intergouvernementales, les consultations publiques sur les limites du parc et l'adoption des lois miroirs menant à l'établissement du parc marin sur une superficie de 1245 km², un territoire couvrant la plus grande partie du fjord du Saguenay et la moitié nord de l'estuaire du Saint-Laurent, entre Gros cap à l'Aigle et Les Escoumins. Ce qui apparaissait comme une utopie au début des années 1970 est devenu, 45 ans plus tard, une réalité bien tangible contribuant efficacement à la conservation d'une vaste zone marine fortement anthropisée, mais bénéficiant d'un appui toujours renouvelé des communautés locales et des instances politiques.

MOTS CLÉS : consultation publique, entente Québec-Canada, gestion participative, habitat du béluga, parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Abstract

The creation of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park (Québec, Canada) was the result of a long and sometimes difficult process involving local communities and regional stakeholders, Aboriginal communities, and the governments of Québec and Canada. This paper describes the very first proposals for a conservation park in the Saguenay region; citizen involvement in the protection of the beluga whale (*Delphinapterus leucas*) population; inter-governmental negotiations; public consultations on the territorial limits of the park; and the adoption of mirror laws leading to the establishment of a marine park with a total area of 1245 km². This park covers a large part of the Saguenay Fjord and the northern section of the St. Lawrence Estuary between Gros cap à l'Aigle and Les Escoumins. Constantly renewed support from local communities and political bodies has meant that what was seen as a utopia in the early 1970s, has become, 45 years later, a tangible reality, contributing to the conservation of a large and highly disturbed marine area.

KEYWORDS: beluga habitat, participatory management, public hearing, Québec-Canada agreement, Saguenay–St. Lawrence Marine Park

Introduction

L'utopie écologiste du parc marin du Saguenay! Tout s'y opposait : des politiques gouvernementales divergentes, des concepts de conservation et de gestion mises au point et appliquées aux écosystèmes terrestres inadaptés aux écosystèmes marins, des régions touristiques en concurrence, des intérêts discordants, un milieu contaminé à pronostic sombre, une espèce marine menacée, etc.

Dans un tel contexte, la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) s'est avérée fort longue et complexe. Les propositions de parcs visant la protection des ressources au Saguenay furent nombreuses. Ainsi, deux propositions de parcs terrestres, l'une de juridiction fédérale, puis une autre de juridiction provinciale, s'étendant sur les deux rives du fjord du Saguenay devinrent peu à peu complémentaires plutôt que concurrentes. En effet, elles permettront, en fin de compte, l'intervention du gouvernement du Québec en territoire terrestre et inciteront le gouvernement du Canada à créer un parc essentiellement marin, incluant

Bernard Maltais a œuvré au sein de Parcs Canada pendant une vingtaine d'années. Il a notamment travaillé à l'élaboration de la politique sur les parcs marins nationaux du Canada. Il a été le représentant de Parcs Canada à la table de négociations sur l'entente fédérale-provinciale conduisant à la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Il en devint le premier directeur et fut notamment chargé d'en établir le bureau administratif à Tadoussac, de mettre en œuvre le programme de consultations publiques sur les limites du parc et de commencer l'élaboration du plan directeur.

Émilien Pelletier, professeur associé à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (Université du Québec à Rimouski) a mené de multiples travaux de recherche sur la qualité des eaux et des sédiments du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent, ainsi que sur l'état de santé des écosystèmes du parc marin. Il préside le Comité de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent depuis septembre 2010.

emilien_pelletier@uqar.ca

le fjord et une partie de l'estuaire du Saint-Laurent. Cette collaboration fédérale-provinciale s'est édifée grâce à l'intérêt public envers l'observation et la conservation du béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent, à l'émergence d'une industrie touristique offrant des croisières sur l'estuaire, aux recherches scientifiques sur la population du béluga et de son habitat, de même qu'à la désignation du béluga par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) (autrefois le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada) comme étant une espèce « en voie de disparition » en avril 1983 et un renouvellement de ce statut en avril 1997. De plus, on doit reconnaître la contribution des environmentalistes qui se sont alarmés du caractère diffus de la pollution venant de l'amont, des usages intensifs du milieu par les utilisateurs (chasseurs, pêcheurs, bateliers, plaisanciers, pilotes du Saint-Laurent) et des tergiversations tant politiques que juridiques des gouvernements. Enfin, la mise sur pied d'une coalition visant l'établissement d'un consensus interrégional légitimera une approche collaborative permettant, après plus de 2 décennies, d'ordonner l'écheveau des antinomies. C'est grâce aux concepteurs de ce projet — qui ont su être à l'écoute de l'ensemble des intervenants et qui n'ont pas hésité à sortir des sentiers battus — que le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a pu voir le jour, créant ainsi un territoire de collaboration novateur en matière de gestion participative au Canada. Il répond donc aujourd'hui à l'appel de 2003 de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) signalant que « Tourism in and around

protected areas must be designed as a vehicle for conservation » (Barrios et collab., 2003).

Première proposition pour un parc au Saguenay

C'est dans le cadre de l'expansion de son réseau de parcs nationaux au Québec que le gouvernement du Canada déposait, en novembre 1973, une première proposition de création d'un parc national du Canada au Saguenay. Le territoire visé couvrait une partie des rives nord et sud de la rivière Saguenay. Une première option s'étendait sur une superficie de 920 km² englobant une partie de la rivière Sainte-Marguerite alors qu'une seconde option excluait cette rivière et réduisait la superficie à 595 km² (Anonyme, 1973) (figure 1). Cependant, aucun segment du fjord du Saguenay n'était inclus dans ces propositions, bien que l'on reconnaisse que celui-ci possédait une écologie spéciale, selon certains océanographes qui l'ont appelé « une enclave biogéographie arctique » parce que la température et la salinité de l'eau y sont typiquement arctiques, tandis que la faune y est hors de son aire de répartition usuelle (Anonyme, 1973; Drainville, 1968; 1970). À noter que ce concept d'enclave arctique a fait l'objet d'une controverse chez les scientifiques étudiant le fjord du Saguenay, et qu'il est maintenant accepté que les espèces présentes à l'intérieur du fjord ne diffèrent pas sensiblement de celles présentes dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

À l'époque, il était d'usage d'assortir les propositions d'établissement de parcs nationaux d'orientations de mise en valeur. Le parc du Saguenay n'a pas fait exception à la règle.

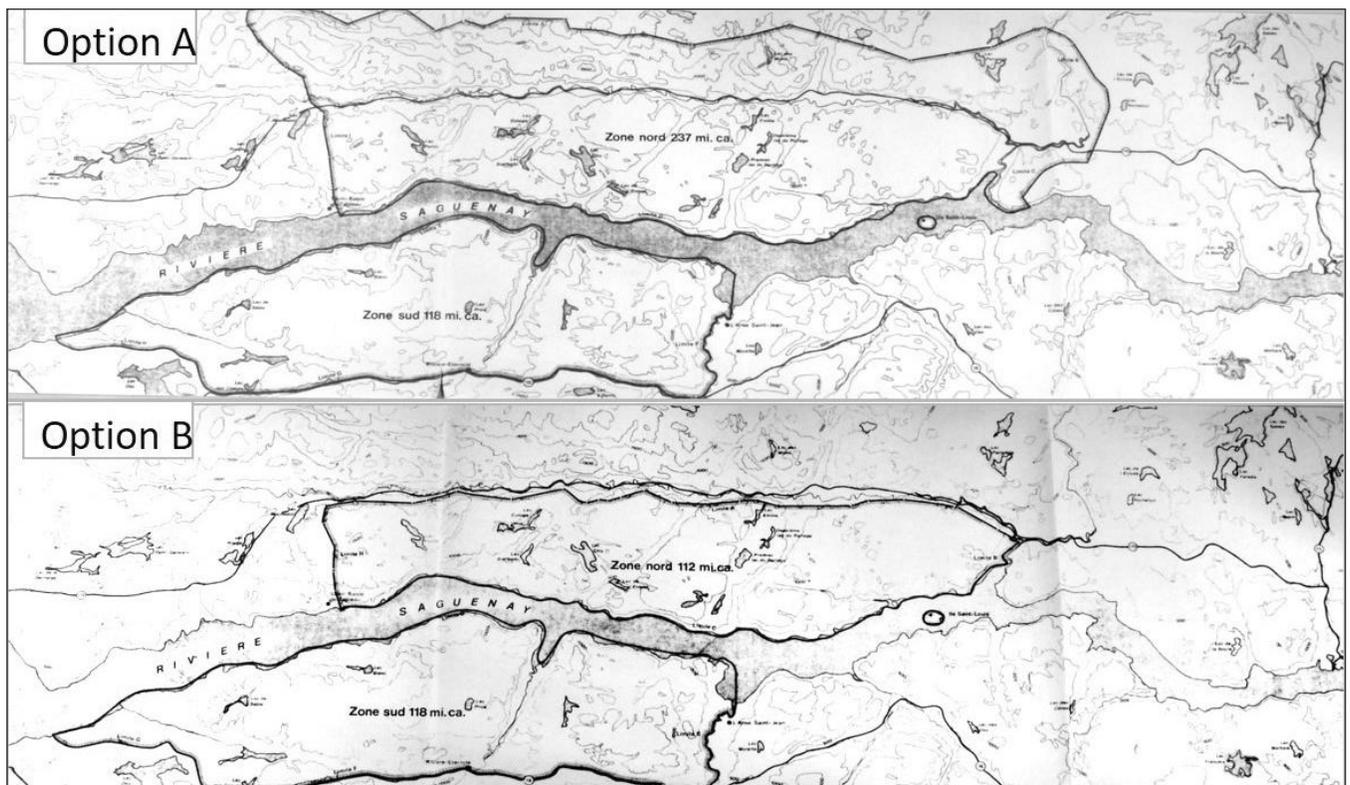


Figure 1. Les deux options proposées initialement pour un parc national au Saguenay (tiré de Anonyme, 1973).

Aux options territoriales des zones nord et sud vient s'ajouter une troisième unité commune, fort éloquente pour la suite des choses : le fjord du Saguenay. Outre l'aménagement d'équipements nautiques, d'excursions en bateaux sur le fjord, on mentionne la présence « d'attrait des plus intéressants, entre autres, les baleines à l'embouchure du Saguenay, l'interprétation des écosystèmes d'eau profonde, les marées, les couches d'eau douce et salée, etc. » (Anonyme, 1973).

Cette proposition fut complétée — comme dans le cas de toute autre proposition de création de parc national au Canada —, par une demande de transfert de l'administration et du contrôle des terres visées. C'est dans ce cadre d'une entente de transfert des terres que le parc national de la Mauricie fut créé en août 1970. La création du parc national Forillon répondait à la même exigence, mais d'une façon différente. En effet, ce parc national fut créé également en 1970, mais cette fois grâce à la signature d'une entente permettant de transférer l'administration et le contrôle des terres visées au gouvernement du Canada pour une période n'excédant pas 99 ans.

À la même époque, la Commission d'étude sur l'intégrité du territoire du Québec (1968-1972) déposait son rapport qui traitait notamment des frontières du Québec, des droits ancestraux des autochtones et des questions relatives au territoire maritime (Gouvernement du Québec, 1972). Dans la foulée de ce rapport, le Québec se dotait d'une politique visant l'intégrité de son territoire et réaffirmait l'autorité provinciale sur sa gestion, interdisant de ce fait tout transfert de l'administration des terres proposées vers l'administration fédérale.

Militantisme et développement touristique

Au plan historique, le « marsouin du Saint-Laurent » — appellation erronée du béluga, mais restée populaire auprès des pêcheurs du XIX^e siècle et jusqu'à aujourd'hui dans la langue populaire — est connu depuis la découverte du fleuve Saint-Laurent. L'explorateur Jacques Cartier note dans son journal de bord, le 2 septembre 1535, alors qu'il se prépare à quitter l'embouchure du Saguenay et à remonter vers Québec :

Le lendemain, au matin, nous fîmes voile et appareillâmes pour passer outre, et eûmes connaissance d'une sorte de poisson, lesquels il n'est mémoire d'homme d'avoir vus ni ouïs. Les dits poissons sont aussi gros que morues, sans avoir aucun estoc, et sont aussi faits par le corps et la tête à la façon d'un lévrier, blancs comme neige, sans aucune tache, et il y en a un grand nombre dans ledit fleuve, qui vivent entre la mer et l'eau douce. Les gens du pays les nomment « adothuis »; ils nous ont dit qu'ils sont forts bons à manger, et ils nous ont affirmé qu'il y en a, en tout le fleuve et pays, qu'en cet endroit. (Dumont, 1969)

La ressource naturelle que représentait la population de bélugas du Saint-Laurent a été exploitée intensivement tout au long des XVIII^e et XIX^e siècles et la première moitié du XX^e siècle pour l'huile et le cuir. La « pêche traditionnelle aux marsouins » a provoqué d'importantes fluctuations de la population de bélugas au cours des décennies successives jusqu'à une réduction radicale des captures au début du XX^e siècle (Reeves et Mitchell, 1984).

Les militants de la première heure

En 1973, la consultante Leone Pippard effectue avec Heather Malcom ses premiers travaux d'une étude comportementale de 5 ans sur les bélugas du Saint-Laurent. Captivées par cette petite baleine blanche dont la chasse ne cessa qu'en 1979, les deux biologistes ne tardent pas à constater que les scientifiques connaissaient bien peu de choses sur ce mammifère marin. Elles se préoccupèrent rapidement de l'état alarmant du troupeau, dont la taille à cette époque était estimée à 443 individus (Sergeant et Hoek, 1988), ce qui ne constituait qu'une petite fraction de la probable population d'origine. Au dépôt de ses travaux de terrain, Leone Pippard obtient en 1978 un premier contrat de Parcs Canada, puis un autre du Service canadien de la faune (Environnement Canada) pour rédiger 3 rapports techniques sur l'habitat, la répartition et la structure de la population de bélugas du Saint-Laurent (Pippard, 1985a; 1985b; Pippard et Malcolm, 1978). En 1983, elle rédigera pour le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) un rapport qui a permis au comité de désigner l'espèce avec le statut « en voie de disparition » (Pippard, 1983).

Les travaux de Leone Pippard ont provoqué un vif intérêt chez les scientifiques pour cette population de bélugas résidant beaucoup plus au sud que son aire de répartition normale dans l'Arctique canadien. Parmi ces chercheurs, plusieurs se sont penchés sur la population d'origine, les comportements et la protection de cette espèce unique détachée de la population arctique de bélugas. Dans cette foulée, le biologiste Pierre Béland fonde en 1987 l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent, un organisme privé voué à la recherche sur les effets des produits chimiques toxiques dans les écosystèmes aquatiques marins et dulcicoles. Il participe aux premiers travaux sur la population de bélugas du Saint-Laurent et les liens à faire avec les contaminants chimiques (Béland et collab., 1987). David Sergeant, biologiste à la station de biologie arctique de Pêches et Océans Canada, recense la population de bélugas du Saint-Laurent grâce à des survols aériens de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent. En 1988, il publie une mise à jour du statut de l'espèce, dont l'effectif de la population était alors estimé à environ 900 individus, soit moins de 12 % de sa population vers la fin du XIX^e siècle selon les estimations de l'époque (Michaud et Béland, 2001; MPO, 2012; Sergeant, 1986; Sergeant et Hoek, 1998). Les résultats des travaux de Leone Pippard ont également sonné l'alarme médiatique auprès du vaste public devenu sensible aux questions environnementales touchant le système Saint-Laurent. Des médias tels que les magazines Québec Science et Franc-Nord, les télédiffuseurs TVA et Radio Canada, pour n'en nommer que quelques-uns, sensibiliseront le public au déclin du troupeau de bélugas du Saint-Laurent.

La Société linnéenne du Québec à Pointe-Noire

Fondée en 1929 par l'Académie commerciale à Québec, la Société linnéenne du Québec (SLQ) s'est fixée pour but de promouvoir les sciences naturelles, l'éducation relative

à l'environnement et la conservation de la nature. Ainsi, pour diffuser son message de conservation dans la région de l'embouchure du Saguenay, la SLQ conclut une entente en 1984 avec Parcs Canada et Transports Canada pour exploiter la halte côtière de Pointe-Noire, et ce, dans la foulée de l'abandon de tels sites par Transports Canada (Savard, 1993). Ce site deviendra alors une base terrestre d'observation des bélugas et des autres mammifères marins fréquentant l'embouchure — près de 65 000 visiteurs y sont enregistrés pour la période de 1984 à 1990 — et une station de recherche utilisée par différents groupes de chercheurs de l'Université Laval et de Pêches et Océans Canada. Les différentes études menées par des chercheurs renommés, tels que David Sergeant, alimentent les naturalistes sur place, offrant ainsi des programmes d'interprétation novateurs, voire inédits, sur la population de bélugas résidant dans le fjord du Saguenay et l'estuaire maritime du Saint-Laurent. À cette époque, la SLQ possède et gère un navire d'observation des oiseaux et des baleines, le Samuel de Champlain, amarré à Rivière-du-Loup et pouvant transporter 80 passagers (Drouin, 1990).

Excursions d'observation aux baleines

Les premières croisières d'observation aux baleines à partir de la rive sud du Saint-Laurent remontent au début des années 1970 et se sont poursuivies au cours des années 1980, comme l'illustre une publicité de l'époque (figure 2). Le Gobelet d'argent, traversier entre Les Escoumins et Trois-Pistoles, offrait au départ de Trois-Pistoles des croisières d'observation aux baleines en mettant l'accent sur le béluga du Saint-Laurent. La Société linnéenne du Québec a mis en œuvre un programme d'excursions aux baleines et y a instauré le concept d'écotourisme. Cette activité s'est d'abord déroulée avec le concours des Musées nationaux et de VIA Rail Canada. Pour la première fois au Québec, une destination touristique proposait la promotion d'une activité d'observation en milieu naturel marin (Savard, 1993). Ces excursions, dont la fréquence augmente d'année en année, ont accueilli plus de 75 000 visiteurs pendant les 10 premières années d'opération et ont contribué à l'éveil des collectivités et des touristes à l'importance de préserver la petite population de bélugas du Saint-Laurent. L'écotourisme s'est ensuite propagé sur la rive nord, avec le concours des bateliers de la région de Tadoussac et des Escoumins.

Politique publique novatrice à Parcs Canada et concertation difficile entre Québec et Ottawa

Au début des années 1980, Parcs Canada amorce une vaste réflexion sur la création et la gestion des parcs marins nationaux (Anonyme, 1986; Sanguin, 1989). On y notait que les politiques applicables à la gestion des ressources et à la protection des écosystèmes marins devaient tenir compte des différences fondamentales entre les écosystèmes terrestres et marins. De plus, le partage des responsabilités et des juridictions s'appliquant au milieu marin s'avérait complexe et impliquait plusieurs lois et ministères. Force était de

Figure 2. Publicité proposant l'observation des baleines à partir du traversier Trois-Pistoles-Les Escoumins en 1984.

constater que les outils nécessaires à la gestion des activités en milieu marin que constituaient la Loi sur les Pêches (L.R.C. 1985, ch. F-14) et la Loi sur la Marine marchande (L.R.C. 1985, ch. S-9) relevaient d'autres ministères fédéraux (Pêches et Océans Canada et Transports Canada) et que ceux-ci y maintiendraient leur autorité. De plus, on comprend que les parcs marins constituent des écosystèmes ouverts, dont les limites sont difficiles à caractériser ou à définir. De plus,

plusieurs espèces d'animaux marins ont des cycles reproductifs qui les amènent à entreprendre de longues migrations annuelles. À titre d'exemple, les poissons anadromes se reproduisent bien loin de leurs aires d'alimentation en milieu marin. L'administration d'une partie de l'aire de répartition de ces espèces constitue ainsi une vision souvent utopique sur le plan de la protection des ressources marines. Autre élément important à prendre en compte au début des années 1980 : les activistes environnementaux se préoccupent grandement du potentiel de contamination découlant du transport maritime de déchets toxiques provenant des Grands Lacs et de la contamination des espèces en aval. Ce mouvement crée une pression politique favorable à la protection de territoires protégés en zones lacustre et marine.

Les propositions de création de parcs marins nationaux, comme ceux de *Fanthom Five* en Ontario, de *South Moresby* en Colombie-Britannique et du Saguenay au Québec, illustrent par ailleurs l'importance de la collaboration entre les utilisateurs d'aires marines à vocation de préservation des ressources vivantes et ceux qui influent sur son intégrité écologique par les activités qu'ils y mènent (Maltais, 1991). La nouvelle politique reconnaissait, fort à propos, que les activités de planification et de gestion menées en milieu marin et dans les parcs nationaux terrestres diffèrent. Enfin, les multiples exemples de cogestion des parcs nationaux créés en vertu d'ententes avec les Premières Nations dans le cadre des négociations des revendications territoriales globales faisaient dorénavant appel à l'inclusion de partenaires non gouvernementaux (Thibault, 2014).

Identification d'un parc national marin dans le golfe Saint-Laurent

En 1981, Parcs Canada mandatait une firme d'experts-conseils afin d'étudier la région marine du golfe Saint-Laurent, l'une des 9 régions naturelles marines du Canada, dont on désirait préserver un échantillon représentatif. Dans cette région, 4 secteurs furent alors considérés : outre le fjord du Saguenay, on portait attention aux îles de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, au secteur marin de l'archipel de Mingan et aux îles de la Madeleine (Blouin, 1982). L'auteur de ce rapport mentionne que le fjord du Saguenay se singularise par l'assemblage unique des conditions biophysiques : thermohalocline marquée, nappe superficielle chaude et peu salée flottant littéralement sur une nappe profonde, froide et très salée. Le seuil assez profond à son embouchure provoque l'apport, à chaque marnage, des eaux froides et salées du golfe Saint-Laurent vers la couche profonde qui a un caractère arctique et héberge plusieurs espèces animales rares ou absentes du reste du golfe. Ces conditions sont favorables à la présence de mammifères marins, dont le béluga, qui y établissent des aires de mise bas et des zones d'alimentation. Outre son rôle important au regard des habitats et des organismes qui s'y trouvent, le fjord du Saguenay exerce une influence sur le niveau trophique du courant de Gaspé. Ainsi, il n'y a pas de doute que le potentiel créatif d'un parc marin y soit très grand

(Blouin, 1982). Les contraintes et les potentiels de l'aire marine du Saguenay sont mentionnés et illustrés à la figure 3.

Les potentiels d'interprétation s'articulent selon deux axes majeurs, soit le fjord du Saguenay et l'estuaire du Saint-Laurent, puis les mammifères marins qui fréquentent les eaux du Saguenay jusqu'à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite. Enfin, le potentiel récréatif était considéré à l'époque comme bon pour les activités d'observation (panorama et mammifères marins), la plongée sous-marine et la navigation de plaisance. Bien que le Saguenay présente de très forts potentiels de protection, d'interprétation et de récréation de plein air en milieu marin, l'auteur Blouin émet de sérieuses réserves quant à l'intégrité des ressources naturelles, car le secteur est tributaire des apports de contaminants provenant des activités agricoles, forestières et industrielles ayant cours dans le bassin versant du Saguenay et en amont de l'estuaire du Saint-Laurent. De plus, le trafic maritime sur le Saguenay et le Saint-Laurent générerait des risques importants, non seulement en raison du nombre de mouvements de navires (plus de 8800 en 1980), mais également à cause de la nature des cargaisons qu'ils transportent (Blouin, 1982).

Difficile concertation fédérale-provinciale et création du parc Saguenay

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la politique en place à Ottawa au cours des années 1970 pour établir un parc national était assortie d'une obligation de cession du territoire par la province. Le gouvernement du Québec se porte acquéreur de terrains en vue de protéger le fjord du Saguenay au début des années 1970, mais les négociations avec Ottawa sur une première proposition de parc déposée en 1974 n'aboutissent pas. De plus, l'accession au pouvoir du Parti québécois en 1976 rend improbable toute discussion sur le partage des terrains avec le gouvernement canadien. Ce n'est qu'en mai 1982 que le projet de création du parc Saguenay refait surface. Ainsi, en échange du territoire proposé par Parcs Canada, le Québec se montre désireux de récupérer une superficie de terrain non utilisée dans les environs de l'aéroport international de Mirabel, près de Montréal. Mais, la décision de ne pas céder à Québec le territoire exproprié en trop à Mirabel en échange duquel le gouvernement fédéral aurait pu réaliser son parc retarde à nouveau la création de l'aire marine protégée. Face à l'échec de la négociation avec Ottawa, Québec décide d'agir seul. Ainsi, le 2 juin 1982, M. Lucien Lessard, alors ministre du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP), annonce l'intention de créer un parc terrestre de conservation au Bas-Saguenay sur les deux berges du fjord. C'est toutefois dans la controverse que se sont tenues des audiences publiques dès l'été 1982, à la fois sur les limites du parc et sur le contentieux Québec-Ottawa. Finalement, le « parc de conservation du Saguenay » — devenu par la suite le parc national du Fjord-du-Saguenay — est officiellement créé le 15 juin 1983, sans la contribution financière d'Ottawa. Il comprend deux longues bandes de terrain de chaque côté du fjord et s'étend de l'embouchure

du Saguenay jusqu'à l'entrée de la baie des Ha! Ha!, pour une superficie totale de 319,3 km² (Lavoie, 2016).

Entente de gestion pour Cap-de-Bon-Désir: balcon sur le fleuve

Malgré l'échec de la négociation sur la création du parc marin du Saguenay, Parcs Canada signait en 1984 une entente de collaboration avec la Société linnéenne du Québec concernant la gestion des installations excédentaires de Transports Canada à la halte côtière de Pointe-Noire. En 1988, à la suite du transfert des installations excédentaires d'aide à la navigation de Cap-de-Bon-Désir dont le phare date de 1941, Parcs Canada concluait une entente de gestion avec la Corporation touristique de Bergeronnes. La halte côtière de Cap-de-Bon-Désir accueillait cette même année plus de 11 000 visiteurs qui, depuis l'ancienne résidence du gardien de phare, pouvaient accéder aux rives du Saint-Laurent grâce à un sentier balisé d'un peu moins de 350 m. Là, sur les roches du rebord du Bouclier canadien, à une encablure au large, les visiteurs peuvent attendre l'arrivée des grands mammifères marins venus s'y alimenter. Cette halte côtière offre une expérience unique d'observation des baleines. L'activité est de type familial et n'interfère aucunement avec les activités des animaux, sur un site facilement accessible où l'observation des grands cétacés s'inscrit dans un lieu de pure détente. La Corporation propose l'assistance de guides interprètes. Ainsi

donc, les haltes côtières de Cap-de-Bon-Désir et de Pointe-Noire deviennent deux sites exceptionnels que proposent Parcs Canada pour l'observation des mammifères marins.

Questions juridiques

La Proclamation royale de 1763 définissait les frontières du Québec dans le golfe du Saint-Laurent par une ligne qui s'étend de l'embouchure de la rivière Saint-Jean sur la Côte-Nord jusqu'au cap des Rosiers en Gaspésie, en passant par l'extrémité ouest de l'île d'Anticosti (Maltais, 1987). Le territoire du parc marin se situe donc en territoire québécois. Il convient de noter cependant que le gouvernement fédéral y exerce également sa juridiction. En effet, la Loi sur les Pêches et les lois relevant du ministère des Transports donnent des pouvoirs étendus à la Couronne fédérale. La constitution canadienne de 1982 reconnaît que les pêches sont du domaine fédéral, et ce, pour toutes les espèces, y compris les poissons, les mammifères marins et les plantes marines. Cette même Loi sur les Pêches est à la base de la réglementation visant la protection de l'habitat du poisson. Le Québec s'était cependant vu déléguer l'administration de la pêche aux espèces d'eau douce et diadromes en 1922. Les lois relatives au transport maritime, quant à elles, permettent à l'autorité fédérale de gérer le transport des passagers (sécurité des navires) et des marchandises dans les eaux navigables, comme celles du Saguenay et du Saint-Laurent (Maltais, 1987).

A.N.M.I.C. : FJORD DU SAGUENAY ET SON EMBOUCHURE

Potentiels et contraintes

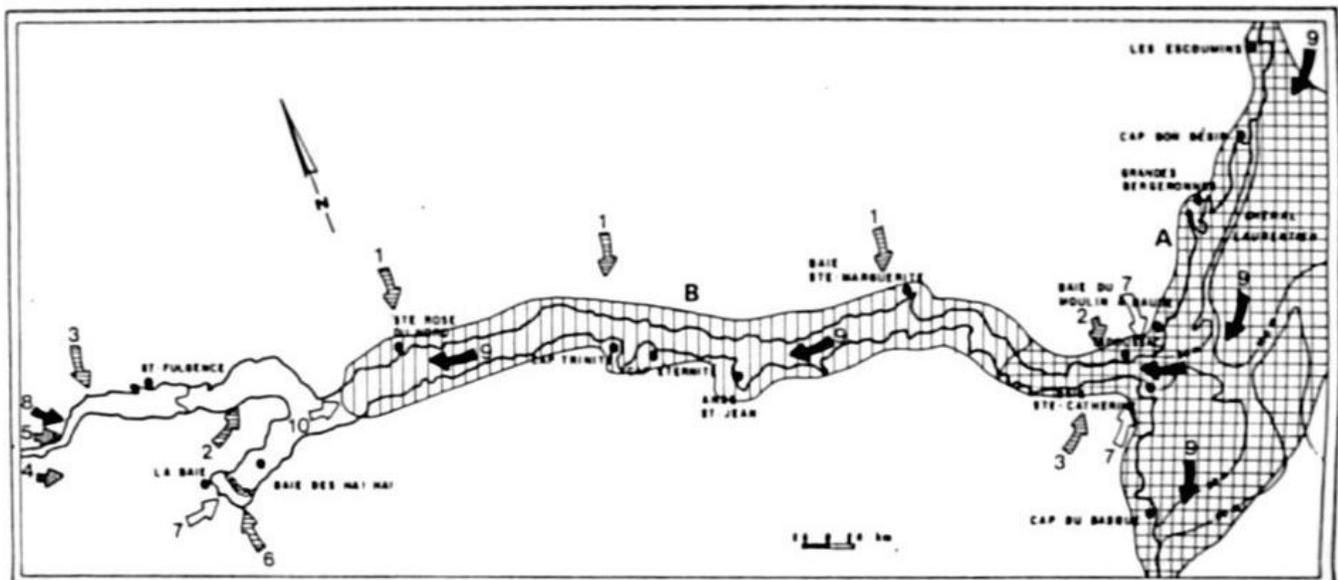


Figure 3. Les potentiels et les contraintes du fjord du Saguenay et de son embouchure. Les contraintes notées sont : 1) exploitation forestière; 2) urbanisation; 3) terres agricoles; 4) rivière à débit contrôlé; 5) usine de transformation de poissons; 6) usine de pâtes et papiers; 7) quai; 8) industrie lourde; 9) trafic maritime et 10) pêche commerciale. Les potentiels sont les facteurs océanographiques, les aires de concentrations des mammifères marins, les nombreux points d'observation et la géomorphologie des lieux. Les flèches noires indiquent un impact majeur. (tiré de Blouin, 1982)

Fatigué des tergiversations fédérales-provinciales concernant la création d'un parc marin, le représentant de l'Association touristique régionale de Charlevoix a signalé dans son allocution :

Où trouver l'énergie pour dire qu'il en est assez de ces querelles stériles et inventer un cadre de gestion opérationnel où s'associeraient les gouvernements fédéral et provincial, les gouvernements régionaux, l'entreprise privée et les groupes locaux? Qui le premier va briser ce cercle et décider de faire ce qu'il faut pour avoir un parc marin important, en établir la cogestion, lui conserver une seule image forte qui intégrerait un tout, fleuve et fjord, parc provincial du Saguenay et entreprises privées, croisiéristes, Société linnéenne du Québec à Pointe-Noire, Petit-Saguenay, Centre écologique de Port-au-Saumon, Cap-de-Bon-Désir et tant d'autres? (SCP-MLCP, 1990).

Ces propos ont été rapportés par la Société linnéenne dans son mémoire présenté à La Malbaie dans le cadre des audiences publiques sur les limites du parc (SCP-MLCP, 1990). Ils illustrent bien l'impatience des intervenants locaux face aux lenteurs administratives et aux disputes de juridiction entre ordres de gouvernement et constituent un appel pressant à la concertation régionale.

Forum international pour l'avenir du béluga

L'intérêt des collectivités locales pour la création d'une aire de protection marine à la confluence du Saguenay et du Saint-Laurent ne s'est pas tari lors de la création du parc terrestre du Saguenay par le Québec. Bien au contraire, car fortes des résultats de l'étude sur l'identification des potentiels de création d'un parc marin au Saguenay et de la nouvelle politique du gouvernement du Canada concernant la gestion des parcs marins nationaux, les collectivités locales s'organisent. En 1988, sous la présidence de l'abbé Rosaire Corbin du Centre écologique de Port-au-Saumon, la Coalition pour la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent regroupant 27 organismes régionaux (municipalités, groupes environnementaux, groupes de développement économique) fait pression auprès des gouvernements quant à l'importance du parc marin du Saguenay, sa pertinence comme facteur de développement régional et son à-propos quant à la protection du béluga du Saint-Laurent (Tremblay, 1990).

C'est dans ce contexte que du 29 septembre au 2 octobre 1988, une centaine de scientifiques et plus de 200 observateurs de tous les horizons (gestionnaires gouvernementaux, industriels, représentants d'organisations non gouvernementales dédiées à la protection de la nature et politiciens) se réunissent à Tadoussac dans le cadre du Forum international pour l'avenir du béluga. Tous assistaient à cet événement extraordinaire dans le but de mieux comprendre la situation de ce mammifère marin et d'identifier des pistes de solutions à son déclin dans le Saint-Laurent (Prescott et Gauquelin, 1990). Car on y constate que les bélugas du Saint-Laurent sont confrontés à une modification marquée de leur habitat induite par les barrages sur les rivières, l'activité humaine, le transport maritime, le réchauffement planétaire et la pollution industrielle des eaux douces du fleuve Saint-Laurent et de la rivière Saguenay en amont de Chicoutimi.

Dans son allocution d'ouverture, Leone Pippard lance un vibrant appel à l'action politique pour la protection des baleines et la mise en place de nouvelles approches pour la gestion du milieu marin. Elle se montre d'ailleurs très critique envers les autorités gouvernementales pour leur lenteur à agir pour la sauvegarde de la population de bélugas du Saint-Laurent (Pippard, 1990). En réponse aux critiques des écologistes, Pêches et Océans Canada (MPO) présentait une toute première édition de son plan d'action interministériel (rédigé conjointement avec Environnement Canada) pour favoriser la survie des bélugas du Saint-Laurent dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent (PASL), annoncé trois mois auparavant par le ministre Tom Siddon. Ce plan faisait suite, d'une part, à une première réunion d'information et de consultation tenue à Tadoussac en 1983 sur la situation des bélugas et les moyens d'en augmenter la protection, et d'autre part, à la mise sur pied en 1986 du comité ad hoc pour la conservation des bélugas du Saint-Laurent dont les fonctions principales étaient d'identifier les facteurs pouvant nuire à la survie de la population et d'effectuer des recommandations pour favoriser son rétablissement. Jean Boulva, directeur régional des sciences pour MPO à cette époque, a décrit un vaste plan quinquennal de recherche sur le béluga comportant des travaux sur l'évolution des populations (déplacements saisonniers, répartition dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent), le statut génétique et le niveau de contamination, le cheminement et les effets des contaminants ainsi que la modification de l'habitat durant le XX^e siècle (Boulva, 1990).

Le forum de 1988 a permis à plusieurs scientifiques de présenter leurs travaux les plus récents, non seulement sur l'écologie et le comportement des bélugas, mais aussi sur de nouvelles méthodes de comptage, la présence des contaminants dans les tissus des bélugas et dans les sédiments, ainsi que certains problèmes pathologiques décelés chez les bélugas et les liens à faire avec la contamination par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (Martineau, 1990; Shugart, 1990) et des données notables sur la présence des biphenyles polychlorés (BPC) et du dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT) dans le gras des bélugas (Muir, 1990). Malgré l'avis de certains intervenants, les connaissances scientifiques partagées en cette occasion étaient déjà de très bonne qualité et ont servi de base à de multiples travaux subséquents permettant de répondre aux principaux enjeux de la mise en place du parc marin.

Au terme du forum, trois axes d'intervention ont été ciblés, soit 1) le contrôle du dérangement des bélugas, 2) le contrôle des substances chimiques toxiques et 3) l'accroissement des connaissances scientifiques concernant la situation du béluga et des facteurs qui lui nuisent.

Parmi les mesures proposées afin de contrôler le dérangement figurait la création d'un parc marin au confluent du fjord Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent. Le Plan d'action Saint-Laurent (PASL), dont l'entente fédérale-provinciale venait d'être signée afin de conserver, restaurer, protéger et mettre en valeur le Saint-Laurent, est au cœur des discussions. Le plan d'action interministériel pour favoriser

la survie du béluga du Saint-Laurent, proposé en juin 1988 et mis en œuvre par Pêches et Océans Canada et Environnement Canada dans le cadre du PASL, y est bien reçu. Quant au gouvernement du Québec, il participe à la mise en œuvre du PASL, notamment en signant divers accords avec les industries afin de réduire la contamination du fleuve. Mais ces mesures, bien qu'elles soient nécessaires, ne sont pas perçues par les collectivités comme une réponse adéquate à court terme aux préoccupations concernant la protection des ressources marines et le développement des collectivités régionales.

Entente historique Canada-Québec et consultation publique

En réponse aux représentations de la population des régions limitrophes au fjord du Saguenay et devant la nécessité de protéger les importantes ressources marines de la région, les gouvernements du Canada et du Québec conviennent de discuter de nouveau de la création d'un parc marin au Saguenay à partir de 1988. C'est ainsi que le 6 avril 1990, les deux gouvernements signent une entente visant la création d'un parc marin afin « de protéger et de conserver pour les générations actuelles et futures l'environnement, la faune et la flore exceptionnelles du territoire marin à la confluence de la rivière Saguenay et de la moitié nord de l'estuaire du Saint-Laurent (figure 4) et de les mettre en valeur. » (Gouvernement du Canada et Gouvernement du Québec, 1990). Essentiellement, cette entente prévoyait la création du parc marin afin d'y assurer la conservation des ressources vivantes, la protection du territoire, le maintien des écosystèmes et leur mise en valeur aux fins d'appréciation par le public. Un comité de travail bipartite a également été constitué afin de recommander aux deux gouvernements le contenu des mesures législatives ou réglementaires à

adopter lors de sa création. L'entente maintenait les droits et compétences des deux ordres de gouvernement. De plus, l'administration fédérale renonçait à l'exigence du transfert de l'administration et du contrôle des terres visées (le fond marin). Cette façon de créer un parc national du Canada est aujourd'hui encore inédite. L'entente prévoyait également de favoriser le partage fédéral-provincial des installations, des infrastructures et des équipements dans le cadre des activités reliées au parc marin. Enfin, les gouvernements y créaient un comité d'harmonisation visant la planification, la recherche, l'élaboration du plan de gestion, la consultation et la communication, le tout afin d'assurer la complémentarité des interventions en aménagement et en exploitation du territoire.

L'histoire retiendra que l'entente visant la création du parc marin du Saguenay a été signée par messieurs Lucien Bouchard, ministre de l'Environnement au gouvernement du Canada et Gaston Blackburn, ministre du Loisir, de la Chasse et de la Pêche pour le gouvernement du Québec, tous deux députés d'une circonscription située au Lac-Saint-Jean. Elle retiendra également que la signature de cette entente précède la démission de M. Bouchard comme ministre de l'Environnement après l'échec de l'accord du lac Meech et le maintien de l'impasse constitutionnelle au Canada. Les aléas de la politique ont cette fois été favorables à la création du parc et, ce faisant, aux bélugas du Saint-Laurent.

Consultation sur les limites du parc

L'entente Canada-Québec d'avril 1990 prévoyait, à l'article 5, la tenue d'un programme de consultation publique sur les limites proposées du parc marin du Saguenay au plus tard 9 mois après sa signature. Ce programme conjoint Canada-Québec a ainsi été lancé le 11 octobre 1990. Six séances d'information eurent lieu successivement du 16 au

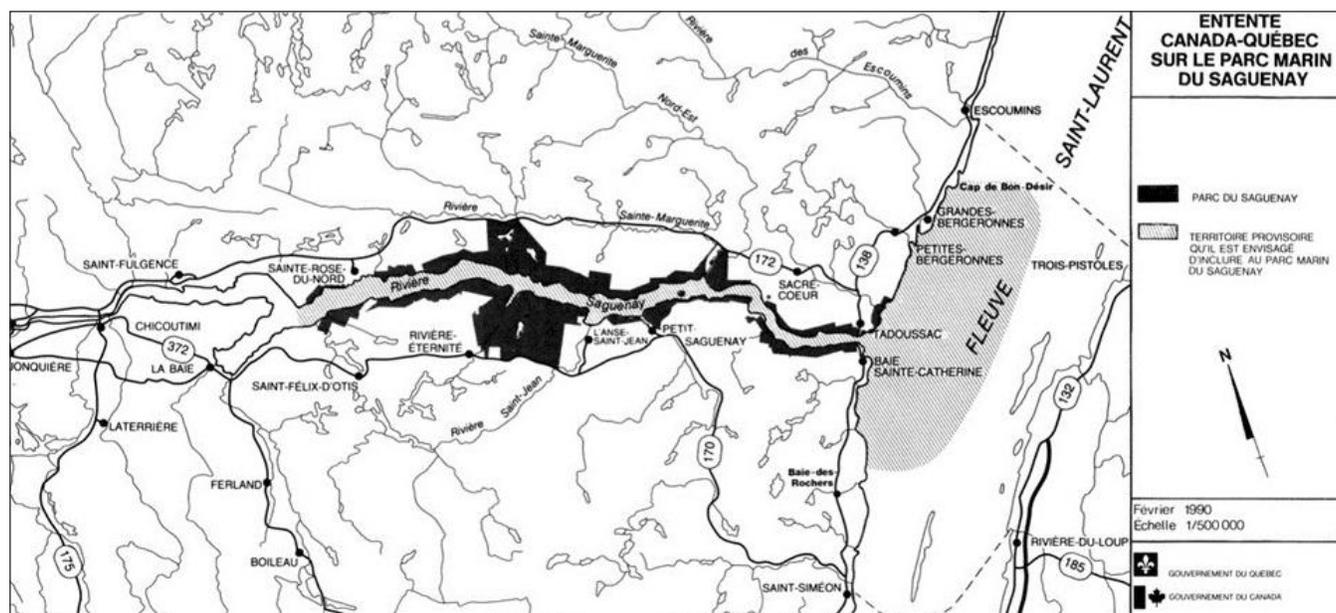


Figure 4. Proposition initiale de limites pour le parc marin Saguenay lors de l'entente Canada-Québec (tiré de Gouvernement du Canada et Gouvernement du Québec, 1990).

22 octobre dans les localités de Tadoussac, La Malbaie, Baie-Sainte-Catherine, L'Anse-Saint-Jean, ainsi qu'à La Baie — aujourd'hui désigné « arrondissement La Baie » de la ville de Saguenay — et Montréal. On y a présenté les modalités de l'entente fédérale-provinciale de même que les limites proposées. Plus de 250 personnes ont assisté à ces rencontres (SCP-MLCP, 1991).

La population, invitée à faire connaître son point de vue sur les limites proposées pour le parc marin, fut conviée à des audiences publiques tenues du 6 au 9 décembre 1990 à Tadoussac, La Malbaie, La Baie et Montréal. Cette consultation publique a attiré de nombreux intervenants provenant de différents milieux intéressés, soit associations touristiques, municipalités, chambres de commerce, entreprises, organismes locaux, régionaux et nationaux, regroupements formés pour l'occasion et individus qui ont fait connaître leur opinion. Soixante-dix mémoires ont ainsi été déposés, dont 39 furent présentés publiquement, soit 9 à Tadoussac, 12 à La Malbaie, 14 à La Baie et 4 à Montréal.

Le programme de consultation portait essentiellement sur les limites proposées du parc marin. Ainsi, sur les 70 mémoires déposés, 11 étaient en accord avec les limites telles que proposées, 44 ont demandé des modifications, alors que 15 autres ne se sont pas prononcés sur ce sujet. Parmi les modifications proposées par les intervenants, celles favorisant un élargissement des limites étaient essentiellement basées sur des considérations environnementales, de représentativité des caractéristiques naturelles de l'estuaire ou de l'importance de préserver l'habitat des bélugas se trouvant à l'extérieur des limites proposées. Plusieurs intervenants ne se sont pas restreints à donner leur opinion sur les limites du parc. Une foule d'autres sujets ont été abordés (tableau 1).

Tableau 1. Sommaire des avis des intervenants sur la proposition du plan de mise en valeur.

Thèmes abordés	Nombre de mémoires
Mise en valeur	35
Partenariat	35
Chasse	26
Nom du parc	22
Réglementation	21
Pêche	16
Pollution	15
Navigation	14
Activités récréatives	10
Aquiculture	7
Croisières	7
Recherche	7

On remarque donc tout l'intérêt que portent les collectivités au partenariat. En effet, d'entrée de jeu, 35 organismes ont présenté leur intérêt à être partie prenante de la gestion du parc ou ont proposé leur participation à l'offre

de service du parc. L'importance accordée au partenariat fait ainsi écho aux attentes en matière de développement économique devant découler de la création du parc marin du Saguenay. La pratique des activités de chasse et de pêche constituait un sujet important pour les collectivités, faisant respectivement l'objet de 26 et de 16 requêtes. On peut également associer à ce type d'activités des propositions sur la réglementation que l'on ne souhaitait pas trop contraignante.

Fait à noter, le nom désignant le nouveau parc créé, soit « parc marin du Saguenay », ne faisait pas l'unanimité. Ainsi, la majorité des 44 mémoires abordant la question des limites du parc souhaitaient un élargissement des limites, notamment dans le Saint-Laurent. Par conséquent, l'appellation « parc marin du Saguenay–Saint-Laurent » fait largement consensus parmi ces intervenants. Enfin, les préoccupations concernant la pollution étaient toujours présentes chez les collectivités, bien que cet enjeu ait été davantage abordé par les groupes environnementaux (SCP-MLCP, 1991).

À la suite de la première série d'audiences, le territoire du parc a été agrandi de près de 50 %, soit de 746 km² à 1138 km² (figure 5). L'annonce des limites officielles a été faite par le MLCP et Parcs Canada le 16 avril 1993. On établissait également une aire de coordination où sont incluses les collectivités des municipalités régionales de comté (MRC) de Charlevoix-Est, des Basques, de Rivière-du-Loup, de Kamouraska, de la Haute-Côte-Nord, du Fjord-du-Saguenay, de la Ville de Saguenay et de la Première Nation des Innus Essipit. L'établissement de cette aire de coordination répondait non seulement à l'intérêt des collectivités locales à s'associer à la mise en œuvre du parc marin, mais aussi aux carences d'infrastructures visant la prestation de services aux visiteurs et usagers à l'intérieur des limites du parc. En 1992-1993, près de 400 000 personnes ont fréquenté la région du futur parc marin, propice à l'observation des oiseaux et des mammifères marins de l'estuaire puis, en hiver, à la pratique de la pêche sportive sous glace (Gauthier, 2018). Ce site se préparait à devenir ainsi le premier parc marin créé au Canada (EC-MEQ, 1993).

Proposition de mise en valeur et premier plan directeur

À la suite de l'entente de 1990 et des consultations publiques, un comité consultatif du parc marin, formé de représentants des intervenants locaux et de scientifiques, a été mis sur pied pour conseiller les planificateurs et contribuer à la rédaction d'une proposition de valorisation du parc qui réponde aux objectifs de conservation, de mise en valeur à des fins récréatives et d'intégration régionale pour le territoire marin à protéger (SCP-MLCP, 1993). On y retrouve déjà ce que sera le parc marin, c'est-à-dire une description sommaire des limites territoriales du parc, ses principales caractéristiques géomorphologiques et hydrographiques ainsi que ses principales composantes biologiques comme le plancton, les poissons et invertébrés, les mammifères marins et les oiseaux. On y retrace les origines du peuplement paléoamérindien à la confluence du Saguenay et du Saint-Laurent, le choc

Tableau 2. Sommaire des thèmes abordés et des avis reçus lors de la consultation sur le plan de mise en valeur du parc marin de 1993.

Thèmes abordés	En accord	Commentaires ou ajouts	Aucune mention
Les objectifs	35	5	23
Partenariat	28	1	34
Chasse	18	15	30
Nom du parc	13	24	26
Aménagements et équipements	5	30	28
Zonage	5	19	39

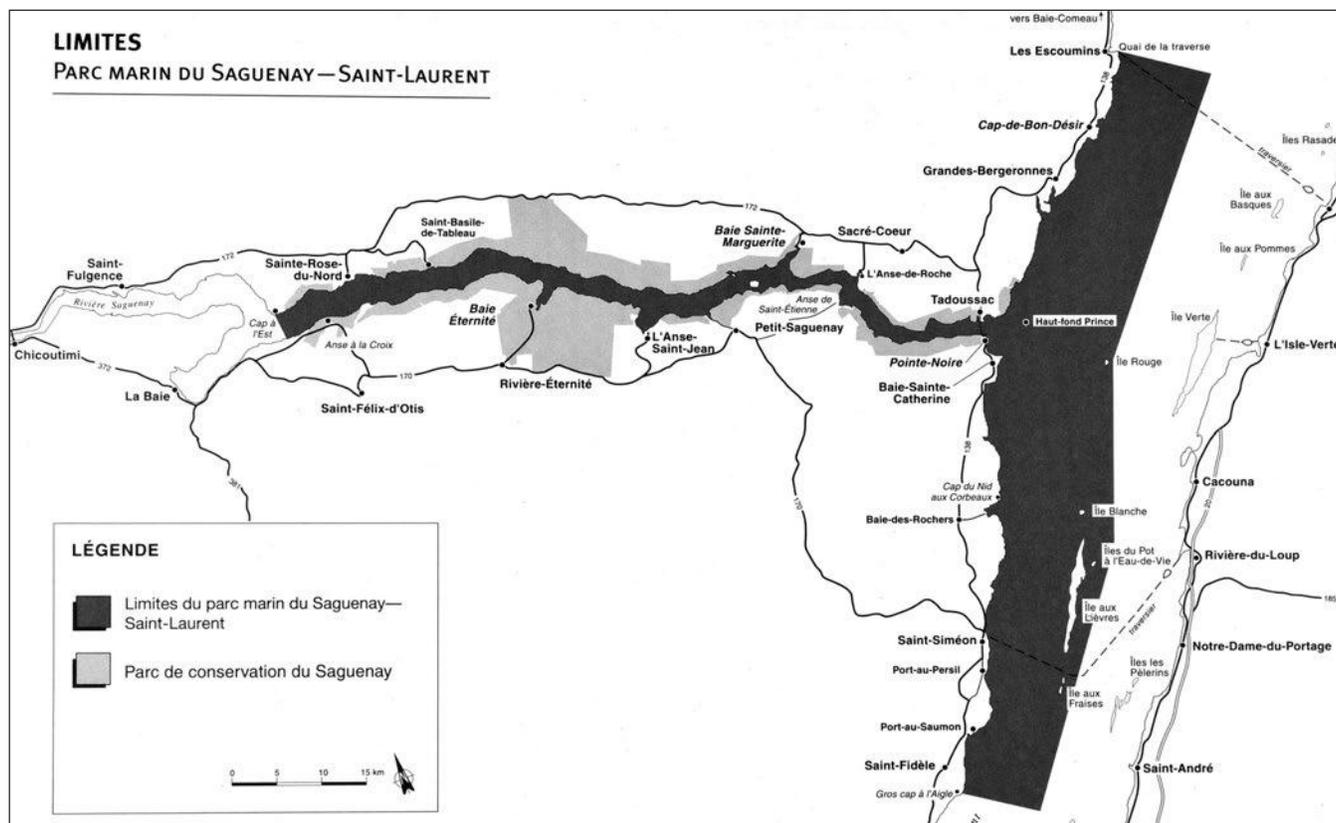


Figure 5. Limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et de l’aire de coordination telles que révisées après consultation publique (tiré de PC-MEF, 1995).

culturel et économique induit par l’arrivée des Européens et la colonisation, le développement de la navigation commerciale, de même que les principales problématiques générées par l’interaction entre les communautés riveraines et le milieu naturel. Des objectifs généraux et spécifiques y sont énoncés pour la gestion des ressources naturelles, l’éducation et l’interprétation, l’utilisation du territoire, l’intégration harmonieuse au milieu régional et la recherche scientifique. Au chapitre de la mise en valeur comme telle, on y propose le développement d’un pôle phare situé à Baie-Sainte-Catherine, de plusieurs pôles d’ancrage (Rivière-Éternité, Cap-de-Bon-Désir, Tadoussac/Pointe-Noire) et de pôles satellites à La Baie, Saint-Fulgence, Baie-Sainte-Marguerite, Port-au-Saumon, l’île aux Lièvres et Grandes-Bergeronnes. Enfin, la proposition décrivait des fenêtres d’observation du parc marin à divers

lieux stratégiques comme Port-au-Persil, Baie-des-Rochers, L’Anse-Saint-Jean, Sainte-Rose-Nord et Les Escoumins. Pour toutes ces localités, des infrastructures et des aménagements sont promis, selon les ressources disponibles auprès des deux gouvernements impliqués (SCP-MLCP, 1993). Autre élément essentiel de la mise en place du parc marin, un plan de zonage préliminaire y est décrit, prévoyant une toute petite zone de protection intégrale juste au nord de l’île aux Lièvres et quelques petites zones de protection spécifique à Baie-Sainte-Catherine, Cap-de-Bon-Désir, Grandes-Bergeronnes, la baie Sainte-Marguerite, l’anse Saint-Étienne et l’île Rouge. On voit déjà la grande prudence du zonage dans un parc habité où les activités économiques et récréatives pèsent lourdement sur la protection des écosystèmes.

Comme ce fut le cas pour la consultation publique sur les limites du parc, celle portant sur la mise en valeur s'est déroulée en 3 étapes soit la période d'information, la tenue d'audiences et la publication d'un bilan. Les 4 rencontres d'information, auxquelles près de 200 personnes ont participé, ont eu lieu à Tadoussac, La Malbaie, La Baie et Montréal, du 26 au 29 avril 1993. Cette même année, les audiences publiques ont eu lieu aux mêmes endroits du 15 au 21 juin. Quelque 150 personnes y ont assisté et 30 personnes ou organismes ont présenté des mémoires sur les 63 qui furent déposés pendant cette période, dont 9 à Tadoussac, 10 à La Baie, 7 à La Malbaie et 4 à Montréal. Plus de la moitié des mémoires ont présenté des prises de position reliées aux aménagements et aux équipements proposés. Les préoccupations régionales ont fait l'objet de 28 mémoires. Le concept, la notion de circuits touristiques, la répartition des investissements gouvernementaux, les enjeux de gestion et la conservation ont occupé l'essentiel de leurs propos. Enfin, 5 intervenants ont fait état d'enjeux plus globaux, comme la prépondérance des objectifs de conservation, de protection des espèces et des écosystèmes marins en regard des diverses modalités de gestion. Le tableau 2 présente la synthèse des avis des intervenants sur la proposition du plan de mise en valeur de 1993.

L'essentiel du contenu de la proposition de mise en valeur, bonifiée des commentaires et des observations des intervenants ayant présenté des mémoires, se retrouve dans le premier plan directeur rendu public en 1995 (PC-MEF, 1995). Le plan, signé par MM. Michel Dupuy et Jacques Brassard, alors respectivement ministre du Patrimoine canadien et ministre de l'Environnement et de la Faune du Québec, est présenté comme l'aboutissement de l'entente intergouvernementale de 1990. Le document utilise pour la première fois les notions de « pôles de découverte » et de « carrefours d'accueil et d'orientation ». Les pôles de découverte, au nombre de 13 à cette époque, avaient pour objectif d'offrir un point de contact avec le milieu marin et surtout une possibilité de pratiquer des activités nautiques à partir d'infrastructures déjà existantes ou à développer à même les budgets importants qui seront rendus disponibles avec l'ouverture du parc marin. Les carrefours d'accueil, quant à eux, étaient situés aux entrées terrestres du parc et renseignaient les visiteurs sur les activités, événements et services offerts (PC-MEF, 1995). Le plan directeur, autre élément important, décrit la composition et le mandat du Comité de coordination consistant à assurer le suivi du plan directeur et à recommander aux ministres responsables les stratégies à adopter pour atteindre les objectifs généraux et spécifiques du parc marin. Enfin, notons la présence d'un paragraphe spécifique portant sur l'apport de la Première Nation des Innus Essipit à la création du parc marin, au respect des activités traditionnelles et des droits ancestraux dans la gestion du parc marin.

Le programme de rétablissement du béluga du Saint-Laurent

On peut se surprendre qu'aucun des objectifs spécifiques de conservation du plan directeur de 1995 ne mentionne expressément la protection du béluga du Saint-Laurent et de

son habitat, espèce pourtant emblématique et principal vecteur de la création du parc. En fait, l'un des objectifs spécifiques porte sur la protection des espèces et les populations rares, en déclin, menacées ou vulnérables et, en particulier la protection, la restauration ou l'amélioration d'habitats considérés comme critiques pour la survie des espèces incluant le béluga (PC-MEF, 1995). Dans le plan de zonage apparaissant au chapitre 5 du plan directeur, on mentionne la protection de l'habitat critique du béluga au pourtour de l'archipel de l'île aux Lièvres.

En vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP), la protection des espèces en péril présentes dans le PMSSL incombe à Pêches et Océans Canada. Par conséquent, ce ministère a l'obligation d'élaborer des programmes de rétablissement et des plans d'action pour les espèces aquatiques légalement désignées en péril par la LEP. Cette loi agit en complément des autres mesures et programmes législatifs des gouvernements fédéral, provincial et territorial du Canada et elle appuie les efforts des organismes de conservation et d'autres partenaires œuvrant à la protection des espèces et de leur habitat essentiel.

La genèse de l'actuel programme de rétablissement du béluga du Saint-Laurent remonte aux années 1990 et est en connexion avec les nombreux travaux de recherche réalisés au cours de cette période pour mieux comprendre l'écologie de cette population et des principales menaces à sa survie (Lebeuf et collab., 2004; Lesage et Kingsley, 1995). C'est en 1995 qu'un premier « Plan de survie des bélugas » a été préparé par Pêches et Océans Canada et le Fonds mondial pour la nature (*World Wildlife Fund*) (MPO et WWF, 1995). L'énoncé général de ce document était « de faire en sorte que la population soit suffisamment grande et dans un état tel que les événements naturels et les activités humaines ne constitueront plus une menace pour sa survie ». À cette époque, il apparaissait aux auteurs qu'en réduisant la pollution et les dérangements, il serait possible de rétablir la population de bélugas à moyen terme, tout en maintenant les activités anthropiques dans l'estuaire du Saint-Laurent. En 1996, l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent a été formée pour surveiller la mise en œuvre de ce plan. Et en 1997, le COSEPAC a confirmé le statut d'espèce en voie de disparition pour la population de bélugas du Saint-Laurent. L'équipe de rétablissement du béluga a publié en 1998 le premier compte rendu de la mise en œuvre du plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent (MPO et WWF, 1998).

À la suite des consultations avec des spécialistes de l'espèce et plusieurs scientifiques, l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent a élaboré un programme scientifique devant mener à une amélioration de la situation précaire de sa population (MPO, 2012). On y retrouve essentiellement les éléments du premier projet de 1988, mais élaborés en fonction de 6 objectifs spécifiques :

- Réduire les contaminants susceptibles de nuire au rétablissement;
- Réduire le dérangement anthropique;
- Assurer des ressources alimentaires accessibles et adéquates au béluga;

- Atténuer les effets des autres menaces sur le rétablissement de cette population;
- Protéger l'habitat du béluga sur toute son aire de répartition;
- Assurer un suivi régulier de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent.

Ce programme se poursuit aujourd'hui par de multiples activités de recherche et mesures de gestion. Ses résultats sont évalués périodiquement (Ménard et collab. 2018).

Création du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent

Lois miroirs créant le parc

L'adoption des lois du Parlement du Canada et de la Législature du Québec créant le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent date de la fin de 1997, et leur promulgation a eu lieu en juin 1998. Ces lois miroirs respectent leur champ respectif de compétences, comme le stipule l'entente de 1990. Elles ont pour objet de « rehausser, au profit des générations actuelles et futures, le niveau de protection des écosystèmes d'une partie représentative du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent aux fins de conservation, tout en favorisant son utilisation à des fins éducatives, récréatives et scientifiques ». Il est intéressant de noter que contrairement aux parcs nationaux terrestres, l'objet de la loi n'est pas de protéger ou de conserver les ressources naturelles, mais bien de rehausser le niveau de protection. On y reconnaît de fait la nature même du territoire marin, soit ses écosystèmes ouverts impossibles à protéger dans leur intégralité. De plus, la loi évoque l'application d'une quinzaine d'autres lois dont la responsabilité relève de plusieurs ministères fédéraux et provinciaux. Outre les clauses administratives usuelles comme la désignation de l'autorité de gestion, les pouvoirs et les fonctions du ministre, l'énoncé des conditions de modification des limites et l'élaboration du plan directeur, la loi crée deux comités, soit un comité d'harmonisation et un comité de coordination.

Le comité d'harmonisation est composé de représentants du ministre responsable de Parcs Canada pour le Canada, et du ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) pour le Québec. Ils sont chargés, entre autres, de l'harmonisation et de la mise en œuvre des activités et programmes gouvernementaux à l'égard du parc, notamment en matière de protection des écosystèmes, de planification, de gestion, etc. De son côté, le comité de coordination (identique à celui proposé dans le premier plan directeur) a pour mandat de recommander aux ministres les stratégies et modalités nécessaires à l'atteinte des objectifs généraux et spécifiques définis dans le plan directeur du parc. Ce comité permet en outre la concertation des divers intervenants et favorise la complémentarité des interventions du milieu. Il agit notamment dans les domaines suivants :

- La protection des ressources et des écosystèmes marins;
- L'éducation et l'interprétation;
- L'accueil et l'orientation des visiteurs;
- La mise en valeur du parc et de ses ressources;

- La mise en marché et la promotion du parc marin;
- L'intégration au milieu régional;
- Les études et les recherches reliées à la gestion du parc;
- Les orientations et les stratégies de gestion du parc;
- La protection des sites et des ressources culturelles amérindiennes.

La loi donne également au ministre responsable de Parcs Canada l'autorité de conclure avec le ministre du Québec ou un autre ministre fédéral des accords pour la réalisation des objets de la présente loi et la coordination des activités dans le parc (Gouvernement du Canada, 1997). C'est dans ce cadre qu'ont été créés des comités de concertation et qu'ont été signés des protocoles d'entente entre le parc marin et divers ministères concernés (par exemple, le comité d'arrimage avec MPO et les protocoles d'entente avec MPO et Transports Canada). Ces protocoles réaffirmaient le maintien des responsabilités des ministères tout en garantissant la prise en compte des objectifs du parc.

Consultation publique sur le nouveau plan directeur

Une fois les limites définitives du parc marin établies et les lois le créant adoptées, une équipe multidisciplinaire formée de gestionnaires de Parcs Canada et du MDDEP s'est vu confier la révision du plan directeur de 1995 et la rédaction d'un nouveau plan beaucoup plus élaboré. Un document de consultation rendu public en décembre 2007 décrivait le processus de planification et les options de gestion. Les consultations publiques ont été tenues au début de l'année 2008. Le Conseil de bande de la Première Nation des Innus Essipit a été impliqué dès le début du processus de planification. Les Premières Nations malécites de Viger, Betsiamites de la Côte-Nord et Mashteuiatsh du Lac-Saint-Jean ont également été informées du processus. Par la suite, plusieurs séances publiques d'information ont eu lieu dans l'aire de coordination du parc marin, soit à La Malbaie, à Rivière-du-Loup, à Saguenay et aux Escoumins. Plus de 230 personnes ont participé à ces séances.

En tout, 52 mémoires ont été déposés lors de ces consultations. Les thèmes le plus souvent abordés ont été les pôles de découverte, le sentiment d'appartenance au parc marin, le zonage, les activités d'observation en mer, l'agrandissement des limites du parc marin, la navigation de plaisance (y compris le mouillage et la gestion des eaux usées), le partenariat, les pêches commerciales et récréatives, les projets de ports méthaniers, la chasse aux oiseaux migrateurs, les motomarines et la navigation commerciale. Les commentaires exprimés, oralement et par écrit, ont été pris en compte lors de la rédaction de la version définitive du plan directeur.

L'approbation du plan directeur de 2010 constitue l'aboutissement du processus de mise en place du PMSSL (PC-MDDEP 2010). Quant au nouveau plan de zonage, il identifie les activités à proscrire à l'intérieur du parc marin et délimite certaines zones de protection intégrale (Ménard et collab., 2018).

En outre, le parc détermine les types d'activités autorisées dans chacune des 4 zones identifiées à l'article 5 (2) de la Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (L.C. 1997, ch. 37), à savoir les zones de protection intégrale, de protection spécifique, de protection générale et d'utilisation générale. On remarque un élargissement important de la zone de protection intégrale, qui atteint 34 km², et de la zone de protection spécifique (524 km²) qui est fortement augmentée par rapport au zonage préliminaire de 1995.

Plusieurs autres éléments de planification et de gestion du PMSSL se sont succédé au cours de la première décennie du parc marin, tels que le plan de conservation des écosystèmes 2001, le règlement des activités en mer en 2002, le rapport sur l'état du parc en 2007 et le plan de zonage en 2009. Ces éléments sont décrits et commentés en détail par Ménard et collab. (2018) dans ce numéro thématique du *Naturaliste canadien*.

Conclusion

Ce qui apparaissait comme une utopie au début des années 1970 est devenu, 45 ans plus tard, une réalité bien tangible. Bien sûr, l'existence du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent ne suffit pas pour régler tous les enjeux des écosystèmes marins ouverts comme le transport des contaminants à grande distance qui, encore aujourd'hui, affecte la population de bélugas du Saint-Laurent. Toutefois, le parc peut influencer les décisions des autorités compétentes quant à la mise en œuvre ou l'interdiction d'activités ou d'infrastructures qui pourraient causer des préjudices irréversibles aux ressources vivantes. Il se doit de protéger plusieurs habitats importants d'espèces marines (aires d'alimentation, de reproduction et de mise bas) et d'encadrer, à l'intérieur du territoire circonscrit par des limites légales, des activités comme l'observation des mammifères marins et beaucoup d'autres activités récréatives et éducatives, pour le plus grand bénéfice des générations à venir.

Les collectivités locales, les représentants régionaux et les environnementalistes accompagnent encore aujourd'hui le PMSSL dans sa démarche de protection des ressources et d'offre de services. Depuis les premières consultations publiques portant sur les limites du parc de 1990, le premier plan directeur de 1995 jusqu'au plus récent (2010), leur contribution ne s'est jamais démentie. Le modèle de gestion partenariale développée et mise en œuvre par les gouvernements du Canada et du Québec s'avère, encore aujourd'hui, un exemple de processus de convergence d'intérêts divergents pour la protection de la nature et de ses ressources.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Chloé Bonnette, Nelson Boisvert et Daniel Langlois pour leur excellente collaboration lors de la cueillette des documents nécessaires à la rédaction de cet article ainsi qu'un évaluateur anonyme pour ses précieux conseils.

Références

- ANONYME, 1973. Projet de parc national au Saguenay, Affaires indiennes et du Nord, Parcs Canada, Ottawa, 38 p.
- ANONYME, 1986. La politique sur les parcs marins nationaux, Parcs Canada, Gouvernement du Canada, Ottawa, 55 p.
- BARRIOS, P., N. BEINTEMA, C. GANZLEBEN, C. SALPIN et E. TSIJUMANI, 2003. Summary report of the Vth IUCN world parks congress: Benefits beyond boundaries. 8-17 septembre 2003, Sustainable Developments, 89(9): 1-16.
- BÉLAND, P., R. MICHAUD et D. MARTINEAU, 1987. Recensements de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent par embarcations en 1985. Rapport présenté au ministère des Pêches et des Océans du Canada, Ottawa, 28 p.
- BLOUIN, J.-L., 1982. Identification d'un parc national dans la région naturelle marine du golfe Saint-Laurent, Synthèse, Rapport présenté à Parcs Canada, Groupe Dryade, 27 p.
- BOULVA, J., 1990. Le béluga du Saint-Laurent. Proposition pour un plan de recherche. Dans: PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga: compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 41-45.
- DRAINVILLE, G., 1968. Le fjord du Saguenay: I. Contribution à l'océanographie. Le Naturaliste canadien, 95: 809-855.
- DRAINVILLE, G., 1970. Le fjord du Saguenay: II. La faune ichtyologique et les conditions écologiques. Le Naturaliste canadien, 97: 623-656.
- DROUIN, F., 1990. La Société linnéenne du Québec. Les Éditions Cap-aux-Diamants, 22: 76-77.
- DUMONT, J., 1969. La découverte du Canada, Tome I, deuxième partie: Les voyages de Jacques Cartier, p. 98-264. Les amis de l'histoire, Montréal, 269 p.
- [EC-MEQ] ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, 1993. Plan d'action Saint-Laurent: bilan 1988-1993. Environnement Canada et Ministère de l'Environnement du Québec, Ottawa, 49 p.
- GAUTHIER, J., 2018. Le programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay: un effort collectif. Le Naturaliste canadien, 142 (2): 115-126.
- GOVERNEMENT DU CANADA ET GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 1990. Entente concernant la création du parc marin du Saguenay. 4 p. + annexes.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 1972. Rapport de la Commission d'étude sur l'intégrité du territoire du Québec, Ministère des Terres et Forêts, Direction générale du domaine territorial, Québec, 33 volumes.
- LAVOIE, N., 2016. Synthèse des connaissances du Parc national du Fjord-du-Saguenay. Sépaq, document non publié, 500 p.
- LEBEUF, M., B. GOUTEUX, L. MEASURES et S. TROTIER, 2004. Levels and temporal trends (1988–1999) of polybrominated diphenyl ethers in Beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. Environmental Science and Technology, 38: 2971-2977.
- LESAGE, V. et M.C.S. KINGSLEY, 1995. Bilan des connaissances de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques no 2041, Ottawa, 44 p.
- MALTAIS, B., 1987. Saguenay, fleuve et fjord. Franc-Nord (été 1987): 10-14.
- MALTAIS, B., 1991. Towards Partnership, Saguenay marine park joint management test case, American Society of civil engineers Coastal Zone 91. Long Beach, California, p. 1571-1585.
- MARTINEAU, D., 1990. Problèmes pathologiques décelés chez les bélugas du Saint-Laurent. Dans: PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga: compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 215-217.
- MÉNARD, N., M. CONVERSANO et S. TURGEON, 2018. La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent: bilan et considérations sur les besoins de conservation actuels. Le Naturaliste canadien, 142 (2): 80-105.

- MICHAUD, R. et P. BÉLAND, 2001. Looking for trends in the endangered St. Lawrence beluga population. A critique of Kingsley, M.C.S., 1998. *Marine Mammal Science*, 17 : 206-212.
- [MPO et WWF] PÊCHES ET OCÉANS CANADA et FONDS MONDIAL POUR LA NATURE, 1995. Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Pêches et Océans Canada et Fonds mondial pour la nature. Préparé par l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent, Ottawa, 73 p.
- [MPO et WWF] PÊCHES ET OCÉANS CANADA et FONDS MONDIAL POUR LA NATURE, 1998. Mise en œuvre du Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Pêches et Océans Canada et Fonds mondial pour la nature. Préparé par le comité sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent, Ottawa, 102 p.
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 p.
- MUIR, D., 1990. Level and possible effects of PCBs and other organochlorine contaminants in Arctic and St. Lawrence belugas. Dans : PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga : compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 171-183.
- [PC-MEF] PARCS CANADA et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, 1995. Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent : Carrefour de vie, source d'échanges et de richesses. Le plan directeur. Patrimoine canadien (Parcs Canada) et Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Québec, 70 p.
- [PC-MDDEP] PARCS CANADA et MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2010. Plan directeur. Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Parcs Canada et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Québec, 84 p.
- PIPPARD, L. 1983. COSEWIC status report on the beluga whale *Delphinapterus leucas* (St. Lawrence River population) Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa, 46 p.
- PIPPARD, L., 1985a. Patterns of movement of the St. Lawrence white whales. Rapport technique préparé pour le Service canadien de la Faune et des Parcs, Ottawa, 225 p.
- PIPPARD, L., 1985b. Status of the St. Lawrence River population of beluga, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Field-Naturalist*, 99 : 438-450.
- PIPPARD, L., 1990. Ailing whales, water and marine management systems. An urgency for fresh, new approaches. Dans : PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga : compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 3-17.
- PIPPARD, L. et H. MALCOLM, 1978. White whales (*Delphinapterus leucas*). Observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers. Rapport préparé pour le ministère des Affaires autochtones et du Nord et Parcs Canada, Ottawa, 161 p.
- PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.), 1990. Pour l'avenir du béluga : compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, 345 p.
- REEVES, R.R. et E. MITCHELL, 1984. Catch history and initial population of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the River and Gulf of St. Lawrence, Eastern Canada. *Le Naturaliste canadien*, 111 : 63-121.
- SANGUIN, A.-L., 1989. Le parc marin du Saguenay/Saint-Laurent (Québec). Un nouveau concept dans l'histoire des parcs nationaux canadiens, NOROIS, Poitiers, France, tome 36, 142 : 137-150.
- SAVARD, A., 1993. Sur les traces de Carl von Linné, dans : Continuité, Numéro 57-58, Éducation au patrimoine, p. 25-27.
- [SCP-MLCP] SERVICE CANADIEN DES PARCS et MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE DU QUÉBEC, 1990. Recueil des mémoires. Consultation publique. Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Limites proposées. Service canadien des parcs et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec, 5 volumes.
- [SCP-MLCP] SERVICE CANADIEN DES PARCS et MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE DU QUÉBEC, 1991. Bilan de la consultation publique sur les limites proposées du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Service canadien des parcs et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec, 21 p.
- [SCP-MLCP] SERVICE CANADIEN DES PARCS et MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE DU QUÉBEC, 1993. Le parc marin du Saguenay. Carrefour de vie, source d'échanges et de richesses. Proposition de mise en valeur. Consultation publique. Service canadien des parcs et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec, 47 p.
- SERGEANT, D.E., 1986. Present status of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the St. Lawrence Estuary. *Le Naturaliste canadien*, 113 : 61-81.
- SERGEANT, D.E. et W. HOEK, 1988. An update of the status of white whales *Delphinapterus leucas* in the Saint Lawrence Estuary, Canada. *Biological Conservation*, 45 : 287-302.
- SHUGART, L.R., 1990. Detection and quantification of benzo(a)pyrene-DNA adducts in brain and liver tissues of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence and Mackenzie Estuaries. Dans : PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga : compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 219-223.
- THIBAUT, M., 2014. La place des Autochtones dans la gouvernance des parcs de l'Arctique canadien : de la cogestion à la « cojuridiction ». *Nouvelles pratiques sociales*, 27 : 78-98.
- TREMBLAY, P., 1990. Coalition pour le parc marin Saguenay-Saint-Laurent. Dans : PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN (édit.). Pour l'avenir du béluga : compte rendu du Forum international pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Sillery, Québec, p. 247-251.

Hommage à Jules Dufour, professeur, chercheur et humaniste (1941-2017)

par *Émilien Pelletier*

Après ses études en géomorphologie et géographie à l'Université Laval, Jules Dufour commence à enseigner à l'Université du Québec à Chicoutimi en 1971. Il y mène ses enseignements et recherches pendant plus de 35 ans sur la conservation et la mise en valeur des ressources naturelles canadiennes, surtout nordiques. Au cours de sa longue carrière, M. Dufour collabore aux travaux d'une dizaine de commissions d'enquête en tant qu'expert ou commissaire, en particulier pour l'examen environnemental des projets d'aménagement hydroélectrique. Il fait partie de la Commission du Nunavik, dont les travaux amorcés en 1999 ont conduit à l'établissement d'un gouvernement autonome pour le Nunavik dès 2001. Il participe également à une vingtaine de conférences ou congrès internationaux dont le Sommet de la Terre à Rio en 1992 ainsi qu'au Sommet mondial pour le développement durable à Johannesburg en 2002. Durant sa longue carrière, il publie de nombreux textes engagés contre la militarisation de la planète, en faveur d'un développement durable et de la conservation de la biodiversité boréale. En 2007, il est décoré de l'insigne de chevalier de l'Ordre national du Québec.

Au cours des années 1980, il préside l'Association des géographes du Québec et se retrouve à la tête d'un comité québécois ayant pour mandat d'examiner la situation en environnement pour l'ensemble du territoire du Québec. Ses intérêts de chercheur pour le vaste territoire et les communautés le long du Saguenay et la région de Charlevoix sont vifs et il corédige en 1985 une étude de faisabilité visant à identifier les opportunités de créer un parc marin à la confluence du Saguenay et du Saint-Laurent. Dans les années 1990, il publie des travaux sur les revendications territoriales des peuples autochtones au Québec et sur l'impact des bases militaires aériennes sur le développement du territoire.



Denis Dufour

Jules Dufour (au milieu de la rangée d'en avant) en 2004, entouré des membres de l'époque du comité de coordination du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent.

Jules Dufour est devenu membre du Comité de coordination du parc marin Saguenay-Saint-Laurent en septembre 2001. À partir de 2003, il accepte d'en assumer la présidence, poste qu'il conservera jusqu'en 2010. Son passage au Comité de coordination aura été une inspiration pour tous, car il croyait profondément à cette aventure de « gestion participative » que représente la gouvernance du parc marin. Il a contribué à la réalisation de deux missions à l'étranger afin de comparer les expériences de gestion et de conservation du parc marin avec d'autres parcs marins aux États-Unis, au Mexique et en France. Il reste pour nous et pour tout le Québec, une figure dominante et bienveillante dans les domaines de l'environnement mondial, des aires protégées et de la mise en valeur des espaces nordiques.

Émilien Pelletier est professeur associé à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (Université du Québec à Rimouski) et préside le Comité de coordination du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent depuis septembre 2010.

emilien_pelletier@uqar.ca

Sept millénaires de navigation sur la rivière Pitchitaouichez (Saguenay). Sommaire des connaissances archéologiques du fjord du Saguenay

Érik Langevin et Noémie Plourde

Résumé

Jusqu'en 1996, on s'est interrogé sur le rôle joué par le Bas-Saguenay au temps de la paléohistoire. Alors que de nombreux sites archéologiques étaient connus dans les secteurs de Tadoussac et du Lac-Saint-Jean, la portion de la rivière Saguenay, entre les deux, demeurait une énigme. Depuis 1996, les choses ont bien changé, au point qu'aujourd'hui on sait que ce territoire a été abondamment fréquenté pendant environ 8000 ans. En effet, des sites découverts en deux points précis du fjord ont livré des milliers de vestiges archéologiques de différentes natures permettant de mieux comprendre le quotidien de ceux qui fréquentaient les lieux lors de la paléohistoire.

MOTS CLÉS : archéologie, autochtone, fjord, paléohistoire, Saguenay

Abstract

Up until 1996, the importance of the Saguenay Fjord (Québec, Canada) during the palaeohistoric period was unknown. Although numerous archaeological sites had been found in the vicinity of Tadoussac and in the Lac-Saint-Jean area, nothing was known about the use of the portion of the Saguenay River stretching between these two locations. However, since 1997, things have changed dramatically, and it is now known that this area has been heavily used for about 8,000 years. In fact, sites discovered at some specific points along the Fjord have provided thousands of archaeological remains. The wide variety of artefacts found provide us with an enhanced understanding of the day-to-day life of those who frequented the area during the paleohistoric period.

KEYWORDS: archaeology, fjord, indigenous, paleohistory, Saguenay

Introduction

Entre l'embouchure de la rivière Saguenay (Tadoussac exclus) et la baie des Ha! Ha!, on compte actuellement 96 sites archéologiques (tableau 1). Dans ces sites, on trouve des indices témoignant de plus de 5000 ans de fréquentation, qui se limite par contre souvent aux mêmes endroits, généralement à l'embouchure des rivières qui se jettent dans le Saguenay.

Au cours des dernières décennies, le principal auteur de ce texte a eu l'occasion de travailler sur la plupart de ces lieux, que ce soit sur le terrain même ou par le biais d'analyses visant à comprendre comment les vestiges qui y ont été découverts s'intègrent à l'intérieur d'un espace plus vaste que celui du Saguenay ou de la Haute-Côte-Nord (Langevin, 2015).

Ce texte se veut donc à la fois une synthèse des données archéologiques recueillies sur le cours inférieur de la rivière Saguenay et une proposition préliminaire de ce que pouvait être, au quotidien, le vécu des différents groupes humains qui se sont succédé dans le fjord du Saguenay depuis des milliers d'années.

Les lieux

Grottes du Saguenay

Dans les années 1960, Léo Brassard (fondateur du mouvement des Jeunes Explorateurs et de la revue des Jeunes Naturalistes, aujourd'hui Québec-Science), mis au fait par le fondateur de la Société historique du Saguenay de la présence de grottes habitées au cours de l'histoire ancienne et à la

demande de celle-ci, procéda à une série d'interventions visant à documenter ces lieux disséminés entre Tadoussac et l'anse Gagnon, située à environ 30 km en amont. Il s'agit, pour ces quatre grottes, d'abris sous roche (figures 1 et 2) plus ou moins accessibles depuis la berge de la rivière Saguenay. Trois de ces abris auraient servi de sépulture pour une dizaine d'individus (Brassard, 1961).

Les trois campagnes de fouilles menées en 1948, 1949 et 1954 constituent les activités archéologiques les plus anciennes effectuées sur tout le bassin hydrographique de la rivière Saguenay en amont de Tadoussac (tableau 2). Quoique ces interventions aient eu lieu à un moment où le Québec ne comptait encore aucun archéologue professionnel, la méthodologie utilisée par Léo Brassard, dont l'intérêt pour la spéléologie en fait un pionnier dans ce domaine au Québec, n'a pas beaucoup à envier aux standards actuels. Non seulement celui-ci divisa-t-il les sites en portions égales numérotées, mais chaque objet recueilli a aussi été relié à la position précise, tant horizontale que verticale, qu'il occupait à l'intérieur de

Érik Langevin, Ph. D., professeur à l'Université du Québec à Chicoutimi

erik_langevin@uqac.ca

Noémie Plourde, candidate à la maîtrise en sciences, Université du Québec à Chicoutimi

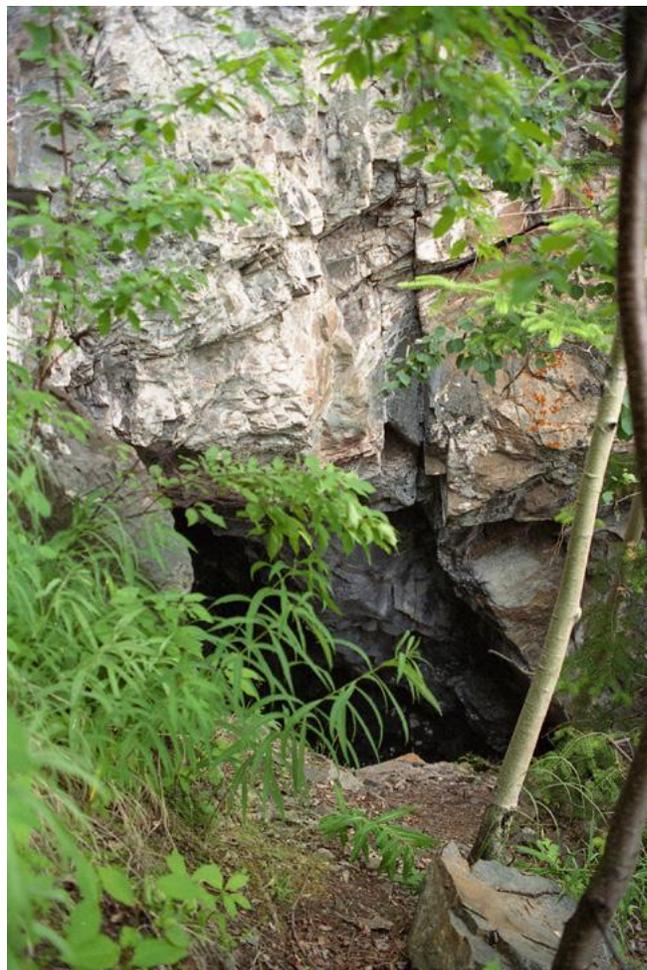


Figure 1. Grottes du Saguenay, sites DaEk-34 et 36 (Langevin, 2015).

la portion d'origine. De nombreuses photographies ont été prises et de nombreux plans ont été élaborés pendant ces activités. Par la suite, Brassard fit appel à différents spécialistes afin d'identifier les espèces animales présentes, caractériser les restes humains et décrire la culture matérielle.

La rivière Sainte-Marguerite

En amont de trois de ces grottes situées à quelques kilomètres de l'embouchure du Saguenay, se trouve le delta de la rivière Sainte-Marguerite. D'une longueur approximative de 250 km (tous bras confondus), cette rivière se jette dans la rivière Saguenay à environ 25 km en amont de Tadoussac et à 75 km en aval de La Baie. La superficie de ce sous-bassin hydrographique est de 3246 km² et ses principales branches s'écoulent sur un parcours sinueux sur leur cours inférieur (Langevin et Plourde, 2017).

La rivière Sainte-Marguerite apparaît rapidement dans les mentions ethnohistoriques, et ce, tant dans l'écrit que sur les cartes. Dès 1612, Champlain, qui en 1603 se serait rendu en amont de la rivière, en dessine le cours inférieur. C'est la présence des îles, à peu de distance de son embouchure, qui permet d'ailleurs de la distinguer. Avant même la carte de



Figure 2. Grottes du Saguenay, site DaEm-A (Langevin, 2015).

Champlain, notons celle de Mercator (1569), relativement exacte en ce qui a trait à la partie du fjord où se trouve la rivière Sainte-Marguerite (figure 3).

Les mentions écrites concernant la rivière Sainte-Marguerite sont tout aussi nombreuses. En effet, parce que la rivière Sainte-Marguerite offre un vaste espace pour les bivouacs et qu'elle se situe à une bonne distance de Tadoussac, il arrivait

Tableau 1. Ventilation des sites archéologiques par période chronologique (Langevin, 2015).

Nom du site	Historique/ Protohistorique (années A.A.)	Paléohistorique (années A.A.)						Total* (sites)
	0 - ~400	~400-1000	1000-2400	2400-3000	3000-6000	>6000	Ind.	
à Mars	1	-	-	-	-	-	-	1
Ha!Ha!	1	-	-	-	-	-	-	1
à la Croix	8	4	3	1	3	-	5	13
Éternité	-	-	-	-	-	-	-	0
Saint-Jean	4	-	-	-	-	-	4	6
Petit-Saguenay	1	-	-	-	2	-	3	6
Sainte-Marguerite	9	2	1	1	4	2	2	13
Rivière Saguenay	9	-	1	-	-	-	1	9
Tadoussac	20	2	1	-	7	6 (?)	20	47
TOTAL	53	8	6	2	16	8 (?)	35	96

*La non-équivalence découle du fait qu'un site peut témoigner de plusieurs fréquentations dans le temps

Tableau 2. Sites archéologiques associés aux grottes du Saguenay (Langevin, 2015).

Code Borden	Feuillet 1 : 50000	Type d'intervention	Nombre d'objets	Typologie*					État vertical†	Chronologie (années A.A.)
				lithique	cér.	hist.	oss.	str.		
DaEk- 34	22 C/04	fouilles	44	-	-	X	X	X	surf./strat.	350-600
DaEk-36	22 C/04	fouilles	723	-	-	X	X	X	surf./strat.	350-600
DaEk-37	22 C/04	fouilles	216	-	-	X	X	X	surf./strat.	350-600
DbEm-a	22 D/08	fouilles	23	-	-	X	X	X	surf./strat.	350-600

* cér : céramique; hist: vestiges historiques; oss. : ossements; str. : éléments structuraux.

† surf : site de surface; strat : site en stratigraphie.

fréquemment qu'on y campe le temps de reprendre des forces ou encore, comme dans le cas de Dequen en 1647, lorsque la météo ne permettait pas de naviguer sur la rivière Saguenay en toute sécurité. Sur les anciennes cartes, la dénomination actuelle apparaît pour la première fois sur la carte de Laure de 1731. Ce pourrait d'ailleurs être le père Laure lui-même qui la baptisa de ce nom, alors que son nom en langue locale n'apparaît sur aucune carte. Selon des données ethnohistoriques du XVIII^e siècle, il appert que les membres des Premières Nations remontaient la rivière sur plusieurs kilomètres afin d'en exploiter les différentes ressources fauniques (castor, caribou, saumon, etc.) particulièrement abondantes (CERHS, 1968).

Avant 1992, on ne connaissait à peu près rien du potentiel archéologique de la rivière Saguenay à l'est de Chicoutimi et à l'ouest de Tadoussac. Malgré tout, déjà à ce moment, quelques interventions mineures avaient permis de cibler l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite et de l'anse à la Croix. Quelques vestiges témoignant d'une présence humaine ancienne avaient également été recueillis à Saint-Basile-de-Tableau, à quelques kilomètres en aval de la municipalité de Sainte-Rose-du-Nord. Il a fallu attendre les études effectuées successivement par Ethnoscop (1993) et Arkéos (1996), dans le cadre de l'établissement du Parc

Saguenay, pour que soit mise en lumière la richesse du cours inférieur, et plus particulièrement de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, et que soit caractérisé l'impact de l'occupation humaine sur l'environnement naturel de son delta. L'exercice ainsi amorcé s'est poursuivi aux printemps 1996, 1997, 1999 à 2003, 2005 à 2010 dans le cadre de stages de fouille printaniers organisés par le Laboratoire d'archéologie de l'Université du Québec à Chicoutimi (Langevin et Plourde, 2017). Tous ces travaux ont permis de découvrir des vestiges archéologiques témoignant de près de 8000 ans de fréquentation parfois très intense, si l'on tient compte de la richesse matérielle de quelques-uns de ces sites (tableau 3; figure 4).

L'anse à la Croix

La rivière à la Croix draine un bassin de 122 km² et s'écoule sur une distance approximative de 29,5 km. Ce n'est donc ni par son débit, ni par sa richesse faunique et encore moins aux lieux auxquels son cours supérieur donne accès que cette rivière se caractérise, mais plutôt par la densité de sites archéologiques qui ont été découverts à sa confluence avec la rivière Saguenay.

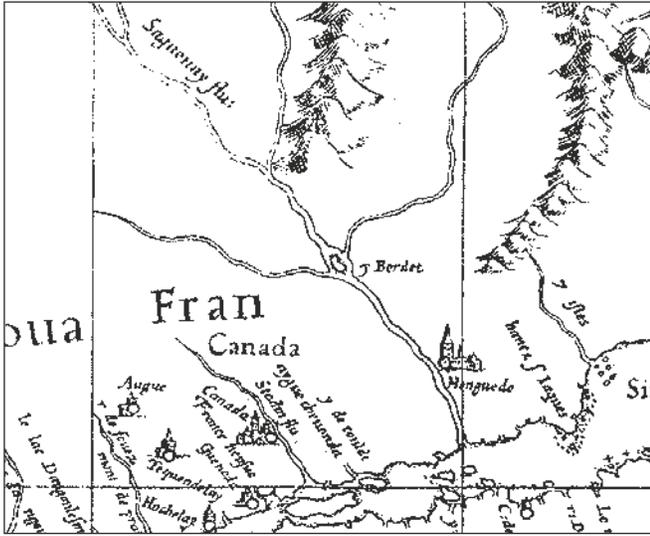


Figure 3. Extrait de la carte de Mercator (1569) (Langevin, 2015).

L'anse à la Croix n'est que l'une des quelques anses qui, entre La Baie et Tadoussac, constituent des oasis entre les pics escarpés du fjord. Or, il semblerait que tout au plus une dizaine de ces anses présentent les caractéristiques nécessaires à une occupation même brève des lieux, à savoir : de l'eau douce, une exposition favorable aux vents, une facilité d'accès, des sols meubles, etc. Située sur la rive sud du Saguenay, à mi-chemin des municipalités de La Baie (15 km) et de Rivière-Éternité (25 km), l'anse à la Croix se trouve à la sortie de la baie des Ha! Ha!, directement devant l'étranglement qui mène vers le Haut-Saguenay (figure 5).

Cette anse montre une superficie de la zone de marnage de plus de 100 000 m². Derrière cette zone de marnage, cinq niveaux majeurs de terrasses plus ou moins planes s'étendent sur des centaines, voire plusieurs milliers de mètres carrés. Entre ces plateaux, la déclinaison est généralement accentuée et rend difficile l'accès à l'arrière-pays.

Aucune mention historique écrite suffisamment précise ne mentionne cette rivière dont les caractéristiques ne semblent pas, au premier coup d'œil, présenter un grand potentiel archéologique. Les documents iconographiques datant d'avant le milieu du XVIII^e siècle semblent pourtant suggérer que le secteur était bien connu tant des Amérindiens que des Européens. C'est en 1733, sur l'une des cartes du père Laure, qu'apparaît pour la première fois le lac à l'Anguille qui prendra plus tard le nom de lac Otis. L'information est reprise sur la carte de Bellin en 1744, qui indique la présence d'un portage partant de la rivière Saguenay vers la rivière Malbaie, en passant par le lac à l'Anguille. La carte anonyme de 1748, qui est à plus grande échelle, précise encore mieux l'emplacement de ce portage et du lac à l'Anguille.

Les interventions annuelles effectuées depuis 1996 sur le bassin hydrographique de la rivière à la Croix se limitent, pour l'essentiel, à sa confluence avec la rivière Saguenay (Langevin et collab., 2015). La première intervention archéologique documentée sur ce sous-bassin hydrographique date de 1990, lors de la construction d'infrastructures pour une mégaproduction cinématographique (Ethnoscop, 1990). En 1996, des fouilles plus extensives ont débuté et se poursuivent depuis lors, ce qui fait de l'anse à la Croix l'un des lieux où les efforts de fouille ont été les plus soutenus au Québec (tableau 4).

Tableau 3. Sites archéologiques associés au bassin hydrographique de la rivière Sainte-Marguerite.

Code Borden	Feuillet 1 : 50000	Type d'intervention	Nombre d'objets	Typologie*					État vertical†	Chronologie (années A.A.)
				lithique	cér.	hist.	oss.	str.		
DbEl-1	22 C/05	sondages	1230	ch-qzt	X	X	X	X	surf./strat.	0 à 350; 350 à 1000
DbEl-2	22 C/04	sondages	230	-	-	X	-	X	surf./strat.	0 à 150
DbEl-3	22 C/04	sondages	383	-	-	X	-	X	surf./strat.	0 à 150
DbEl-4A	22 C/04	fouille	513 975	sch-qz	-	-	X	X	stratigr.	3000 à 6000
DbEl-4B	22 C/04	fouille	1839	sch-ch	-	-	X	-	stratigr.	3000 à 6000
DbEl-9A	22 C/04	fouille	20574	ch-qzt	X	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 1000 à 2400; 2400 à 3000 ??
DbEl-9B	22 C/04	fouille	105 017	qz-ch	X	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 350 à 1000; 1000 à 2400
DbEl-10A	22 C/04	fouille	7138	qz-ch	-	X	X	-	stratigr.	0 à 50; 6000 à 8000
DbEl-10B	22 C/04	fouille	888 820	sch-qz	-	-	X	X	stratigr.	3000 à 6000
DbEl-10C	22 C/04	sondages	113	sch-qz	-	-	-	-	stratigr.	6000 à 8000
DbEl-11	22 C/05	sondages	5	ch-qzt	-	-	-	-	stratigr.	0 à 350; 350 à 6000
DbEm-3A	22 D/08	sondages	174	sch-qz	-	X	X	X	stratigr.	0 à 150; 3000 à 6000
DbEm-3B	22 D/08	sondages	163	ch	-	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 350 à 6000

* cér : céramique; hist: vestiges historiques; oss. : ossements; str. : éléments structuraux.

† surf: site de surface; strat: site en stratigraphie.

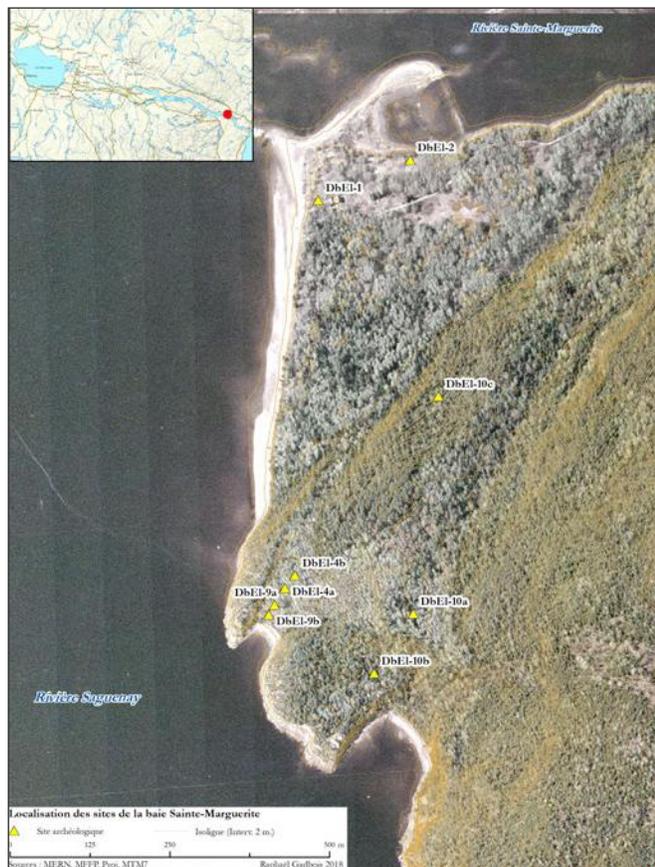


Figure 4. Distribution des sites archéologiques du sous-bassin de la rivière Sainte-Marguerite.

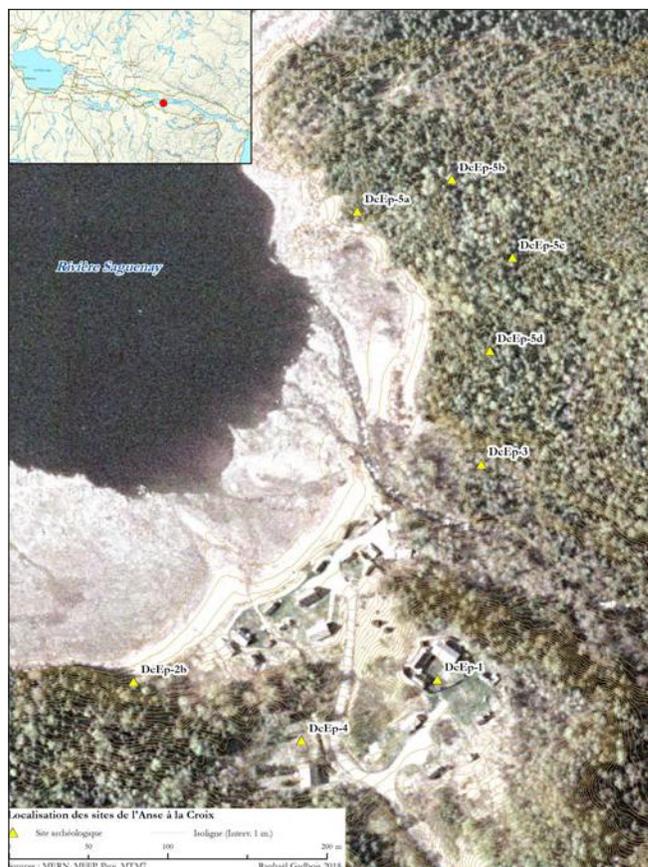


Figure 5. Distribution des sites archéologiques du sous-bassin de la rivière à la Croix.

La trame chronologique et culturelle

Présence humaine d'env. 350 à env. 470 A.A. (Avant Aujourd'hui¹)

La représentation archéologique

Les mentions ethnohistoriques décrivant la remontée de la rivière Saguenay sont nombreuses. Depuis le passage de Champlain en 1603, voire ceux de Cartier et de Roberval dans la première moitié du XVI^e siècle, et jusqu'au XIX^e siècle, on ne compte plus les horribles mésaventures des voyageurs malheureux qui ne tenaient pas compte des vents, des intempéries, de la nuit, du courant et de la marée. Dans un tel contexte, il est certain que ceux qui ont emprunté ce trajet espéraient rencontrer des lieux où ils pourraient éventuellement s'abriter (Langevin, 2015).

D'un autre côté, l'importance stratégique de la rivière Saguenay, en tant que lien entre le littoral marin et l'intérieur des terres, a contribué à faire de ce cours d'eau la colonne vertébrale d'un vaste réseau hydrographique permettant d'atteindre le territoire des Grands Lacs ainsi que la Baie d'Hudson. Il ne faut donc pas s'étonner que ce cours d'eau

ait été fréquenté pendant une grande partie de l'histoire des Premières Nations, et plus encore au moment où tout le territoire du Québec était occupé par différentes nations au mode de vie parfois similaire, parfois bien différent, mais toujours en lien avec l'environnement immédiat.

Un premier indice d'une fréquentation, pendant cette période, par des groupes autochtones a été découvert dans le secteur des grottes du Saguenay. Au cours des fouilles effectuées au début des années 1960, on y a découvert environ 1000 objets de toute nature parmi lesquels des incisives de castor (*Castor canadensis*) perforées, des lambris d'écorce troués, des restes d'animaux et différents objets transformés en os, en bois ou en émail. Trois de ces quatre lieux ont été revisités en 2002 et ont fait l'objet d'une présentation publique en 2007 (Langevin et collab., 2007).

Les restes d'objets en écorce découverts dans chacune de ces grottes (sites DaEk-34, 36 et 37, DbEm-a), en association avec des parures en os, en coquillage ou en émail, suggèrent une fabrication et une utilisation de la part de membres des Premières Nations, qu'ils soient Ilnus ou autres. Plusieurs de ces vestiges, qui n'ont à ce jour pas été positionnés avec précision dans le temps, datent probablement d'un moment où la pensée judéo-chrétienne n'avait pas encore totalement submergé la vision du monde autochtone. Des colliers de dents, de griffes et de perles en os accompagnaient en effet

1. L'utilisation de l'acronyme A.A. à la suite d'une mention chronologique réfère à une locution « Avant Aujourd'hui » fréquemment utilisée en archéologie et prenant comme point de référence la date de 1950. En exemple, 950 A.A. référerait à l'an 1000 de notre ère.

Tableau 4. Sites archéologiques associés au bassin hydrographique de la rivière à la Croix.

Code Borden	Feuillet 1 : 50000	Type d'intervention	Nombre d'objets	Typologie*					État vertical†	Chronologie (années A.A.)
				lithique	cér.	hist.	oss.	str.		
DcEp-1	22 D/07	sondages	116	qz-ch	-	X	X	-	stratigr.	0 à 50; 3000 à 6000
DcEp-2	22 D/07	fouille	66 689	plu-qz	X	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 350 à 1000; 1000 à 2400
DcEp-2b	22 D/07	sondages	16	cal-qz	-	X	-	X	stratigr.	350 à 3000
DcEp-3	22 D/07	fouille	42 094	cal-plu	-	X	X	X	stratigr.	150 à 350; 350 à 1000
DcEp-4	22 D/07	fouille	5282	ch-qu	-	X	X	X	stratigr.	0 à 50; 3000 à 6000
DcEp-4B	22 D/07	fouille	25	qzt-qu	-	-	X	X	surf./strat.	3000 à 6000 ??
DcEp-5A	22 D/07	fouille	18 997	ch-qz	X	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 350 à 1000; 1000 à 2400
DcEp-5B	22 D/07	fouille	12 164	qzt-ch	X	X	X	X	stratigr.	0 à 350; 350 à 1000; 1000 à 2400; 2400 à 3000
DcEp-5C	22 D/07	fouille	470	ch-qzt	-	-	X	X	stratigr.	350 à 6000
DcEp-5D	22 D/07	fouille	6879	cal-qzt	-	X	X	X	Stratigr.	0 à 350; 350 à 6000
DcEp-6	22 D/07	sondages	28	qzt-qz	-	-	X	X	stratigr.	350 à 6000
DbEp-1	22 D/07	sondages	76	qz-ch	-	-	X	X	stratigr.	350 à 6000
DcEp-A	22 D/07	sondages	44	-	-	X	-	-	surf./strat.	0 à 150

* cér : céramique; hist: vestiges historiques; oss. : ossements; str. : éléments structuraux.

† surf: site de surface; strat: site en stratigraphie.

des ossements humains. Des offrandes alimentaires auraient également été laissées sur place, alors que les objets d'origine européenne, parmi lesquels les crucifix et les chapelets qui pourraient sembler les plus susceptibles d'accompagner la dépouille de convertis, sont absents des assemblages. En fait, seul l'assemblage du site DaEk-37 (grotte 3) contenait plus d'un objet d'origine européenne (clous et autres débris ferreux). L'assemblage du site DaEk-36 (grotte 2) contenait, quant à lui, une perle en cuivre (cône clinquant), qui a peut-être été découpée à même un chaudron d'origine européenne.

Plus en amont, à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, on a découvert des vestiges qui dateraient vraisemblablement de la fin du XVI^e siècle, du début du XVII^e siècle, et de la fin du XVII^e siècle jusqu'au début du XVIII^e siècle (Langevin, 2015). Ces occupations se démarquent par la présence de vestiges caractéristiques des échanges culturels entre des membres des Premières Nations et les Européens, c'est-à-dire des perles de verre, un chapelet, une bague de Jésuites, des pierres à fusil, etc.

Sur le bassin hydrographique du Saguenay, il est rare de retrouver en association des éléments de culture matérielle européenne et des vestiges lithiques. En effet, il est traditionnellement reconnu que l'arrivée des Européens a marqué la fin rapide de l'utilisation de la pierre chez les membres des Premières Nations (Langevin, 2015). Ce n'est toutefois pas ce qui a été observé dans certains assemblages de l'anse à la Croix, où tant des vestiges de pierre que des objets d'échange de fabrication européenne semblables à ceux mentionnés précédemment ont été découverts.

Alors que la plupart de ces sites ont livré des vestiges historiques semblables à ceux des lieux précédemment mentionnés, l'un des sites archéologiques de l'anse à la Croix se distingue pourtant des autres lieux fréquentés au cours de cette période. En effet, sur le site DcEp-3, la principale composante de l'assemblage consiste en débris osseux, plus particulièrement des déchets de boucherie, la plupart d'entre eux étant écrus, recueillis dans deux vastes concentrations situées non loin l'une de l'autre. L'analyse d'une partie de l'assemblage osseux a permis de dénombrer les restes osseux de plusieurs animaux, principalement du gros gibier. Ainsi, au moins trois caribous (*Rangifer tarandus caribou*) et un orignal (*Alces americanus*) y ont été partiellement ou entièrement dépecés. S'ajoutent à ceux-ci des ossements d'à peu près tous les mammifères de taille moyenne répertoriés dans les forêts de la zone subarctique. Les salmonidés (*Salmonidea*) et certains oiseaux, telle la perdrix (*Bonasa umbellus*), sont également représentés (Ostéothèque de Montréal, 1998; 1999).

Interprétation des données

Pour l'heure, les lieux où des vestiges archéologiques de cette période ont été découverts présentent une panoplie d'activités auxquelles s'adonnaient les populations qui fréquentaient la rivière à ce moment. Ces mêmes assemblages archéologiques livrent des indices sur l'identité de ces mêmes populations.

Tout d'abord, notons que les sites des grottes du Saguenay et le site DcEp-3 semblent représenter des événements singuliers, alors que la station B du site DbEl-9

(rivière Sainte-Marguerite) et les stations B et C du site DcEp-5 (anse à la Croix) auraient été fréquentés de façon récurrente (Langevin, 2015). La fréquentation de certains lieux a donc traversé les siècles, alors que dans d'autres cas, le lieu a été utilisé dans le cadre d'activités particulières.

Par ailleurs, autant en ce qui concerne les grottes que le site DcEp-3, la configuration géographique ne constituait pas un attrait. En effet, les grottes du Saguenay sont soit difficilement accessibles, soit peu accueillantes, soit les deux, compte tenu de leur superficie et de leur configuration. Quant à la terrasse où se trouve le site DcEp-3, celle-ci est très exposée aux vents violents et présente un profil qui rend l'abordage difficile, particulièrement à marée haute. Au contraire, la station B du site DbEl-9 et les stations B et C du site DcEp-5 présentent de vastes terrasses bien drainées, relativement à l'abri des vents dominants et faciles d'abordage.

Ces différentes configurations géographiques ont certes influencé les activités pratiquées. Alors que les sites qui présentent une configuration accueillante ont livré de nombreux indices d'activités quotidiennes (vaste superficie occupée, assez grande productivité artéfactuelle, aires de combustion et variabilité de la culture matérielle), les secteurs plus contraignants semblent présenter soit une surface occupationnelle restreinte, soit une variabilité réduite des vestiges soit l'indication d'une fonction spécialisée des objets qu'on y a recueillis, soit plusieurs de ces aspects.

Sur le site DcEp-3 de l'anse à la Croix, par exemple, aucun outil lithique fonctionnellement assignable n'a été recueilli, malgré la présence de 16 objets dont la fonction présumée incite à les placer sous cette rubrique. Pour déterminer la nature des activités qui ont eu lieu sur ce site, c'est avant tout la présence de caribous qui est la plus indicatrice. Jusqu'au début du XX^e siècle, le caribou forestier était bien présent sur une bonne partie du bassin hydrographique de la rivière Saguenay. Les mœurs de cet animal, qui se tient en petites hardes, dont la migration est limitée et qui préfère fréquenter la forêt boréale là où le lichen est abondant, rendent peu probable sa capture en nombre important à proximité immédiate des berges du fjord. Pourtant, l'analyse a révélé que des parties de crânes, de thorax et de membres inférieurs sont présentes dans l'assemblage qui a été recueilli, ce qui pourrait indiquer que les animaux auraient été abattus à proximité du site ou, du moins, le long du cours moyen ou inférieur de la rivière. En effet, transporter une carcasse complète sur plusieurs dizaines de kilomètres, même en la glissant sur la neige, constitue un comportement énergivore, illogique pour des populations en équilibre avec leur environnement.

Se pourrait-il que le site DcEp-3 ait constitué un bref arrêt pour une famille qui migrerait vers l'intérieur des terres à l'automne? Le nombre d'espèces représentées dans l'assemblage ostéologique suggère que cet arrêt sur la partie orientale de la basse terrasse de l'anse à la Croix aurait duré plusieurs jours. En effet, le transport et la consommation de trois carcasses de caribou et d'un orignal, la chasse d'une série de vertébrés de même que la fabrication d'un certain nombre d'objets en

os sont toutes des activités qui ne peuvent être réalisées en quelques heures. Non seulement ces activités doivent-elles s'étendre sur plusieurs jours, mais en plus, elles requièrent l'énergie de plus d'un individu. Il convient de rappeler que le fjord du Saguenay se découpe en trois zones écologiques : des basses terres, caractérisées par un environnement laurentien, des hautes terres, jouissant d'un environnement subarctique, et un environnement de taïga (les sommets des montagnes). Pour des chasseurs, il suffisait donc de parcourir quelques kilomètres pour avoir accès à une variété de ressources.

Ce gisement correspondrait avant tout à une aire de rejet, ou du moins à un secteur de dépeçage. Au moment de la fouille, des particules de charbon étaient présentes, mais aucune trace de chauffe évidente n'a été observée sur le sol ou sur des pierres qui auraient pu constituer les limites d'aires de combustion. En fait, seuls quelques os cuits découverts à travers les os écroulés témoignent d'activités de chauffe.

Parmi ces débris osseux incluant de nombreuses dents, différents éléments historiques ont été identifiés : des rasades, des pierres à fusil, de la chevrotine et quelques balles de mousquet. Des éclats de pierres provenant probablement d'activités de raffûtage se trouvaient pêle-mêle avec les fragments d'os. Une fois de plus, ces indices tendent vers une fonction de dépeçage. Cela étant dit, on doit encore découvrir l'endroit où ceux qui ont accumulé ces débris s'installaient pour dormir, voire se réunissaient pour discuter de leurs activités de chasse.

Plus en aval, les sites des grottes du Saguenay présentent des contextes mortuaires, parmi les rares de cette époque à avoir été identifiés au Québec. L'analyse des 199 restes humains a révélé que ceux-ci seraient probablement ceux de membres des Premières Nations, sans pour autant qu'il soit possible, à partir de ces analyses, d'en déterminer l'ancienneté ou l'identité ethnique. Dans la seule grotte 2 (site DaEk-36, tableau 2), ces ossements représenteraient les restes de quatre adultes et d'un enfant. Il est cependant impossible de déterminer si les cinq corps ont été rassemblés au même moment ou s'il s'agit d'une utilisation répétitive du lieu. Quoiqu'il en soit, sans qu'on parle à proprement dit d'un cimetière, la présence de très nombreux corps fait de cet endroit un lieu culturel unique sur le bassin hydrographique de la rivière Saguenay.

Malgré des assemblages limités quant à leur productivité artéfactuelle, quelques indices permettent de positionner dans le temps ces événements. Il y a tout d'abord la présence d'ossements de tourtes (*Ectopistes migratorius*), espèce maintenant disparue et dont l'abondance avait déjà visiblement diminué dans le paysage québécois dès le troisième quart du XIX^e siècle². Cet indice constitue dès lors une limite *antequam*, à savoir que l'évènement est nécessairement antérieur à ce moment.

À l'opposé, plusieurs perles en coquillage semblables à celles confectionnées par les Iroquoiens du Saint-Laurent ont été découvertes en association avec les corps (figure 6). Or, les

2. <http://pleinderessources.gouv.qc.ca/chronique/capsule/pleins-feux-sur-chasse-tourte-167.html>

experts s'entendent pour estimer que les Iroquoiens du Saint-Laurent seraient disparus de la vallée du Saint-Laurent dans le troisième quart du XVI^e siècle, plus précisément vers 1580. Qui plus est, sur le bassin hydrographique du Saguenay, des perles de verre datant de la première moitié du XVI^e siècle ont été découvertes sur plusieurs gisements, alors que les perles en coquillage sont pour ainsi dire absentes³. On peut donc estimer que ces perles datent d'avant la fin du XVI^e siècle. Cet indice pourrait donc repousser l'âge de ces corps à cette période.

Dans le même ordre d'idées, l'absence de vestiges d'origine euro-québécoise dans deux des quatre grottes tend à suggérer une ancienneté de ces lieux. Rappelons en effet que dès le début du XVII^e siècle, les perles de verre, probablement l'un des produits européens les plus visibles archéologiquement parmi les membres des Premières Nations, mais également les chaudrons à base de cuivre, avaient fait leur apparition sur des sites du Haut-Saguenay et du Lac-Saint-Jean (Moreau, 2014; Moreau et Hancock, 2007).

La découverte de rouleaux d'écorce, qui représenteraient les restes de canots, de paniers, de sépulcres ou encore de fragments dédiés à la fabrication de tentes, plaide pour un âge de tout au plus quelques siècles. En effet, l'écorce, dans un environnement subarctique, tend à rapidement disparaître. Les grottes du Saguenay n'étant pas très profondes, il est peu probable que les écarts de température à l'extérieur, de même que les précipitations, n'aient affecté les vestiges organiques qui s'y trouvaient. Il semble donc peu probable que ces écorces datent de milliers d'années.

Finalement, l'absence de vestiges lithiques pourrait suggérer que ces sépultures datent d'un moment où ce matériel tendait à disparaître de la boîte à outils des membres des Premières Nations qui fréquentaient le cours inférieur de la rivière Saguenay. Bref, ces observations tendent à plaider pour une chronologie dans la seconde moitié du XVI^e siècle, alors que les Basques et les marchands malouins pourraient avoir été les principaux pourvoyeurs de biens européens (Moussette et Waselkov, 2014. Biens dont le nombre ne permettait pas qu'ils soient présents en grand nombre dans le contexte d'activités aussi « identitaires » que celles associées aux défunts. Quant à l'absence de vestiges lithiques et de céramique dans ces sépultures, rappelons que les contextes sépulcraux de la fin de la paléohistoire ne sont pas ceux où ce genre d'objet est le plus courant, en particulier chez les Iroquoiens du Saint-Laurent (Roland Tremblay, 2017, communication personnelle).

Tous ces indices convergent donc pour suggérer une fréquentation des grottes au XVI^e siècle, pour celles qui ont livré quelques objets de facture européenne, et possiblement plus ancienne que le début du XVI^e siècle pour les deux autres⁴.

3. Une seule perle en coquillage, d'un style par ailleurs différent, a été associée à la composante du Sylvicole supérieur ancien du site DcEp-2 de l'anse à la Croix.

4. De récentes datations au Carbone 14 (14C) ont permis de déterminer que si l'assemblage de la grotte 3 date en effet d'environ 700 A.A. (UCIAMS-182555), l'assemblage de la grotte 2 daterait, quant à lui, de 2090 A.A. (UCIAMS-182554), ce qui en ferait l'un des rares contextes funéraires de cette période dans le nord-est de l'Amérique du Nord.

Conclusions

Comme de nombreuses sources ethnohistoriques en témoignent, les indices archéologiques suggèrent également que la rivière Saguenay aurait été fréquentée au moment de la période de contact par des groupes circulant dans la région de Tadoussac, voire dans la vallée du Saint-Laurent (Langevin, 2015; Moreau et Langevin, 2011). Après la disparition des Iroquoiens du Saint-Laurent vers 1580, sur la base des indices lithiques et autres, il semble en effet que si les groupes de l'intérieur fréquentaient la rivière, leur présence dans le Bas-Saguenay se limitait à quelques échanges de biens et d'idées avec un ou des groupes pour qui Tadoussac constituait peut-être la tête de pont de leur territoire. Ces échanges auraient alors eu lieu sur la partie médiane de la rivière Saguenay, peut-être dans le secteur de Chicoutimi, ce qui expliquerait la rareté des vestiges archéologiques qui peuvent être directement associés aux groupes de l'intérieur.

En ce qui a trait à l'identité des acteurs sur certains des gisements mentionnés ci-dessus, les grottes du Saguenay posent un problème particulier au regard de l'absence de perles de verre et autres objets fréquents à partir du début du XVI^e siècle. Souvent, les contextes archéologiques de type funéraire sont intrigants, en ce sens qu'ils se démarquent de ceux du quotidien. Ces contextes ne répondent en effet à aucun impératif autre que spirituel. Ainsi, le rituel est souvent l'univers du beau, à défaut d'être celui du pratique. Dans les sites des grottes du Saguenay, cette situation ressort tout particulièrement, car les objets qui y dominent sont peu présents dans tous les autres sites du bassin hydrographique de la rivière Saguenay.

Le seul lieu avec lequel des liens typologiques pourraient être tirés est celui du poste de traite de Chicoutimi, où certains objets en os et quelques éléments en coquillages ont été associés à la composante de l'Iroquoisie laurentienne. Des perles en os d'oiseau, semblables à celles de la figure 6 ont également été recueillies sur le site Mandeville, associé aux Iroquoiens du XVI^e siècle. Bref, parmi tous les sites précédemment mentionnés, seules les grottes pourraient éventuellement dater du XVI^e siècle, après le passage de Jacques Cartier (en raison de la présence de quelques vestiges historiques), mais avant 1580, date présumée de la disparition des Iroquoiens du Saint-Laurent.

Sur les sites de l'Anse-à-la-Croix, à cette période, la présence de matières premières (chert et calcédoine) venant possiblement des deux extrémités de la rivière Saguenay pourrait donner quelques indications sur l'identité propre de ceux qui, au moment de la fondation de la traite de Tadoussac (XVII^e siècle), fréquentaient la rivière Saguenay, ou tout au moins, son cours inférieur (Moreau et collab., 2016). S'il s'agissait d'Innus du Lac-Saint-Jean, la présence de chert vert s'explique mal, puisque cette matière était plutôt rare au Lac-Saint-Jean au cours de cette période. Par contre, s'il s'agissait de Micmacs, d'Abénaquis, de Montagnais ou de tout autre groupe algonquien préférant fréquenter la vallée du Saint-Laurent, la présence du chert étonne bien moins. Cependant, celle de la calcédoine du Lac-Saint-Jean s'explique plus difficilement,



Figure 6. Parures sur coquillage accompagnant les défunts, trouvées aux sites des grottes du Saguenay (Brassard 1961, Archives de la Société historique du Saguenay).

à moins que ces groupes n'aient poussé leurs pérégrinations plusieurs dizaines de kilomètres en amont. Il pourrait dès lors s'agir de ces « Rats Musqués » dont parle Dawson (2005), qui auraient contrôlé le commerce des fourrures sur la rivière Saguenay, possiblement jusqu'à Chicoutimi. Ceux-ci auraient pris le relais des Iroquoiens du Saint-Laurent, récemment disparus. Le chert vert aurait alors pu être obtenu par ces gens de Tadoussac lors d'échanges avec d'autres groupes algonquiens se trouvant sur le fleuve, en amont de Tadoussac.

Présence humaine d'env. 400 à 2400 A.A.

Au contraire de la période précédente qui couvrait à peine un siècle, la période du Sylvicole, représentée entre Tadoussac à l'est et la municipalité de Saguenay à l'ouest, s'étend sur près de deux millénaires. Pour les archéologues, elle se subdivise en deux grandes sous-périodes de durée inégale. La plus récente, dénommée Sylvicole supérieur, s'étend sur environ 500 ans, alors que la seconde couvre environ un millénaire.

La représentation archéologique du Sylvicole supérieur (d'env. 400 à 1000 A.A.)

Alors que des découvertes effectuées au début des fouilles du site DcEp-2 de l'anse à la Croix suggéraient que le dernier demi-millénaire avant l'arrivée des Européens constituait la principale période représentée à l'anse à la Croix, les travaux subséquents n'ont pas permis d'appuyer cette hypothèse. Quelques pièces sont tout de même venues suggérer que l'anse à la Croix a été fréquentée au cours de cette période



Figure 7. DbEI-9, station B, tessons au bord crestellé datant d'environ 350 à 550 A.A. (Langevin 2015).



Figure 8. DbEI-9, station B, tesson datant d'environ 1500 à 2400 A.A. (Langevin 2015).

d'environ un demi-millénaire. Parmi ces pièces, notons, sur le site DcEp-2, la découverte de trois perles discoïdes en stéatite et d'une perle de nacre, objets occasionnellement trouvés dans les contextes iroquoiens (Pendergast, 1985; Wintemberg, 1908; 1972). Sur la station A du site DcEp-5, ce sont des tessons de céramique qui témoignent de cette présence, alors que sur la

station B de ce même site, des objets de mouture et un possible lit de graviers pourraient être sensiblement contemporains, d'après les similitudes entre certains outils en pierre.

Sur les basses terrasses de la rivière Sainte-Marguerite, l'intensité de la fréquentation semble plus forte, comme en témoigne le nombre de vases en céramique (figure 7). La comparaison entre ces gisements (Sainte-Marguerite et Anse-à-la-Croix) est difficile parce que l'intensité de l'occupation semble très différente et que les gisements sont à multiples composantes indifférenciées verticalement.

Quoi qu'il en soit, tant à l'anse à la Croix que sur la rivière Sainte-Marguerite, les indices démontrent que la présence de groupes des Premières Nations s'inscrivait dans une continuité sinon culturelle, tout au moins comportementale, qui aurait minimalement débuté au cours des siècles, voire du millénaire, précédents. Cette fréquentation répétitive des mêmes endroits ne signifie pas pour autant que les acteurs d'une même lignée aient pris cette habitude et l'aient culturellement reproduite de génération en génération. En effet, la productivité des gisements, fût-elle de quelques milliers d'objets comme pour la station B de DcEp-5 à l'anse à la Croix ou encore de dizaines de milliers pour la station B de DbEl-9 sur la rivière Sainte-Marguerite, de même que la nature des artefacts plaident pour des occupations ponctuelles récurrentes ayant comme toile de fond la configuration géographique des lieux, dans le cas de l'anse à la Croix, et la productivité écologique, dans celui des sites de la rivière Sainte-Marguerite. Il ne s'agit donc pas de répéter un schème culturel, mais plutôt d'exploiter des lieux stratégiques. Néanmoins, à l'échelle de quelques générations successives sur le demi-millénaire que dura cette époque, il se peut que ces lieux aient été connus et reconnus.

À une échelle plus globale, il est vraisemblable que ce que l'on reconnaissait, c'était le fjord de la rivière Saguenay dans sa totalité plutôt que des lieux spécifiques. Dans un tel contexte, on pourrait proposer que le fjord en tant que territoire ait fait partie d'un territoire laurentien élargi, exploité par une même lignée identitaire au cours de nombreuses générations. Quelques mentions de Cartier font d'ailleurs référence au fait que la rivière Saguenay était fréquentée au moment où les Iroquoiens dominaient le paysage politique de la vallée du Saint-Laurent. Au printemps 1536, alors qu'il se trouve non loin de l'île d'Orléans, Cartier assiste à l'arrivée de canots de sujets de Donnacona qui, revenant du Saguenay, lui donnent des peaux de castor et de loups-marins, avec en surplus un couteau de cuivre rouge (Lahaise et Couturier, 1977). Cela avait également été le cas en septembre 1535, alors que Cartier avait observé des canots à l'embouchure de la rivière (Bideaux, 1986).

Cela indique donc que, dans le second quart du XVI^e siècle, la rivière Saguenay est fréquentée par les Iroquoiens du Saint-Laurent, et ce, dès le printemps. Les données archéologiques semblent attester de la présence de ce groupe au moins jusqu'à Chicoutimi, à environ 115 km de l'embouchure dans le fleuve (Chapdelaine, 1984; Langevin, 2015), et ce, bien avant que Cartier ne pénètre dans la vallée du Saint-Laurent.

Les grottes du Saguenay, qui ont été traitées dans la section précédente, s'inscrivent probablement aussi dans cette dynamique de fréquentation des Iroquoiens du Saint-Laurent, ce qui semble d'ailleurs se confirmer dans les assemblages archéologiques de quelques sites de la rivière Sainte-Marguerite et de l'anse à la Croix, en particulier à travers la céramique et certaines matières premières lithiques.

Ces données archéologiques s'inscrivent dans une dynamique culturelle et identitaire documentée entre autres par Plourde (2011) à l'embouchure de la rivière Saguenay, où la présence de composantes du Sylvicole supérieur ne fait aucun doute. À l'embouchure de la rivière Saguenay, cette période en a été une pendant laquelle le littoral de la Haute-Côte-Nord et celui de la région de Charlevoix pourraient avoir été des extensions culturelles de la région de Québec. Les Iroquoiens du Saint-Laurent, tout particulièrement ceux de la province de Canada (Tremblay, 2006), auraient été les seuls, sinon le principal groupe, à fréquenter les lieux d'après les écrits de Cartier et la documentation archéologique. En effet, de la céramique iroquoise a été découverte un peu partout sur les basses terres du Saint-Laurent entre Québec et l'estuaire moyen, y compris sur les îles dans le fleuve au large de Tadoussac (Plourde, 2011; Tremblay, 2006).

Outre la céramique, l'utilisation de matières premières tels des cherts et des galets de quartz, de même que le type d'exploitation des ressources tel que révélé par les assemblages osseux, témoigneraient de la présence physique de ces Iroquoiens. C'est ainsi qu'à Baie-Sainte-Catherine, sur l'île Verte, l'île aux Basques et dans la région des Escoumins et des Bergeronnes, de nombreux gisements ont livré des vases en céramique de la fin de la paléohistoire et dont l'ascendance culturelle de l'Iroquoisie laurentienne ne fait aucun doute.

La représentation archéologique du Sylvicole moyen (d'env. 1000 à 2400 A.A.)

Dans le Bas-Saguenay, des vestiges, principalement de la céramique, attestant d'une présence des Premières Nations au cours de cette période, sont également présents à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite et à l'anse à la Croix. De nombreux vases en céramique ont été dénombrés à l'anse à la Croix et sur la rivière Sainte-Marguerite, ceux-ci étant néanmoins plus nombreux sur le second site (figure 8).

Outre la céramique, les matières premières lithiques peuvent également fournir des indices intéressants sur différentes facettes culturelles des populations anciennes. Que ce soit à l'anse à la Croix ou encore sur la rivière Sainte-Marguerite, les assemblages ont livré des centaines d'objets, souvent des déchets de taille, parfois des outils.

Ceux qui se sont arrêtés à l'anse à la Croix ont, de toute évidence, privilégié la taille de matériaux locaux ou recueillis en cours de route. La diorite verdâtre, disponible directement sur la grève, et le quartz, disponible dans des veines le long de la rivière Saguenay, dominant parmi les déchets de taille alors que les cherts, en particulier ceux verdâtres, sont bien représentés au sein des outils (en particulier les grattoirs et les pointes). Selon Rochefort (2012), plusieurs catégories de

cherts trouvés sur le site DcEp-2 présentait toutes les étapes de la chaîne opératoire lithique, depuis le bloc de pierre jusqu'à l'outil fini, en passant par la préforme. Or, parce que ces cherts proviennent vraisemblablement de la vallée du Saint-Laurent, il y a de fortes probabilités que ceux qui les ont taillés provenaient du même endroit (Rochefort 2012).

Toujours à l'anse à la Croix, même si la stratigraphie de la station A du site DcEp-5 ne permet pas d'isoler spécifiquement les vestiges de l'un ou l'autre des segments chronologiques du Sylvicole, le chert est également bien présent. Là aussi, certains indices tendent à suggérer que certaines variétés de cherts sont arrivées sur place sous la forme de bifaces ou de blocs. Cette tendance est également visible sur la rivière Sainte-Marguerite. Outre les matériaux locaux, à peu près absents sur la rivière Sainte-Marguerite, viennent dans le même ordre, le quartz, les cherts, puis les quartzites. Notons que les quartz et les cherts sont souvent les deux matières premières de prédilection sur les sites du Sylvicole supérieur analysés par Plourde (2011) et par Tremblay (1995; 1998), qui se trouvent à la sortie de la rivière Saguenay.

À ce sujet, il convient de mentionner que le Sylvicole moyen est également présent sur la Haute-Côte-Nord et plus particulièrement à l'embouchure de la rivière Saguenay. Se trouvent dans le secteur des Bergeronnes et des Escoumins, sept gisements recelant des indices de cette période. Dans tous les cas, c'est essentiellement sur la base de la découverte de tessons de céramique que ceux-ci ont vu l'une ou l'autre de leur composante associée à cet intervalle. Quatre des sept gisements ont été partiellement fouillés et ont fourni de très nombreux vestiges.

Pour en revenir aux sites de l'intérieur de la rivière Saguenay, si ce n'était de la présence étonnante de la diorite sur le site DcEp-2, il ressort la même tendance que sur les sites situés en périphérie immédiate de l'embouchure de la rivière Saguenay, à savoir une présence importante des cherts et du quartz.

En ce qui a trait au quartzite blanchâtre présent sur les sites de la sous-région du Bas-Saguenay et sur les sites de l'embouchure (Plourde, 2011), sa source demeure une énigme. Il appert qu'à l'instar de la situation prévalant dans les assemblages étudiés par Plourde et par Tremblay, se trouvent, sous ce vocable, de nombreuses variétés. Parmi les sites à l'embouchure de la rivière Saguenay ou en périphérie de celle-ci, ceux qui ont livré de la céramique du Sylvicole supérieur ne contiennent jamais plus que quelques objets en quartzite. Or, là où le quartzite compte pour une part importante de l'échantillonnage lithique, ce sont inévitablement des variétés autres que celle de la rivière Témiscamie qui dominent (Plourde, 2011).

Quant aux quartzites présents sur les gisements du Bas-Saguenay, nous croyons que plusieurs variétés observées dans les assemblages à composantes multiples du Bas-Saguenay ne font pas partie de la variabilité (aspects macroscopiques, minéralogie et géochimie) présente sur les affleurements de la rivière Témiscamie, située au nord de la ville de Chibougamau. Quelques tests géochimiques effectués par LeBlanc (2004) semblent d'ailleurs suggérer une pluralité des sources.

Des études ostéologiques partielles ont été effectuées sur les vestiges osseux de la rivière Sainte-Marguerite dont on soupçonne, sur la base de la céramique, qu'ils datent d'env. 400 à 2400 A.A. La productivité des lieux est étonnante, environ 77 000 fragments pour 32 m². Comme au site DcEp-2, c'est le castor qui domine dans l'alimentation de ceux qui ont fréquenté la station B du site DbEl-9. Le phoque et toute une variété de proies complétaient l'alimentation (Gates Saint-Pierre, 2002).

Reconstitution du mode de vie d'env. 400 à 2400 A.A.

Afin de déterminer la fonction d'un lieu, il convient de prendre en considération plusieurs paramètres. D'une part, il y a l'emplacement géographique et d'autre part, le contenu en objets travaillés ou modifiés, particulièrement ceux qui pourraient découler d'activités quotidiennes. Sur le plan géographique, l'anse à la Croix se situe devant l'entrée du bras de Chicoutimi, à plus de 75 km à l'ouest de Tadoussac. Or, parce que la rive nord de la rivière montre des berges escarpées, de violents courants et est sujette à de fortes et subites bourrasques de vent, il est reconnu, encore aujourd'hui par les amateurs de petites embarcations, que de longer la rive sud, où se situe justement l'anse à la Croix, constitue une décision éclairée.

L'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite présente, quant à elle, un faciès fort différent. Située à environ 25 km à l'ouest de Tadoussac, sur le versant nord de la rivière Saguenay, elle montre la plus vaste étendue de basses terres entre Tadoussac et Chicoutimi. Elle est ouverte sur le sud, tout en étant circonscrite au nord, à l'est et à l'ouest par des falaises qui coupent une bonne partie des vents froids dominants. Les hauts fonds deltaïques, formés par des siècles d'apports en sédiments meubles provenant des crues régulières de la rivière Sainte-Marguerite, contribuent à accroître la productivité de l'environnement tant en ressources halieutiques que cynégétiques. Les grands cervidés, la sauvagine, le saumon atlantique (*Salmo salar*), le phoque et le béluga (*Delphinapterus leucas*) s'y retrouvent en grande quantité. Autant de richesses concentrées dans un espace de quelques kilomètres carrés constituaient un attrait incontournable pour les groupes humains qui pouvaient s'y arrêter pendant quelques semaines, peut-être plus.

La fonction d'un site peut également être révélée par les objets archéologiques qu'on y retrouve, de même que par les structures qui y ont été érigées. Parmi les nombreux vestiges archéologiques recueillis à l'anse à la Croix, et tout particulièrement ceux provenant de l'assemblage du site DcEp-2, les déchets culinaires constituent des indices évocateurs. L'analyse d'une portion des fragments osseux indique que c'est le castor qui a été le plus consommé par les groupes qui se rassemblaient autour des principales aires de combustion. Ces mêmes analyses ont démontré que des carcasses complètes y étaient dépecées (Ostéothèque de Montréal, 1998; 1999). Au castor, s'ajoutent quelques autres représentants de la faune terrestre (porc-épic [*Erethizon dorsatum*], lièvre [*Lepus americanus*] et cervidés, dont le caribou) ainsi que quelques poissons (dont l'anguille [*Anguilla rostrata*]) et des oiseaux.

Si le castor ne fréquentait pas la rivière Saguenay ni le cours inférieur de ses affluents sujets au jeu des marées et des forts mouvements de glace, d'où venaient donc les castors dont on a découvert les ossements? La découverte du site DbEp-1, situé sur une île du lac Otis (figure 5), à environ 3 km à l'intérieur des terres au sud de l'anse à la Croix, pourrait au moins partiellement répondre à cette question. L'assemblage lithique recueilli sur ce petit site lors d'un rapide inventaire ayant révélé des matières premières semblables à celles du site DcEp-2, ces deux sites pourraient être contemporains (Langevin et collab., 2003). Le castor pourrait ainsi provenir de ce secteur, voire d'un autre non identifié.

Ce qu'on doit retenir des indices sur la subsistance fournis par ces sites, c'est la combinaison ressources de la mer/ressources de l'intérieur. S'il s'agissait d'individus qui provenaient de l'extérieur du fjord, il faut croire que ceux-ci n'hésitaient aucunement à pénétrer à l'intérieur des terres pour compléter leur alimentation.

Pour l'anse à la Croix, les indices recueillis témoignent que ce secteur du Bas-Saguenay a vu s'ériger un ou plusieurs camps saisonniers printaniers voués à la chasse au castor. C'est en effet la présence d'ossements de fœtus de castor (Ostéothèque de Montréal, 1999) qui a permis de déterminer la saisonnalité de la fréquentation (la période de gestation de la femelle castor s'étend de février à mai).

Dès la fin du mois de mars, le jeu des marées agit de façon à ce que la rivière Saguenay soit libérée de ses glaces. Il devenait alors possible de remonter la rivière et de s'installer à l'anse à la Croix. À ce moment et jusque tard en avril, le couvert de neige recouvrait encore le sol des forêts avoisinantes. Profitant de la croûte de glace qui se forme au mois d'avril, les chasseurs pénétraient à l'intérieur des terres. Outre le castor, le caribou et occasionnellement l'orignal devaient faire partie des espèces exploitées. Les mentions ethnohistoriques soulignent que c'est au printemps que ces cervidés étaient préférentiellement capturés parce que la croûte de neige ne peut supporter le poids des animaux, mais aisément celui des chasseurs (Clermont, 1980). Par ailleurs, les galets locaux étant visibles grâce aux effets des marées qui libèrent les berges de leurs glaces, il n'est pas surprenant que les occupants de l'anse aient exploité les galets de plage aisément accessibles au moment où d'autres sources de pierre ne l'étaient pas.

Sur la base de calculs élaborés par Clermont (1980) en ce qui concernait les pratiques alimentaires de groupes nomades, les ossements découverts en association avec l'une des structures du site DcEp-2 de l'anse à la Croix représenteraient le résultat d'au moins 40 repas, et sûrement bien plus si l'on tient compte de la présence d'ossements de cervidés et de nombreux autres petits et moyens mammifères associés à ceux de castors. Compte tenu de l'importante quantité de vestiges lithiques et ostéologiques, de même que des nombreuses structures de combustion et autres, le site DcEp-2 témoigne de visites récurrentes.

Quoi qu'il en soit, au contraire de la rivière Sainte-Marguerite, ces résultats ne font pas de l'anse à la Croix

un lieu de rencontre incontournable où plusieurs dizaines d'individus se seraient rassemblés pendant plusieurs semaines. La faible productivité alimentaire n'aurait pu soutenir une telle présence. Il s'agissait néanmoins d'un endroit qui était plus qu'une simple halte.

À ce sujet, un indice révélateur semble témoigner que l'Anse-à-la-Croix, à cette époque, constituait un lieu d'arrêt sinon obligé, tout au moins privilégié. La plupart des assemblages ont livré plusieurs marteaux en pierre, dont on présume qu'ils ont servi à enfoncer des piquets. L'usure de ces marteaux, souvent aplatis sur une ou deux extrémités, ne fait pas qu'illustrer la difficulté à enfoncer un piquet dans le gravier de cette terrasse, mais aussi de la quantité de piquets qui y ont été enfoncés. Il est donc vraisemblable qu'à travers le temps, de nombreux abris aient été érigés. Les traces d'au moins l'un d'entre eux, en l'occurrence une habitation longue possiblement d'une dizaine de mètres, ont d'ailleurs été découvertes.

Occupations d'env. 3000 à 6000 A.A. au Bas-Saguenay

Entre les occupations post 2400 A.A. et les gisements d'env. 6000 A.A. de la rivière Sainte-Marguerite, ou encore, ceux culturellement non assignés de l'anse à la Croix, il semble y avoir un quasi-vide. C'est comme si, tout à coup, la rivière Saguenay avait cessé d'être fréquentée, ou encore, qu'on ne s'arrêtait plus sur ses berges. Ne se trouvent donc sur les berges du Bas-Saguenay que quelques indices témoignant de la période env. 2400 à 3000 A.A. (Sylvicole inférieur). On n'a trouvé aucun gisement de ce qu'on appelle parfois l'Archaïque post-laurentien (env. 3000-4000 A.A.).

La représentation archéologique d'env. 4000 à 6000 A.A.

Certains faits doivent être considérés au regard de l'occupation initiale du fjord. Ainsi, le processus d'occupation des terrasses d'une région donnée est nécessairement progressif et sporadique, au gré de la formation d'un environnement attractif en mesure de soutenir la présence humaine. Il est évidemment difficile de décrire dans le détail l'écologie du fjord au cours du sixième millénaire avant notre ère et, par le fait même, d'identifier les différentes espèces animales qui s'y trouvaient. On peut tout au moins présumer de l'habitabilité minimale en fonction de la superficie des terrasses dont l'altitude oscille aujourd'hui entre 20 et 40 m et qui, à l'époque, constituaient des berges propres à la fréquentation humaine⁵. Or, sur les berges du fjord du Saguenay, peu d'endroits de ce genre semblent susceptibles de receler des occupations à long terme (Langevin, 2004; Langevin et Plourde, 2017).

5. La chronologie de la mise en place et la question de l'habitabilité des terrasses marines sur la Haute-Côte-Nord et à l'intérieur du fjord de la rivière Saguenay constituent une avenue de recherche encore peu documentée (Dionne et Occhietti, 1996). Cependant, plusieurs sites du fjord du Saguenay jusqu'à Baie-Comeau présentent des données bien différentes sur le plan archéologique, et peu de ceux-ci ont été formellement datés (Langevin, 2004).

Un lieu majeur d'occupation est avant tout un espace susceptible d'avoir supporté des groupes relativement importants durant une période allant de quelques semaines à plusieurs mois. Or, seulement trois lieux semblent receler un tel potentiel pour la période d'env. 3000 à 6000 A.A. Le plus à l'ouest de ces endroits est la baie des Ha! Ha!, où les terrasses ont été irrémédiablement affectées par l'urbanisation au cours du dernier siècle. Vers l'est, l'anse de la rivière Saint-Jean se caractérise par de hautes et vastes terrasses qui n'ont jamais encore été inventoriées. Dans ce cas, cependant, l'activité agricole plus que centenaire pourrait avoir perturbé les éventuels sites archéologiques. Finalement, la rivière Sainte-Marguerite comporte, tant sur le versant est que sur le versant ouest, des terrasses; les recherches ont confirmé qu'elles étaient fréquentées au moment où elles étaient léchées par la rivière Saguenay.

À l'instar de ces endroits qui pourraient avoir supporté une occupation de longue durée, s'en trouvent d'autres où de brefs arrêts ont pu avoir lieu. Que ce soit à l'anse à la Croix ou dans d'autres anses situées le long du Saguenay, ou de quelques-uns de ces tributaires, les lieux qui sont susceptibles de receler des traces de fréquentation antérieures à 3000 ans pourraient être nombreux.

À ce jour, entre l'embouchure de la rivière Chicoutimi et celle du Saguenay dans le Saint-Laurent, et en excluant la région immédiate de Tadoussac, soit sur une distance d'environ 100 km, 11 endroits ont révélé des vestiges archéologiques qui, selon toute vraisemblance, documentent la période d'env. 3000 à 6000 A.A. De ce nombre, deux se situent sur le bassin hydrographique de la rivière Petit-Saguenay, trois sur celui de la rivière à la Croix, un à l'embouchure de la rivière Saint-Jean et cinq autres, à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite.

Malgré tout, si ce n'était des assemblages de la rivière Sainte-Marguerite (site DbEl-4 et station B du site DbEl-10) ainsi que, dans une moindre mesure, des gisements situés eux aussi sur la terrasse de 20-25 m de l'anse à la Croix, peu de choses seraient connues au sujet de l'occupation du fjord d'env. 4000 à 6000 A.A. (tableau 3) Les sites anciens sont si rares et épars qu'ils prennent plus souvent qu'autrement la forme d'isolats culturels difficiles à lier entre eux. Pourtant, c'est assurément dans certains de ces assemblages que se trouvent les racines des occupations subséquentes sur le bassin hydrographique de la rivière Saguenay.

Or, à l'exception de quelques-uns de ces lieux, des fouilles extensives doivent encore être effectuées. Des milliers d'objets et des centaines de milliers de fragments osseux auront beau être découverts sur la rivière Sainte-Marguerite et à l'anse à la Croix, tant que des assemblages comparables ne seront pas découverts à une échelle régionale ou plus grande, ceux-ci demeureront des aberrations culturelles, des oasis dans un désert de données.

C'est sur la terrasse de 20-25 m qui surplombe la rivière Sainte-Marguerite qu'ont été découvertes les traces d'une présence humaine datant d'environ 4000 à 6000 années. Le site DbEl-4 se distingue par sa forme en demi-lune, par sa pente généralement douce et par ses sols sablonneux. La

station B du site DbEl-10, située sur la même terrasse à environ 250 m au sud-est, se caractérise par une déclinaison constante et par le fait qu'elle subit du lessivage en provenance des hauts plateaux qui la délimitent.

La productivité totale de ces deux sites réunis se chiffre à près d'un million et demi de vestiges, dont plus de 90 % de fragments osseux (Langevin et Plourde, 2017). Un peu plus de 60 000 pièces lithiques y ont été découvertes, faisant de ce secteur le plus riche pour tout le bassin hydrographique de la rivière Saguenay (tableau 3).

Après 10 années de fouilles, les pourcentages obtenus pour les grandes catégories de matières premières lithiques ne diffèrent à peu près pas entre les deux assemblages. La catégorie comprenant les schistes, siltstone et argilite compte pour environ 45 % de l'assemblage total. Regroupés, les cherts et les quartzites représentent environ 14 % du total lithique. La similitude qui existe entre ces sites (y compris le site DbEj-11 des Bergeronnes) pourrait indiquer qu'il s'agit de lieux occupés de façon contemporaine par des populations participant aux mêmes réseaux d'appropriation des matières premières.

L'élément le plus étonnant de ces sites est sans contredit la prépondérance de l'industrie polie par rapport à celle de la pierre taillée. Au Québec, l'industrie de la pierre polie est rarement (voire jamais) aussi présente par rapport à celle de la pierre taillée (figure 9). Or, ce choix du polissage plutôt que de la taille ne constitue pas un pis-aller engendré par un manque de matière première de qualité. En effet, de la rivière Sainte-Marguerite à la source des cherts appalachiens, la distance est à peu près la même que pour obtenir ces matériaux sédimentaires que sont le schiste et le siltstone. Toutes les étapes du travail de polissage sont présentes sur les deux stations, en dépit du fait que les matières premières polies (en particulier le schiste, le siltstone et l'argilite) ne soient pas disponibles à l'état brut dans les parages. Cette situation soulève bien des interrogations.

Les différentes interventions sur les deux sites ont fourni l'occasion de recueillir plusieurs centaines de milliers de fragments osseux. Il s'agit pour l'essentiel d'os brûlés fragmentés. Toutes interventions confondues, un peu moins d'un million de fragments osseux ont été trouvés, parmi lesquels un peu plus de 82 000 ont été analysés (Gates Saint-Pierre, 2000a; 2000b; Ostéothèque de Montréal, 1997; 1998). Le phoque constituait l'essentiel de la nourriture consommée par les populations ayant occupé la terrasse de 25 m de la Bay Mills, il y a de cela plus de 5000 ans: 98 % des os identifiés se rapportaient aux phocidés, qu'ils soient du Groenland ou indéterminés. La distribution spatiale des ossements ne révèle aucune distribution spatiale particulière, qu'il s'agisse des phocidés, des cervidés, des castoridés ou des oiseaux.

La terrasse de 20-25 m qui ceinture l'anse à la Croix supporte, à quelques endroits, une occupation que maints indices permettent de dater de cette période (figure 10). À ce jour, le gisement le plus riche des deux (site DcEp-4) a livré quelques milliers de vestiges. Dans cet assemblage, les matières premières d'origine méridionale (cherts) dominant de peu un

assemblage où le quartz, matière première largement accessible dans les formations rocheuses du Bouclier canadien, est bien présent (tableau 4). Par ailleurs, quelques concentrations de vestiges suggèrent la tenue d'activités de taille et autres, autour de quelques aires de combustion présumées. Trop peu de déchets culinaires (n = 80) ont été recueillis pour que l'on soit en mesure de déterminer la faune privilégiée dans l'alimentation des occupants de ce lieu.

Par rapport aux occupations de la rivière Sainte-Marguerite, le témoignage laissé par les occupants du segment d'env. 3000 à 6000 A.A. du site DcEp-4 de l'anse à la Croix témoigne d'une moindre intensité. Autre dissimilitude avec celle de la rivière Sainte-Marguerite : l'industrie de la pierre polie qui, hormis la gouge et une hache, n'est aucunement représentée. De plus, les quelques pointes de jet qui ont été découvertes sont à encoches, alors que celles de la rivière Sainte-Marguerite sont majoritairement à pédoncule. Finalement, malgré un nombre d'outils moindre que sur les gisements de la rivière Sainte-Marguerite, et une superficie globale fouillée qui n'a rien de comparable, la terrasse de 20-25 m de l'Anse-à-la-Croix a livré presque autant de grattoirs (7) que les sites DbEL-4 et la station B du site DbEL-10 ().

Pour le moment, ce sont les matières premières utilisées sur les gisements de la terrasse de 20-25 m de l'anse à la Croix qui constituent l'élément le plus distinctif. En effet, l'une des deux matières premières dominantes est un chert beige, presque schisteux, absent des sites du segment d'env. 4000 à 6000 A.A. du Lac-Saint-Jean et de la rivière Sainte-Marguerite. Le quartzite blanc est non seulement pratiquement absent dans ce gisement, mais il se limite, pour l'essentiel, à des éclats de réaffûtage. Le quartz, tout comme dans les gisements de la rivière Sainte-Marguerite, constitue une matière première prépondérante. Cependant, à l'anse à la Croix, la variété laiteuse est à peu près la seule présente, ce qui sous-entend une provenance différente de celle de la rivière Sainte-Marguerite où les quartz hyalin et cristallin dominant. Quelques gros éclats suggèrent que la source se situe à proximité ou, encore, que de gros galets ont été découverts sur la grève.

Reconstitution du mode de vie d'env. 4000 à 6000 A.A.

Actuellement, les assemblages de la rivière Sainte-Marguerite, tout en étant exceptionnels, n'en demeurent pas moins difficiles à positionner sur une base chronologique et culturelle parce qu'ils sont difficilement comparables. Malgré certaines similitudes avec des assemblages de Tadoussac, des Bergeronnes et d'ailleurs sur la Haute-Côte-Nord, des différences importantes demeurent, en particulier au regard de l'importance de l'outillage poli. Malgré tout, les similitudes stylistiques et technologiques des sites de la rivière Sainte-Marguerite avec les sites du golfe du Maine, situés à plus de 400 km à vol d'oiseau, sont étonnantes.

La tradition culturelle représentée sur la terrasse de 20-25 m à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite semblerait s'inscrire à l'intérieur de la tradition de l'Archaïque

maritime, peut-être à mi-chemin entre les traditions pré-Moorehead et Moorehead (Bourque, 1995; 2001). Présents dans les assemblages qui ont précédé la tradition Moorehead, des petites pointes à pédoncule, des ulus, des polissoirs, des haches, des herminettes et des gouges ont été recueillis en grand nombre à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite. La tradition Moorehead serait quant à elle représentée par des pesons, des polissoirs, des herminettes, des gouges, des marteaux et des pilons (Robinson, 2006). Dans les deux cas, le polissage de la pierre constituerait une technologie courante, sinon dominante. Au-delà de ces comparaisons, il n'en demeure pas moins que les occupations anciennes de la rivière Sainte-Marguerite sont, outre certaines similitudes avec le site Lavoie des Bergeronnes, isolées (Archambault, 1994; Plumet et collab., 1993). S'il y eut une influence des traditions culturelles du golfe du Maine à l'embouchure du Saguenay, voire dans la vallée du Saint-Laurent, il conviendrait de retrouver ces traces ailleurs. Comment expliquer leur absence et comment interpréter les assemblages de la rivière Sainte-Marguerite dans un tel contexte? Non seulement y a-t-il présence à travers la typologie, mais également une richesse inégalée (tant en termes quantitatifs que qualitatifs) qui s'accompagne de structures complexes et d'indices de rituels élaborés?

À ce sujet, dans le fjord du Saguenay, cette période se caractérise à travers un aspect peu documenté à l'échelle du Québec. En effet, de nombreux indices découverts dans l'un des assemblages documentés par l'archéologie semblent receler des traces d'un comportement culturel. À cet endroit, a été notée la présence d'une couche d'ocre, parfois de près d'un centimètre d'épaisseur, recouvrant un sol fortement rougi par la combustion. Associés aux secteurs où l'ocre et la combustion sont visibles se trouvent les plus grandes concentrations en fragments osseux et en vestiges lithiques. Ces vestiges lithiques prennent souvent la forme d'outils finis, parfois complets, souvent cassés. C'est également dans ce secteur qu'ont été découverts des dizaines de cristaux de quartz (figure 11) de même qu'une concentration d'une quinzaine d'outils en schiste, argilite et autres, y compris de nombreuses lames et pointes, certaines taillées, d'autres polies.

Aucun ossement non fracturé ou arrangement particulier de pierres n'ont cependant été observés, et la stratigraphie ne montre pas de particularité qui pourrait indiquer la présence d'une ou de plusieurs fosses. À cette étape de la recherche, il pourrait s'avérer hasardeux de conclure que ce gisement représente une activité culturelle semblable à celles documentées sur la côte atlantique à la même époque. Quoi qu'il en soit, la nature des objets découverts soulève bien des interrogations.

En résumé, il appert que le site DbEL-4 et la station B du site DbEL-10, sis sur la terrasse de 20-25 m de la rivière Sainte-Marguerite, ont été fréquentés de façon contemporaine et qu'au moins l'un d'entre eux (DbEL-4) était un camp de chasse hivernal. L'intensité présumée de l'occupation suggère que les gens s'y arrêtaient pendant plusieurs semaines, voire des mois. Sur la base des nombreux restes osseux (plusieurs centaines de milliers), il est probable que la densité démographique y ait été assez forte



Figure 9. Haches polies découvertes sur les sites de la rivière Sainte-Marguerite.



Figure 10. Outils de la période 4000-6000 A.A. découverts à l'Anse-à-la-Croix.



Figure 11. Cristaux de quartz et couteaux découverts sur la rivière Sainte-Marguerite.



Figure 12. Outils découverts sur la terrasse de 60 m de la rivière Sainte-Marguerite.

ou encore que l'occupation ait été récurrente, de l'ordre de plusieurs décennies. La présence de milliers de phocidés, de la fin de l'automne jusqu'au début du printemps, incitait l'agrégation des familles qui pouvaient alors, sans aucun danger de pénurie, exploiter de façon communautaire cette ressource, dans un environnement protégé des vents du nord et de l'ouest.

Pour d'éventuelles populations de la côte, on l'a déjà mentionné, la fréquentation de la baie de Sainte-Marguerite ne requiert aucune adaptabilité spécifique, en ce sens qu'elle

appartient encore à leur univers. Même si ce bras marin s'étend loin vers l'intérieur des terres, largement en amont de la rivière Sainte-Marguerite, il est peu probable, ne serait-ce que pour des raisons d'ordre climatique, que cette adaptation maritime se soit poursuivie jusqu'à la limite physique du fjord, à près de 100 km en amont de Tadoussac.

Les gisements d'env. 4000 à 6000 A.A. de l'anse à la Croix, tout en faisant naturellement partie de l'univers marin du fjord, n'en n'ont nullement la richesse. Bref, si la ségrégation

entre « Indiens de la mer » et « Indiens de la terre » proposée par Archambault (1994) se vérifie, il ne serait pas étonnant de retracer ces deux orientations du mode de vie sur cette division géologique que constitue le fjord du Saguenay. La coupure entre les deux, sûrement pas aussi tranchante qu'on pourrait l'imaginer, se situerait peut-être non loin en aval de l'anse à la Croix.

Présence humaine avant env. 6000 A.A.

Ce qui caractérise ces occupations plus anciennes est certes le peu d'indices révélés à ce jour au sujet du mode de vie, du schème d'établissement et de la cosmologie de ces populations dites initiales. Le recul progressif des glaciers à partir d'env. 11 600 A.A. et la mise en place progressive de l'environnement actuel auraient considérablement réduit les effectifs de caribous et fait progressivement reculer les troupeaux vers le nord. Aucune autre ressource ne pouvant prendre la relève, les occupants de l'époque ont dû s'adapter aux nouvelles situations écologiques et ajuster leurs technologies afin d'exploiter de nouvelles ressources qui allaient devenir primordiales pour leur subsistance.

Certains indices, parmi lesquels des éléments typologiques, suggèrent que les stations A et C du site DbEl-10, situées sur la rivière Sainte-Marguerite dans le Bas-Saguenay, et juchées à environ 50 m pour l'une et à environ 60 m d'altitude pour l'autre, seraient plus anciennes que 6000 A.A.

L'industrie de la pierre polie est totalement absente de ces assemblages, même si quelques pièces non achevées suggèrent que cette industrie soit connue à l'époque. Seulement deux fragments osseux ont été recueillis et aucune structure n'a été identifiée avec certitude. À l'exception du quartz, présent de façon récurrente dans les assemblages du réseau hydrographique, les autres matières premières recensées sont spécifiques à cet assemblage et n'ont été associées à aucune source connue, si ce n'est du schiste qui pourrait provenir de la rive sud du fleuve Saint-Laurent.

L'assemblage de la station A du site DbEl-10 (figure 12) a livré, tout comme le site daté par Plourde à env. 7300 A.A. (Plourde, 2006), une pointe de type Neville ainsi qu'un certain nombre d'outils, parmi lesquels de petits grattoirs en quartz. Par analogie, on peut supposer que les deux gisements soient relativement contemporains.

À ce jour, ces plus anciens assemblages du bassin hydrographique de la rivière Saguenay ont livré peu d'informations sur l'identité de ceux qui y circulaient, de même que les raisons qui les motivaient. Outre le quartz, très disponible et facile à obtenir, les autres matières premières utilisées proviendraient de l'extérieur du bassin hydrographique du Saguenay. Il s'agirait vraisemblablement d'une occupation de tout au moins quelques jours par un groupe se déplaçant par voie maritime. La possession de gros blocs de chert provenant de la rive sud du Saint-Laurent ou, plus généralement, de la formation appalachienne, suggère qu'ils pouvaient se déplacer facilement et sur des distances considérables. La présence de rhyolite, dont la principale source connue et exploitée au cours de la préhistoire ancienne

se situe au mont Kinéo, dans le Maine, constitue (si la source est confirmée) un autre indice de la participation des habitants des hautes terrasses de la rivière Sainte-Marguerite au réseau de la côte atlantique, et plus particulièrement du golfe du Maine, vraisemblablement par les rivières Saint-Jean, Kennebec, Témiscouata et Chaudière. Notons cependant que des comparaisons entre cette rhyolite et celle du Maine tendent à plaider pour une autre source, peut-être celle du mont Jasper dans l'État du New Hampshire, où de la rhyolite rubanée a été observée (Robinson 2008, communication personnelle).

Dans l'état actuel des connaissances, l'occupation des terrasses supérieures à la confluence de la rivière Sainte-Marguerite ne semble pas avoir été un phénomène récurrent. Le résultat des fouilles archéologiques suggère une occupation sinon unique, au plus répétée sur quelques années, par un nombre limité d'individus. Ces fouilles se sont cependant limitées à la section est du gisement et des sondages effectués sur la section ouest, beaucoup plus vaste, ont révélé que celle-ci recèle également des vestiges.

Conclusion générale

S'il est en effet vrai que les 20 dernières années ont permis de faire sortir de l'ombre les berges du Bas-Saguenay en démontrant que, depuis plus de 6000 ans, celles-ci ont été fréquentées par des populations aux identités diverses et au mode de vie varié, il n'en demeure pas moins que la plupart des indices proviennent de deux secteurs bien spécifiques.

Pour l'essentiel, le Bas-Saguenay demeure encore une énigme. On possède trop peu de données pour bien comprendre les motivations de ceux qui exploitaient ses ressources et, surtout, les différentes étapes de son occupation. On perçoit également assez mal les liens qui pouvaient exister entre le littoral et l'intérieur des terres, souvent peu accessible, mais sur lequel des données archéologiques apparaissent peu à peu. Bref, l'avancement des connaissances est remarquable et le potentiel demeure énorme. Si les profondeurs de la rivière Saguenay recèlent encore bien des mystères pour les biologistes, ses berges sont tout aussi mystérieuses et pleines de promesses pour les archéologues. ◀

Références

- ARCHAMBAULT, M.-F., 1994. Le milieu biophysique et l'adaptation humaine entre 10 000 et 3 000 A.A. autour de l'embouchure du Saguenay, côte nord du Saint-Laurent. Thèse de doctorat, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal, trois volumes.
- ARKÉOS, 1996. Inventaire archéologique aux sites DbEl-1, DbEl-2 et DbEl-4, pointe du Moulin, baie Sainte-Marguerite, parc de conservation du Saguenay. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Montréal, 98 p.
- BIDEAUX, M., 1986. Jacques Cartier, Relations. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 504 p.
- BOURQUE, B., 1995. Diversity and complexity in prehistoric maritime societies: A Gulf of Maine Perspective. Plenum Press, New York, 414 p.
- BOURQUE, B., 2001. Twelve thousand years: American Indians in Maine. University of Nebraska Press, Lincoln, 368 p.
- BRASSARD, L., 1961. Grottes d'intérêt historique sur le Saguenay. *Saguenayensia*, 3 (4-5): 50-75.

- [CERSH] CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES HISTORIQUES DU SAGUENAY, 1968. Pressions pour ouvrir le Saguenay 1829-1836. Séminaire de Chicoutimi, Chicoutimi, 140 p.
- CHAPDELAINE, C., 1984. Le site de Chicoutimi. Un campement préhistorique au pays des Kakouchacks. Ministère des Affaires culturelles, Dossiers 61, Québec, 336 p.
- CLERMONT, N. 1980. Le contrat avec les animaux. Bestiaire sélectif des Indiens nomades du Québec au moment du contact. *Recherches Amérindiennes au Québec*, vol. X, (1-2) : 91-109.
- DAWSON, N.-M., 2005. Feu, fourrures, fléaux et foi foudroyèrent les Montagnais. Histoire et destin de ces tribus nomades d'après les archives de l'époque coloniale. Septentrion, Québec, 263 p.
- DIONNE, J.-C. et S. OCCHIETTI, 1996. Aperçu du Quaternaire à l'embouchure du Saguenay, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 50 (1) : 5-34.
- ETHNOSCOPI, 1990. Intervention archéologique à l'anse à la Croix, site du plateau de tournage de Black Robe (Robe noire). Cinégramme V, Montréal, 19 p.
- ETHNOSCOPI, 1993. Intervention archéologique à la baie Sainte-Marguerite au Saguenay, pointe à la Croix et pointe du Moulin, DbEl-1. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Montréal, Québec, 62 p.
- GATES SAINT-PIERRE, C., 2000a. Rapport d'analyse zooarchéologique du site DbEl-4, Rivière Sainte-Marguerite. Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal, 16 p.
- GATES SAINT-PIERRE, C., 2000b. Rapport d'analyse zooarchéologique des sites du Cap de Bon-Désir (Haute-Côte-Nord) et de la Rivière Ste-Marguerite (Saguenay). Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal, 15 p.
- GATES SAINT-PIERRE, C., 2002. Rapport d'analyse zooarchéologique du site DbEl-9b, Rivière Sainte-Marguerite. Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal, 9 p.
- LAHAISE, R. et M. COUTURIER, 1977. Voyages en Nouvelle-France. Cahiers du Québec, n° 32, Hurtubise, Québec, 158 p.
- LANGÉVIN, É. 2004. Écologie humaine à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite : les plus anciennes occupations. Dans : CHAPDELAINE, C. et P. CORBEIL (édit.). Un traducteur du passé. Mélanges en hommage à Norman Clermont. *Recherches amérindiennes au Québec, Paléo-Québec* no 31, Montréal, p. 177-202.
- LANGÉVIN, É., 2015. Un fjord, une rivière, un lac et des ruisseaux. Variabilité culturelle paléohistorique sur le bassin hydrographique de la rivière Saguenay (Québec, Canada). Thèse de doctorat, Département d'anthropologie, Université de Montréal, Montréal, 763 p.
- LANGÉVIN, É., et N. PLOURDE, 2017. Du Piekouagamy au fleuve Saint-Laurent. La question des identités culturelles au cours de l'Archaïque supérieur sur le bassin hydrographique de la rivière Saguenay. Dans : BURKE, A. L. et C. CHAPDELAINE (édit.), *L'Archaïque au Québec, six millénaires d'histoire amérindienne*, *Recherches amérindiennes au Québec, Paléo-Québec* n° 36, Montréal. p. 151-186.
- LANGÉVIN, É., J. GIRARD, H. DIONNE et A. RIOUX, 2003. Intervention et fouilles archéologiques dans les limites de la municipalité de Saint-Félix-d'Otis, Bas-Saguenay. Activités de l'été 2002. Société touristique de l'Anse à la Croix et Municipalité de Saint-Félix d'Otis. *Subarctique Enr, Chicoutimi*, 165 p.
- Langévin, É., N. Plourde et D. Desbiens, 2015. Aux sources de l'histoire de Saint-Félix-d'Otis, *Saguenayensia*, 55 (4) : 15-18.
- LANGÉVIN, É., R. TREMBLAY et C. GATES-SAINT-PIERRE, 2007. Les grottes du Saguenay : indices archéologiques oubliés de la présence amérindienne à la période historique. Communication présentée au XXVI^e colloque de l'Association des Archéologues du Québec, Montréal, mai 2007.
- LEBLANC, D., 2004. Caractérisation géochimique de matières premières lithiques : Analyse de la quarzite de Mistassini (colline Blanche, rivière Témiscamie) et de la calcédoine du Lac-Saint-Jean (Île aux Couleuvres, Lac Saint-Jean). Mémoire remis pour l'obtention du titre de M.Sc. en sciences de la terre, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 97 p.+ annexes.
- MOREAU, J.-F., 2014. Au temps de la traite des fourrures : les perles du contact. Dans : MALTAIS, D. et S. TREMBLAY (édit.). Enjeux théoriques et pratiques du développement régional : 30 ans de recherche au GRIR, Groupe de recherche en intervention régionale, Chicoutimi, p. 51-70.
- MOREAU, J.-F. et R.G.V. HANCOCK, 2007. Remontage par activation neutronique : l'exemple des chaudrons en alliage à base de cuivre de la période du « contact » dans le subarctique québécois. Dans : BAIN, A., A. J. CHABOT et M. MOUSSETTE (édit.). *La mesure du passé : contributions à la recherche en archéométrie (2000-2006)*. Série Archéométrie n° 5, BAR International Series, n° 1700, Université Laval, Québec, p. 129-141.
- MOREAU J.-F. et É. LANGÉVIN, 2011. Le peuplement postglaciaire de l'Amérique du Nord : 7 000 ans d'occupation du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec, Canada). Dans : Vialou, D. (édit.) *Peuplement et Préhistoire en Amériques*, CTHS, Paris, p. 153-163.
- MOREAU, J.-F., F. GUINDON et É. LANGÉVIN, 2016. The northern route between the Saguenay and Georgian Bay: Construction of a hypothesis. Dans : LOEWEN, B. et C. CHAPDELAINE (édit.). *Contact in the 16th century: Networks Among Fishers, Foragers and Farmers*, Collection *Mercurus* n° 176, Musée canadien d'Histoire, Gatineau, p. 171-198.
- MOUSSETTE, M. et G.A. WASELKOV, 2014. Archéologie de l'Amérique coloniale française. *Lévesque Éditeur*, Québec, 464 p.
- OSTÉOTHÈQUE DE MONTRÉAL, 1997. Identification des restes osseux provenant du site DbEl-4, Embouchure de la rivière Sainte-Marguerite. Rapport n° 169, Montréal, 72 p.
- OSTÉOTHÈQUE DE MONTRÉAL, 1998. Identification de restes osseux provenant des sites DcEp-2, DcEp-3 et DbEl-4. Rapport n° 178, Montréal, 65 p.
- OSTÉOTHÈQUE DE MONTRÉAL, 1999. Identification de restes osseux provenant des sites DcEp-2, DcEp-3, DcEp-4 et DbFb-40. Rapport n° 186, Montréal, 32 p.
- PENDERGAST, J.F., 1985. Huron-St. Lawrence Iroquoian Relations in the Terminal Prehistoric Period. *Ontario Archaeology*, 44 : 23-39.
- PLOURDE, M., 2006. The Cap de Bon-Désir Site: A new regional variation of the Gulf of Maine archaic tradition. Dans : SANGER, D. et M.A.P. RENOUF (édit.). *The Archaic of the Far Northeast*, The University of Maine Press, Orono, p. 139-160.
- PLOURDE, M., 2011. L'exploitation du phoque dans le secteur de l'embouchure du Saguenay (Québec, Canada) par les Iroquoiens au Sylvicole supérieur (1000-1534 de notre ère). Thèse de doctorat, Université de Montréal, Département d'anthropologie, Montréal, 335 p.
- PLUMET, P., J-F. MOREAU, H. GAUVIN, M-F. ARCHAMBAULT et V. ELLIOT, 1993. Le site Lavoie (DbEj-11). *L'Archaïque aux Grandes-Bergeronnes, Haute-Côte-Nord du Saint-Laurent, Québec*. *Recherches amérindiennes au Québec, Paléo-Québec* n° 20, Montréal, 181 p.
- ROBINSON, B.S., 2006. Burial ritual, technology, and cultural landscape in the Far Northeast : 8600-3700 B.P. Dans : Sanger, D. et M.A.P. Renouf (édit.). *The Archaic of the Far Northeast*. The University of Maine Press, Orono, p. 221-252.
- ROCHFERT, F., 2012. Examiner le geste afin de comprendre l'espace : analyse technologique des artefacts en chert du site DcEp-2, Anse à la Croix. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle de la Maîtrise en Étude et Interventions Régionales, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, 223 p.
- TREMBLAY, R., 1995. L'île aux Corneilles : deux occupations du Sylvicole supérieur entre la province de Canada et le Saguenay. Dans : BALAC, A.-M., C. CHAPDELAINE, N. CLERMONT et F. DUGUAY (édit.). *Archéologies québécoises*, *Recherches amérindiennes au Québec, Paléo-Québec* n° 23, Montréal, p. 271-306.
- TREMBLAY, R., 1998. Le site de l'anse à la Vache et le mitan du Sylvicole supérieur dans l'estuaire du Saint-Laurent. Dans : R. TREMBLAY (édit.). *L'éveilleur et l'ambassadeur. Essais archéologiques et ethnohistoriques en hommage à Charles A. Martijn*, *Recherches amérindiennes au Québec, Paléo-Québec* n° 27, Montréal, p. 91-126.
- TREMBLAY, R., 2006. Les Iroquoiens du Saint-Laurent. *Peuple du maïs. Pointe-à-Callière, Musée d'archéologie et d'histoire de Montréal*. Les Éditions de l'Homme, Montréal, 139 p.
- WINTEMBERG, W.J., 1908. The use of shells by the Ontario Indians. *Annual Archaeological Report of Ontario for 1907*, Toronto, p. 38-90.
- WINTEMBERG, W.J., 1972. Roebuck prehistoric village site, Grenville County, Ontario. Dept. of mines. Bulletin no 83, National Museum of Canada, Anthropological ser. n° 19, Ottawa, 178 p.

Circulation et renouvellement des masses d'eau du fjord du Saguenay

Peter S. Galbraith, Daniel Bourgault et Mélanie Belzile

Résumé

La circulation de renouvellement des eaux du fjord du Saguenay est examinée à la lumière de nouvelles données océanographiques. Nous avons observé une nouvelle signature de renouvellement en température et salinité occasionnée par la crue printanière, ainsi que le remplacement d'une grande partie des eaux du fjord en moins de 2 mois, confirmant le faible temps de résidence de ces eaux. Un instrument déployé pour mesurer la température et la salinité des eaux à l'entrée du fjord nous a permis de les identifier comme étant principalement des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent. Les eaux mesurées dans le premier bassin du fjord à marée basse étaient un mélange des eaux du seuil de salinité parmi les plus faibles observées pendant un cycle de marées, avec des eaux de surface du Saguenay. Ce mélange occasionne ensuite le renouvellement des eaux supérieures et intermédiaires du bassin interne du fjord. La plage de salinité des eaux au seuil correspond assez bien aux eaux qu'on trouve 100 km plus loin dans l'estuaire du Saint-Laurent entre 20 et 70 m. Les variations synchrones de salinité à 100 km et au seuil suggèrent un mouvement vertical simultané des eaux dans tout l'estuaire qui serait déterminant pour le type et la vitesse de renouvellement du fjord du Saguenay.

MOTS CLÉS : courants, fjord du Saguenay, océanographie physique, renouvellements, salinité, température

Abstract

Data from moored instruments and transects were used to examine water renewal within the 3 basins of the Saguenay Fjord (Québec, Canada). Spring freshet affecting the Saint Lawrence River resulted in a new temperature and salinity signature in the fjord, indicative of a renewal event. The data suggest that a large proportion of the waters within the fjord are replaced within less than 2 months, confirming a short residence time. Data collected just inside the mouth of the fjord showed that these waters were mostly of Saint Lawrence Estuary origin. Measurements at low tide in the first (external) basin of the fjord indicated a mix of the lowest salinity waters observed at the sill during a tidal cycle and Saguenay River surface water. This mixture subsequently forces renewal events of surface and intermediate waters in the inner basin. The range of salinities observed at the sill are similar to those found at a depth of 20 to 70 m, approximately 100 km further northeast in the Saint Lawrence Estuary. The synchronous variation in salinity at the 2 sites suggest the simultaneous vertical movement of waters within the estuary, and that it is this movement that is a determining factor for the type and speed of renewal events within the Saguenay Fjord.

KEYWORDS: currents, physical oceanography, renewal events, Saguenay Fjord, salinity, temperature

Introduction

Un fjord est une vallée façonnée par les glaciers, généralement caractérisée par la présence d'un ou de plusieurs seuils (Allen et Simpson, 1998) qui influencent grandement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des masses d'eau qui se trouvent de part et d'autre de ceux-ci. Le fjord du Saguenay possède 3 seuils majeurs qui délimitent un grand bassin interne d'une profondeur maximale de 280 m à la tête du fjord, et 2 plus petits bassins plus en aval, que l'on désigne intermédiaire et externe (figure 1). Bien que les 2 seuils les plus en amont aient des profondeurs maximales de 120 et de 60 m, le seuil le plus près de l'embouchure possède une profondeur de seulement 20 m, ce qui limite considérablement les entrées d'eau de l'estuaire du Saint-Laurent dans le fjord. Dans le cas de certains fjords, les seuils limitent les échanges entre les eaux profondes des bassins internes et les eaux extérieures avoisinant l'embouchure du fjord (Allen et Simpson, 1998). Le peu d'énergie de la dynamique profonde qui caractérise certains fjords peut créer des périodes de stagnation des eaux qui induisent des zones hypoxiques

ou même anoxiques (Farmer et Freeland, 1983). Par contre, dans d'autres cas, comme celui du Saguenay, de fortes marées permettent, d'une part, d'entraîner périodiquement des eaux extérieures suffisamment denses et relativement bien oxygénées au-dessus des seuils et, d'autre part, de ventiler davantage les eaux du fjord en générant un écoulement turbulent au-dessus des seuils (Farmer et Freeland, 1983; Inall et Gillibrand, 2010). Lors de ce brassage aux seuils, les températures et salinités des masses

Peter S. Galbraith est chercheur scientifique pour Pêches et Océans Canada à l'Institut Maurice-Lamontagne (Mont-Joli, Québec, Canada).

peter.galbraith@dfo-mpo.gc.ca

Daniel Bourgault est professeur-chercheur à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, Canada).

Mélanie Belzile est spécialiste en sciences physiques. Auparavant affiliée à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski, elle travaille maintenant pour Pêches et Océans Canada à l'Institut Océanographique de Bedford (Dartmouth, Nouvelle-Écosse, Canada).

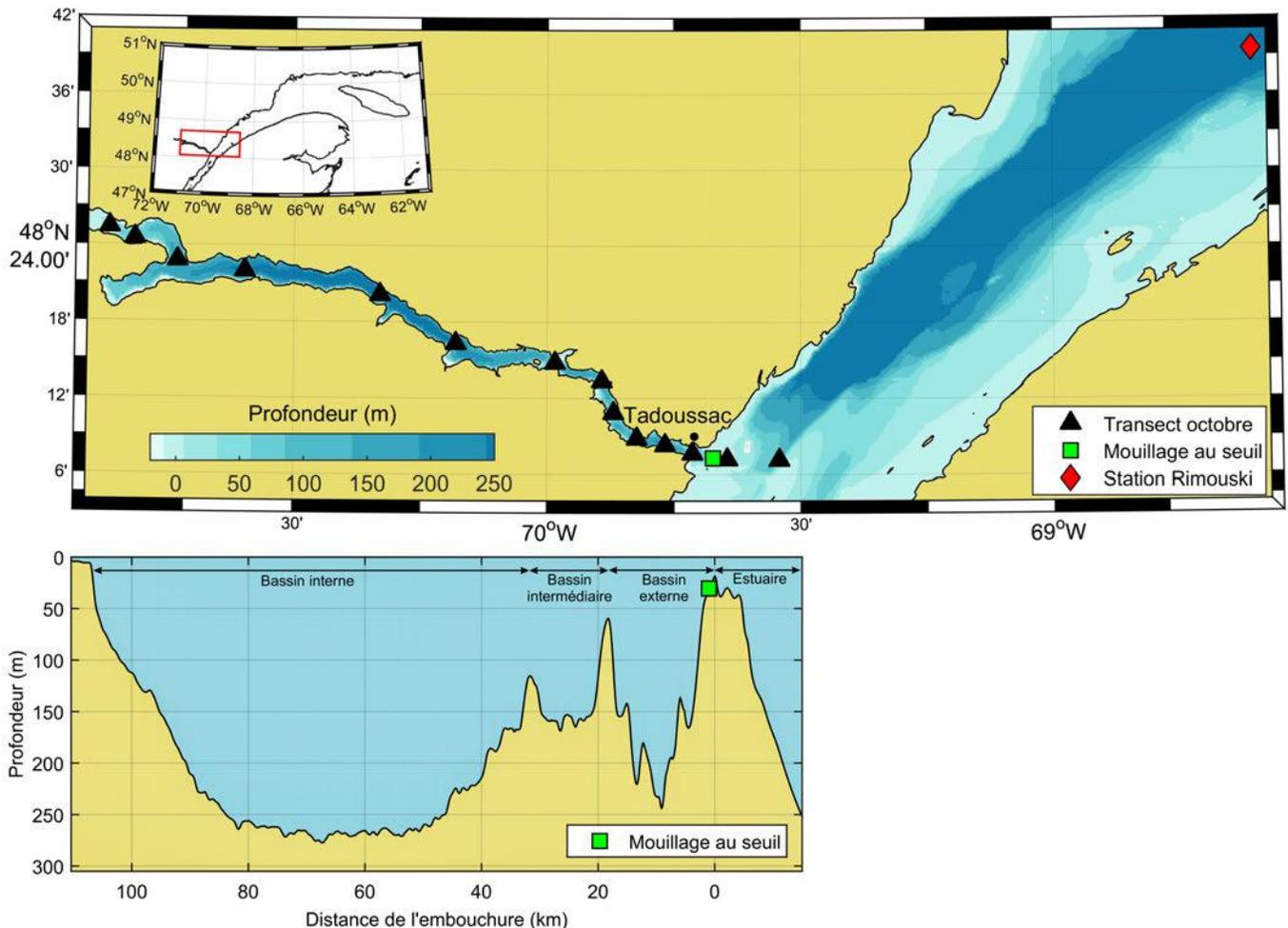


Figure 1. Région d'étude indiquant les stations océanographiques, le mouillage au seuil et la station Rimouski. Le mouillage au premier seuil consiste en un thermosalinographe, un ancrage, un appareil de flottaison ainsi qu'un déclencheur acoustique auquel on peut commander de lâcher prise sur l'ancrage à la récupération. Le schéma sous la carte illustre les variations de profondeur en fonction de la distance de l'embouchure du fjord du Saguenay.

d'eau sont modifiées, et la masse volumique de la nouvelle eau détermine la suite de son parcours (Inall et Gillibrand, 2010). Si la masse volumique des eaux mélangées est plus grande que les eaux de fond des bassins internes, les premières plongeront tout au fond pour s'insérer sous les eaux résidentes tout en déplaçant ces dernières vers le haut. Il s'agira alors d'un épisode de renouvellement d'eau de fond ou d'eau profonde. Si la masse volumique des eaux produites aux seuils n'est pas suffisamment dense pour s'écouler tout au fond, celles-ci pourront s'introduire à une profondeur intermédiaire (celle de leur flottabilité neutre), par-dessus les eaux de fond très denses, mais sous les eaux de surface peu salées et légères. C'est ce qu'on appelle un épisode de renouvellement d'eau intermédiaire. Autrement, si les eaux produites aux seuils lors du flot de marée demeurent plus légères que les eaux profondes et intermédiaires des bassins internes, elles ne pourront pas s'insérer dans le fjord et seront simplement évacuées vers l'extérieur lors du jusant. Comme nous le verrons en détail dans cet article, les intrusions dans le fjord du Saguenay se produisent à différentes profondeurs au fil des saisons.

Puisque le volume d'eau présent dans le fjord est conservé, ces arrivées d'eaux nouvelles doivent nécessairement être accompagnées de sorties de volumes égaux d'eaux qui se trouvaient déjà dans les bassins depuis un certain temps. C'est à cause de cette dynamique de remplacement que ces épisodes s'appellent des renouvellements. Le volume d'eau présent dans le bassin divisé par le taux d'échange détermine le temps de résidence des eaux à l'intérieur du fjord. Un long temps de résidence se traduirait par une réduction de l'oxygène dissous dans le bassin interne due à la respiration du biote, ce qui n'est pas le cas du Saguenay. En général, pour tous les fjords, les renouvellements peuvent être continus ou se produire par évènements successifs avec des fréquences qui varient considérablement (Geyer et Cannon, 1982).

Travaux antérieurs

Les apports d'eau douce provenant de la rivière Saguenay (moyenne annuelle de $1200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pour la période 1944-1993; Bélanger, 2003) induisent un fort gradient vertical

de température et de salinité (thermohalocline) caractérisé par une couche de surface bien distincte, de quelques mètres d'épaisseur, s'écoulant vers l'aval (Drainville, 1968). La circulation profonde est beaucoup plus complexe. Les études ont démontré une structure en plusieurs couches caractérisées par des courants qui vont dans des directions opposées et qui varient au gré des saisons, comme le suggèrent des simulations numériques (Bélanger, 2003; Stacey et Gratton, 2001) et des observations de courant (Belzile et collab., 2016; Bourgault et collab., 2012). Pour faciliter la discussion, nous caractériserons la structure verticale du bassin interne du Saguenay en 4 couches distinctes : 1) les **eaux de surface**, 2) les **eaux supérieures**, 3) les **eaux intermédiaires** et 4) les **eaux profondes**. Les eaux de surface correspondent aux eaux saumâtres ($S < 20$ psu [*practical salinity unit*]), d'une épaisseur de 5 à 10 m environ, qui s'écoulent, en moyenne, vers l'aval. Il est important de noter que lorsqu'il est question du renouvellement des eaux du fjord, on ne parle pas de ces eaux de surface qui sont alimentées principalement par l'amont avec l'apport d'eau douce de la rivière Saguenay. Les renouvellements concernent l'apport d'eau salée et océanique par l'embouchure des fjords. Comme nous l'avons souligné précédemment, les eaux de surface sont séparées par une forte thermohalocline des 3 autres couches d'eau qui se trouvent en dessous. Les eaux supérieures sont celles tout juste sous la thermohalocline et qui ont une épaisseur de l'ordre de 40-50 m. On trouve ensuite les eaux intermédiaires d'une épaisseur de l'ordre de 100 m et finalement les eaux profondes, d'une épaisseur aussi de l'ordre de 100 m. Ces 3 dernières couches, supérieure, intermédiaire et profonde, peuvent être renouvelées.

Le Saguenay a la particularité de se déverser dans un estuaire plutôt que directement dans l'océan. La morphologie en entonnoir de l'estuaire du Saint-Laurent favorise de grandes amplitudes de marée à l'embouchure du fjord (Bélanger, 2003). Celles-ci permettent aux eaux denses de l'estuaire du Saint-Laurent, jusqu'à 100 m de profondeur environ (Lavoie et collab., 2000), d'être entraînées au-dessus du seuil peu profond et d'alimenter les eaux du fjord.

Drainville (1968), pionnier de la recherche sur la dynamique du Saguenay, a été le premier à émettre l'hypothèse des renouvellements approvisionnés par l'estuaire du Saint-Laurent. Cependant, limité par le peu d'informations sur les conditions hivernales, Drainville (1968) a émis une seconde hypothèse selon laquelle le renouvellement des eaux profondes serait causé par de grandes convections hivernales locales. Selon lui, la formation de glace pourrait engendrer un rejet de sel suffisamment grand pour que la salinité de surface augmente et dépasse la salinité des eaux du fond. Loucks et Smith-Sinclair (1975) ont réfuté cette hypothèse en constatant une grande stratification en salinité en avril. De plus, Chassé et Côté (1991) ont observé, à l'hiver 1986, une salinité d'au plus 14 psu en surface. En 2010, lorsque les premiers profils de température et de salinité sous couvert de glace ont été récoltés, Bourgault et collab. (2012) ont observé une stratification en hiver aussi forte, sinon plus, qu'en été. Par contre, au cours des 40 dernières

années, plusieurs études ont appuyé la première hypothèse de Drainville (1968) en démontrant, qu'en période estivale, des renouvellements s'effectuent à partir des eaux denses de l'estuaire du Saint-Laurent lesquelles, avec les courants de marée, passent par-dessus les seuils (Bélanger, 2003; Belzile et collab., 2016; Seibert et collab., 1979; Stacey et Gratton, 2001; Therriault et Lacroix, 1975; Therriault et collab., 1984).

L'étude de Bélanger (2003) a été la première à s'intéresser aux renouvellements des eaux profondes dans le bassin interne du Saguenay. Son auteur a basé ses observations sur des augmentations de masse volumique enregistrées par une sonde de température et de salinité mouillée à 260 m de profondeur dans le bassin interne de juin 1998 à mars 1999. D'après ses résultats, bien que les événements de renouvellement estivaux aient été moins longs et aient présenté des augmentations de densité moins grandes que celles de l'automne et de l'hiver, 39% du bassin interne aurait été renouvelé entre le 5 et le 27 août 1998. Cette valeur a été calculée à partir de données hydrographiques donnant une estimation de la profondeur à laquelle les eaux profondes auraient été déplacées vers le haut par les renouvellements. Selon son interprétation, lorsqu'un renouvellement profond survient, les eaux du fond du fjord sont déplacées et poussées vers le haut par l'intrusion d'eau plus dense.

Bélanger (2003) a également observé, dans ses données hydrographiques, des renouvellements partiels de plus faible masse volumique, de 70 à 110 m de profondeur, qui correspondent à des intrusions. Ces renouvellements intermédiaires ont eu lieu plus tôt dans l'été, avant les renouvellements profonds. Ce type de renouvellement intermédiaire a aussi été observé dans le Saguenay dans plusieurs autres études (Drainville, 1968; Loucks et Smith-Sinclair, 1975; Sundby et Loring, 1978), et présente une grande variabilité en matière d'épaisseur (de 40 à 100 m), de profondeur (centré entre 40 m à 95 m de profondeur) et de température (de 1 à 4 °C) (Bélanger, 2003; Belzile et collab., 2016; Bourgault et collab., 2012; Drainville, 1968; Seibert et collab., 1979; Sundby et Loring, 1978; Taylor, 1975).

Les simulations numériques de Bélanger (2003) ont mené à une meilleure compréhension des modifications de la circulation induites par les renouvellements. Lorsqu'un renouvellement se produit, un courant compensateur sortant est créé. Dans le modèle de Bélanger (2003), ce courant se trouve entre 20 et 70 m de profondeur lors d'un renouvellement profond, et il domine généralement sur la circulation estuarienne des premiers mètres. Dans le cas d'une intrusion à une profondeur intermédiaire, le courant de compensation se trouve au-dessus et en dessous du renouvellement.

L'étude de Bélanger (2003) visait aussi à identifier les facteurs influençant la fréquence de renouvellement. La masse volumique des eaux présentes au seuil et la turbulence dans le fjord sont les 2 facteurs majeurs identifiés qui déterminaient la fréquence des renouvellements. Cependant, selon la saison, des facteurs environnementaux ont également semblé avoir

influencé la fréquence et la durée des renouvellements. L'auteur a alors émis l'hypothèse d'un contrôle par le vent.

Il semble maintenant bien acquis que les renouvellements du bassin interne du Saguenay proviennent du Saint-Laurent et qu'ils subissent un mélange turbulent à proximité des seuils. Des hypothèses ont été émises par plusieurs auteurs sur la composition des eaux profondes se trouvant dans les bassins du Saguenay. En interprétant le diagramme température-salinité de Drainville (1968), Louks et Smith-Sinclair (1975) ont calculé que les eaux des bassins externes étaient constituées à 90 % de la couche intermédiaire froide (CIF) du Saint-Laurent et à 10 % des eaux de surface du Saguenay. Plus récemment, une étude utilisant la matière organique dissoute comme traceur a trouvé une proportion de 94 % de la CIF et 6 % de la rivière Saguenay dans les eaux profondes du bassin interne (Xie et collab., 2012).

Deux études récentes ont affiné nos connaissances concernant le renouvellement des eaux du Saguenay ainsi que la rapidité du processus (Belzile et collab., 2016; Bourgault et collab., 2012). Elles ont montré l'existence de 3 régimes (figure 2), qui dépendent de la salinité (et donc de la masse volumique) des eaux de l'estuaire présentes au premier seuil du Saguenay, ainsi que de la progression temporelle (croissance ou décroissance) de cette salinité. En été, dans le bassin externe à l'entrée du fjord, la couche intermédiaire froide de l'estuaire se mélange aux eaux de surface du Saguenay pour former une couche chaude qui pénètre dans le fjord à mi-profondeur; ce sont les eaux intermédiaires du Saguenay qui ont une température d'environ 4-5 °C (panneau du bas de la figure 2). La salinité des eaux de l'estuaire qui se présentent au premier seuil détermine avec quelles eaux du Saguenay se fera le mélange, ainsi que la profondeur à laquelle ce mélange pénétrera dans le fjord.

Ces eaux intermédiaires, relativement chaudes (4-5 °C) comparativement aux eaux profondes et supérieures, circulent ainsi vers l'amont à une vitesse de 5 à 10 cm s⁻¹ (0,2-0,4 km h⁻¹) (Belzile et collab., 2016, figure 2). À cette vitesse, le nez de l'intrusion atteint la tête du fjord, tout en amont, en 1 à 2 semaines. Il suffirait alors d'environ un mois pour renouveler ainsi l'ensemble des eaux intermédiaires. Bien que ce type d'épisode de renouvellement s'effectue rapidement en été, l'eau intermédiaire ainsi amenée persiste à l'intérieur du bassin interne pendant plusieurs mois, bien qu'elle perde graduellement ses propriétés initiales et qu'elle se refroidisse de quelques degrés étant donné le fort mélange turbulent (nous y reviendrons) qui se produit avec les eaux supérieures et profondes. C'est ainsi que l'on trouve des restes de cette eau intermédiaire à l'hiver tout juste sous la pycnocline (la plage de profondeur où la masse volumique varie rapidement) dans le bassin interne (figure 2, panneau du haut). Bien qu'ayant été refroidis au fil des mois, ces restes d'eaux intermédiaires demeurent néanmoins les eaux les plus chaudes du fjord pendant l'hiver. Leur présence près de la surface pourrait favoriser des glaces très minces tout en amont; il pourrait s'agir d'une polynie à chaleur sensible (soit une zone qui reste

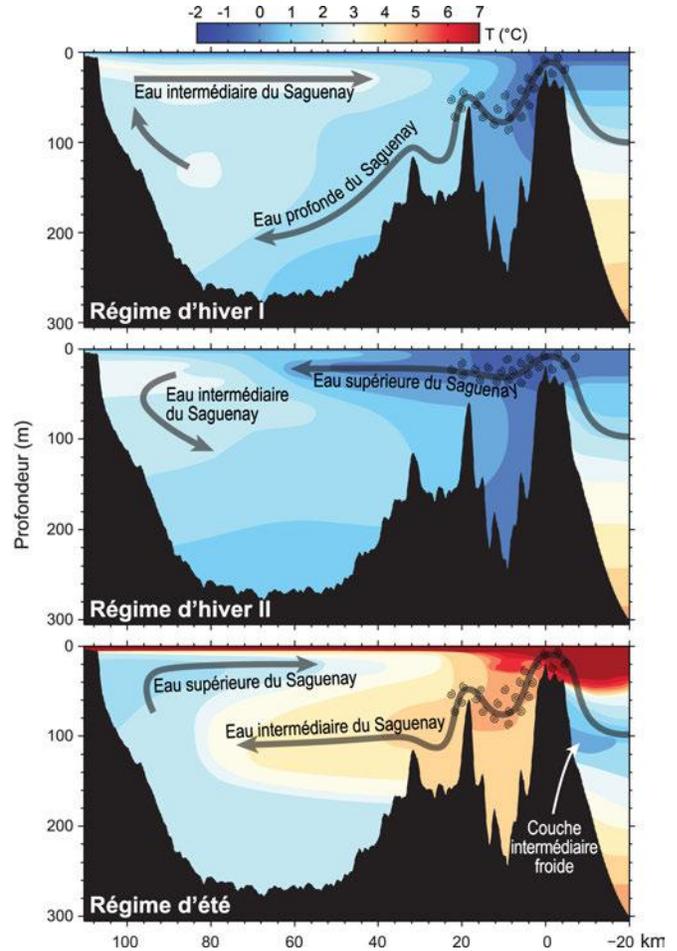


Figure 2. Schéma synthétique des 3 types de renouvellement de l'eau du fjord du Saguenay identifiés par Belzile et collab. (2016). Régime d'hiver I: renouvellement par le fond en automne et début d'hiver; régime d'hiver II: renouvellement par la subsurface en mi-hiver ou au printemps; régime d'été: renouvellement par des eaux intermédiaires en été. Traduit et adapté de la figure 13 de Belzile et collab. (2016).

libre de glace ou couverte d'une couche de glace très mince, engendrée par une source de chaleur sous la glace).

En hiver, le même processus de formation de masse d'eau qu'en été se produit dans le premier bassin externe, sauf que les eaux hivernales de l'estuaire sont plus denses, et se mélangent donc avec des eaux du Saguenay plus profondes, c'est-à-dire avec les eaux intermédiaires du Saguenay. Ceci engendre un mélange plus chaud que dans l'estuaire à pareille densité: les eaux profondes du Saguenay (panneau du haut de la figure 2), dont la salinité est suffisante pour renouveler le Saguenay par le fond. Si la salinité des eaux mélangées au seuil est croissante dans le temps, ce nouveau mélange sera plus dense que l'ancien et pourra permettre de poursuivre le renouvellement du fjord par le fond. Plus tard en hiver, les eaux froides et moins salées de la couche hivernale du golfe arrivent à la tête de l'estuaire. Le mélange formé, moins dense,

constitue alors les eaux supérieures du Saguenay et remplit le fjord par une intrusion tout juste sous les eaux de surface, sous la pycnocline (panneau du milieu de la figure 2).

Belzile et collab. (2016) ont déterminé que le bassin interne du fjord du Saguenay est renouvelé au complet dans un intervalle de 2 à 6 mois. Comme les eaux de la tête du fjord sont les plus éloignées, elles sont les plus longues à se renouveler, ce qui crée habituellement une opposition de gradient horizontal de température de l'été à l'hiver : les eaux les plus froides se trouvant à la tête en été alors que ce sont les eaux les plus chaudes en hiver qui s'y trouvent.

De nouvelles données que nous avons acquises en 2016 illustrent une signature de renouvellement printanier plus difficile à discerner, et fournissent un exemple estival de renouvellement presque entier du fjord en une courte période. Nous comblons ici une lacune de l'étude de Belzile et collab. (2016), laquelle n'avait pas de mesures à long terme au premier seuil concurrentes aux autres données de transect de température et de salinité. Pour mettre en évidence la connectivité entre les masses d'eaux, nous comparons les variations de la salinité au seuil qui participe à la formation des nouvelles eaux de renouvellement à celles observées dans l'estuaire, 100 km plus loin.

Méthodologie et nouvelles données

Nous avons déployé un détecteur de température et de salinité Seabird Instruments SBE37 à 2 m au-dessus du fond de 33 m de profondeur, juste du côté intérieur du premier seuil près de l'embouchure (figure 1), du 17 juillet 2015 au 17 octobre 2017 (avec 3 déploiements successifs du détecteur [que l'on appelle un mouillage] avec sa flottaison et son ancrage, soit en septembre 2015, en mai 2016 et en septembre

2016). L'instrument enregistrait les données à des intervalles de 5 minutes.

Trois transects de température-salinité ont été faits dans le fjord à l'été 2016. Le premier a été fait par le Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) de Pêches et Océans Canada, le 25 juin 2016, à partir du *MV Coriolis II*. Le second a été fait par Parcs Canada, en collaboration avec Yvan Simard (Pêches et Océans Canada), à bord du bateau *Alliance*, en combinant diverses occupations de stations du 16 au 24 août 2016. Le troisième a été fait à nouveau par le PMZA, les 19 et 20 octobre 2016 à bord du *NGCC Hudson*.

La station de monitoring Rimouski, située à 20 km au large de la ville du même nom, est occupée par le PMZA à l'aide d'un mouillage déployé à l'année depuis juin 2015, composé de plusieurs détecteurs de température et salinité (Seabird SBE19 et SBE37), avec des enregistrements toutes les 15 minutes. Le mouillage a été retiré de l'eau le 5 octobre 2015 et redéployé le 4 novembre 2015, retiré à nouveau le 23 septembre 2016 et redéployé le 25 octobre 2016. Les données de détecteurs à 20 et 70 m sont utilisées dans notre étude, ainsi que celles à 50 m pour la portion après le 4 novembre 2015.

Résultats et discussion

D'après Belzile et collab. (2016), la salinité des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent qui sont présentes au premier seuil du fjord est déterminante de la salinité qu'atteindront les eaux intermédiaires (en été) ou profondes (en hiver) par mélange avec les eaux de surface (été) ou supérieures (hiver) et donc, de la profondeur de renouvellement qui s'en suivra. Nous utilisons le mouillage situé à l'intérieur du bassin externe à 31 m de profondeur (figure 3) pour les identifier.

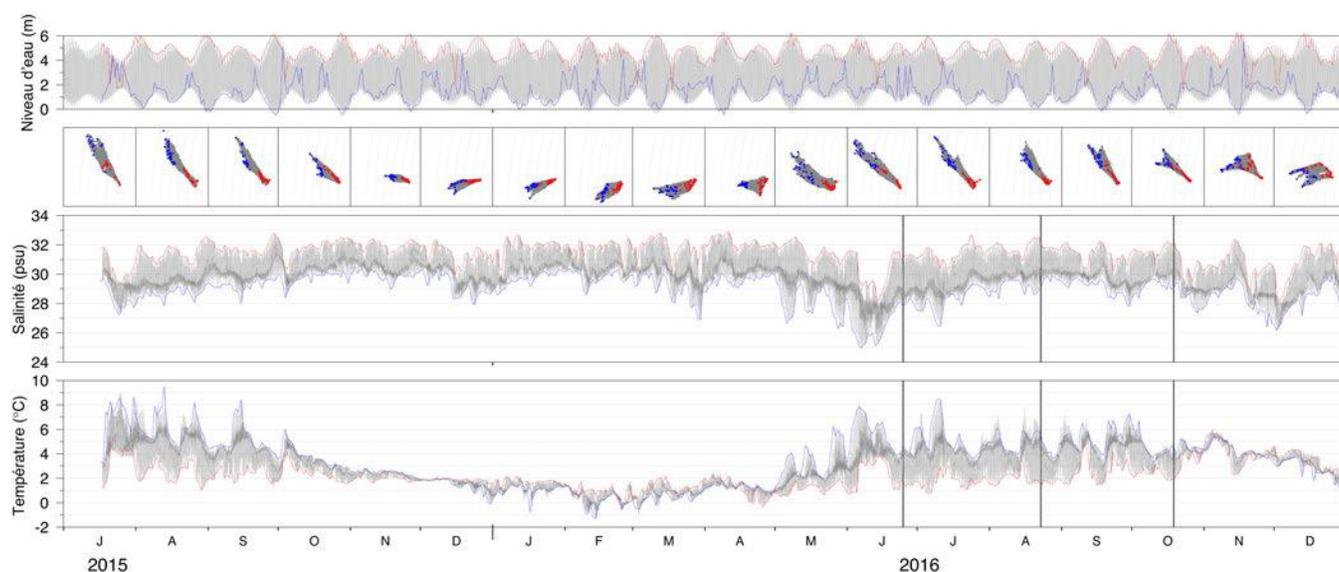


Figure 3. Température (panneau du bas) et salinité (second à partir du bas) mesurées à 31 m de profondeur à l'intérieur du premier seuil du fjord du Saguenay jusqu'au 1^{er} janvier 2017. La marée (niveau d'eau) prédite à Tadoussac est indiquée (panneau du haut) ainsi que des diagrammes mensuels de température-salinité. Les lignes bleues et rouges montrent les valeurs journalières minimales et maximales de salinité, ainsi que les valeurs de niveau d'eau et de température correspondantes. Les dates d'échantillonnage du bassin externe lors des transects de température et de salinité en juin et en août sont indiquées par des traits verticaux.

En été, les eaux les plus salées sont habituellement les plus froides et leur présence coïncide avec la marée haute. Nous présumons alors que ce sont des eaux qui ont traversé le seuil de 20 m sans avoir encore été grandement modifiées par des processus de mélange turbulent, tels que les sauts hydrauliques internes, qui se manifestent un peu plus en amont du seuil. Durant une même journée, à marée basse, des eaux de plus de 4°C plus chaudes peuvent être enregistrées au mouillage. Présumons maintenant que ce sont des eaux issues du mélange intense du côté amont du seuil qui renouvellent le bassin interne du fjord et qui refoulent sur le mouillage au courant inverse; cette hypothèse sera considérée ci-après. Notons que de la mi-décembre 2015 à la mi-avril 2016, la situation s'inverse et ce sont alors les eaux les plus salées qui sont les plus chaudes. À l'automne 2016, cette transition est survenue à la fin novembre.

En plus de 17 mois d'observation en continu, la salinité au premier seuil est apparue la plus faible en juin 2016 (figure 3), quelques semaines avant le premier transect de température-salinité fait le 25 juin (figure 4). Ce transect ne démontre aucune indication de l'intrusion d'une langue chaude d'eaux intermédiaires du Saguenay telle que vue dans le régime d'été de Belzile et collab. (2016), centré autour de 100 m de profondeur (figure 2, panneau du bas). Plutôt, les quelques inversions de températures se trouvent près de la tête du fjord à environ 50 m de profondeur, ou plus profond, vers 150 m. Le renouvellement ressemble donc au second régime d'hiver observé par Belzile et collab. (2016), soit une intrusion supérieure, tout juste sous la pycnocline, occasionnée par la faible salinité du début juin. Contrairement à l'occurrence hivernale de ce régime, l'intrusion est caractérisée par un profil de températures de plus en plus élevées en montant vers la surface et ne crée pas d'inversions verticales de température qui en faciliterait l'identification, sauf près de la tête du bassin. La présence de ce régime de renouvellement peut donc facilement passer inaperçue.

Entre les 2 premiers transects de température-salinité, la salinité au seuil a généralement augmenté, accompagnée de fluctuations (figure 3). Le transect du mois d'août est caractérisé par un renouvellement massif des eaux intermédiaires (figure 5). Les eaux plus froides que 2°C se voient confinées à la tête. L'isohaline de 29 psu passe de 100 m en juin à 50 m, et celle de 30 psu passe de 150 m pour descendre à 200 m, ce qui triple la plage de profondeur occupée par cet intervalle de salinité. La base de l'intrusion visible en

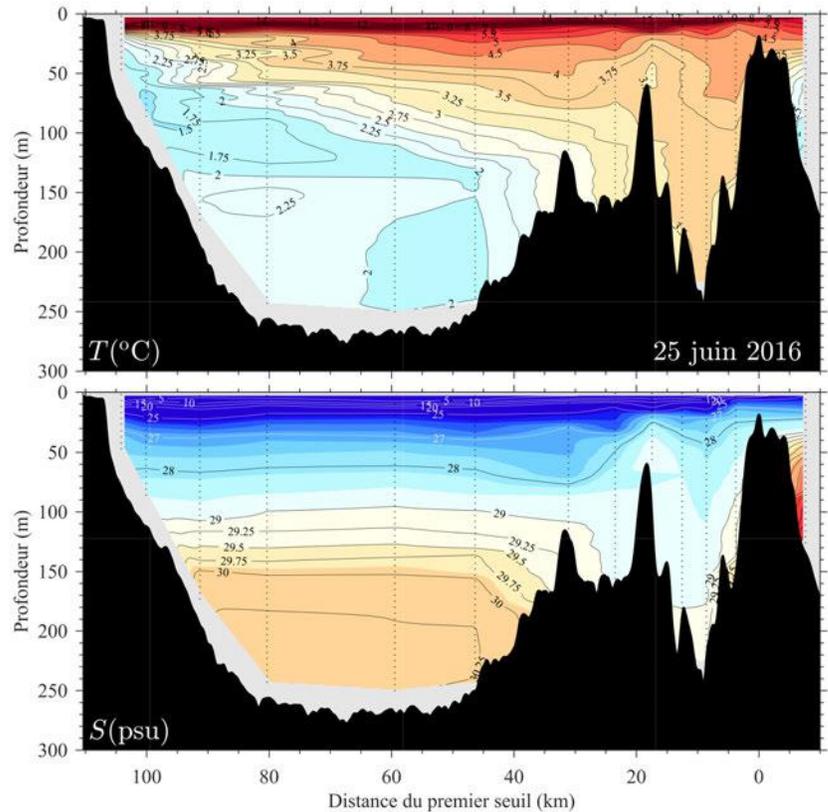


Figure 4. Transect de température (haut) et de salinité (bas) fait le 25 juin 2016 par le Programme de monitoring de la zone Atlantique de Pêches et Océans Canada à bord du *MV Coriolis II*. Les stations occupées sont représentées par des traits verticaux en pointillé.

température se trouve à 150 m de profondeur; le mélange vertical a dû être intense sous 150 m pour diminuer la masse volumique du fluide depuis le mois de juin. Bien que la salinité journalière maximale mesurée au seuil ait augmenté jusqu'à des niveaux comparables à ceux de l'hiver, il semble bien qu'elle n'ait pas été suffisante pour engendrer des renouvellements par le fond. Néanmoins, sauf pour cette partie profonde, le reste des eaux du fjord est presque entièrement renouvelé durant cette période de près de 2 mois.

Entre le second et le troisième transect (figure 6), les eaux profondes plus froides que 2,5°C ont fortement diminué vers la tête du bassin interne et les eaux intermédiaires plus froides que 2,5°C sont aussi fortement réduites vers la tête du fjord; les eaux plus froides au-dessus des eaux intermédiaires du Saguenay présentes en août disparaissent presque complètement. Il s'agit ici d'un mélange turbulent, car le minimum de température est augmenté par les eaux plus chaudes avoisinantes.

Masses d'eau

Un diagramme de température et salinité est utile pour identifier les masses d'eau source, ainsi que le mélange entre celles-ci tel que démarqué par une ligne droite. La figure 7 montre de tels diagrammes pour les profils faits lors des 3 transects, ainsi que 24 h de données du mouillage à l'intérieur

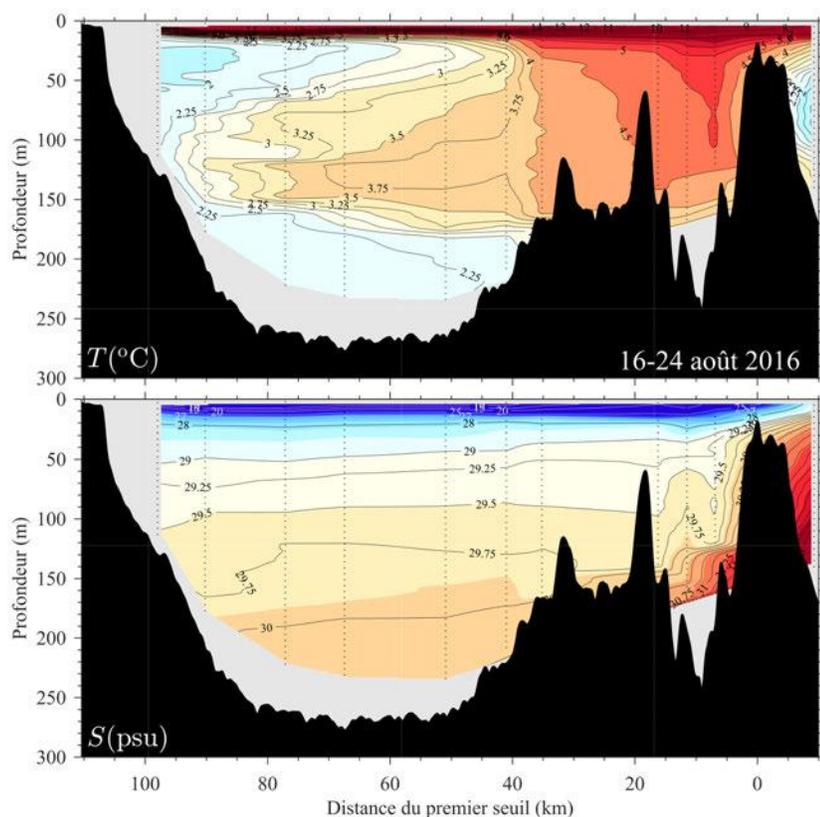


Figure 5. Transect de température (haut) et de salinité (bas) fait du 16 au 24 août 2016 par Parcs Canada (en collaboration avec Yvan Simard, Pêches et Océans Canada) à bord de l'Alliance. Les stations occupées sont représentées par des traits verticaux en pointillé.

du seuil pour la journée correspondante. En août, les eaux les plus froides et salées mesurées au mouillage pendant la journée du transect (1,46 °C et 32,07 psu) correspondent aux eaux de la couche intermédiaire froide mesurées à 64 m à la station de l'estuaire (la première station, la plus à droite sur la figure 5). La plupart des eaux sur le mouillage du seuil le 23 août correspondent à des eaux observées dans l'estuaire, sans modification. Il y a un point d'inflexion à 4,7 °C au-dessus duquel les eaux du bassin externe (à la seconde et à la troisième station du transect) se sont mélangées avec des eaux plus douces du Saguenay. Les eaux mesurées à la seconde station, ainsi qu'une partie des eaux à la troisième station, sont entièrement issues de ce mélange. Notons que les eaux mesurées au mouillage du seuil (points noirs dans l'encadré de la figure 7) sont identiques à celles mesurées dans le bassin externe au même moment (points rouges dans l'encadré), mais que des eaux plus salées et plus denses que celles observées dans les bassins sont aussi observées au seuil pendant la même journée (points noirs dans le panneau principal de la figure 7). Les masses d'eaux identiques appuient notre hypothèse émise précédemment selon laquelle ce sont les eaux issues du mélange dans le bassin externe qui refoulent sur le mouillage à marée basse.

Pareillement, le 25 juin 2016, les masses d'eau enregistrées au mouillage du seuil correspondent pour la plupart aux eaux de l'estuaire (première station du transect). Le point d'inflexion se trouve à 3,6 °C, ce qui correspond aux eaux les plus profondes et salées observées dans le bassin externe; les eaux du bassin externe sont, cette fois, toutes issues d'un nouveau mélange. Les eaux les plus salées observées cette journée-là sur le seuil (31,07 psu) correspondent à des eaux situées à 82 m à la station de l'estuaire, tandis que les eaux les moins salées (27,82 psu) ont été observées à 21 m dans l'estuaire, soit à une profondeur semblable à celle du seuil (20 m).

La région du seuil externe a été échantillonnée quelques heures avant la marée basse durant les transects de juin et août, ce qui explique la faible salinité mesurée au mouillage du seuil. Il est possible que le mélange de ce bassin se fasse assez vite pour que les masses d'eau soient plus salées et denses si les mesures des transects sont prises à marée haute. Cela semble être corroboré avec le transect du mois d'octobre 2016, lors duquel la quatrième station a été visitée à marée basse et la troisième à marée haute, alors que la salinité profonde est beaucoup plus élevée à marée haute. D'ailleurs, nous observons en juin un renouvellement identifié par le maximum

de température à 160 m dans le bassin interne (figure 4). Cette masse d'eau est perçue dans le maximum de température à 30 psu de salinité dans le diagramme de température et salinité (figure 7, 1^{er} panneau) qui n'est présent qu'à 2 stations en août (4^e panneau). Cette masse d'eau se serait formée plus tôt à partir des eaux plus froides et moins salées du bassin interne et des eaux de la couche intermédiaire froide de l'estuaire, présentes au mouillage sur le seuil à marée haute, pour constituer les eaux du maximum profond en température. Ce mécanisme avait été identifié par Belzile et collab. (2016). Puis, ces mêmes eaux ont pu se mélanger avec des eaux encore plus froides et salées de la couche intermédiaire froide pour former la queue refroidissante de la courbe en température et salinité. Ce mélange n'a toutefois pas été mesuré directement par les transects, car nous ne trouvons jamais des eaux intermédiaires le long de ces lignes de mélanges. Alors que le transect du mois d'août indique un fort renouvellement des eaux intermédiaires du Saguenay, les données de température et salinité montrent aussi cette masse d'eau nouvellement formée située à l'entrée du bassin interne (reconnaisable par le maximum de température sur le diagramme de température et de salinité à la figure 7). Cela indique bien l'importance des modifications de masses

d'eau dans le bassin intermédiaire pour renouveler le bassin interne par la suite. Le même phénomène est présent en juin, alors que les eaux les plus froides et salées du bassin intermédiaire (en vert sur la figure 7) alimentent par la suite le bassin interne aux salinités inférieures à 29 psu.

Bassin interne

Le quatrième diagramme de température et salinité de la figure 7 montre les données prises dans le bassin interne durant les 3 transects. Celui de juin est caractérisé par un maximum de température profond à 30 psu, une structure presque disparue en août. Les eaux sont alors caractérisées par une ligne de mélange entre cet ancien maximum de température et un nouveau maximum de température moins profond et moins salé que l'on associe aux eaux intermédiaires du Saguenay, décrites précédemment. Les températures et salinités des mois d'août et octobre ne montrent aucune évidence de formation de nouvelles masses d'eaux qui seraient associées à des renouvellements par le fond. Ces transects sont plutôt caractérisés par une diminution de la salinité et, par conséquent, de la masse volumique des eaux profondes du bassin interne.

Pour qu'un tel épisode de renouvellement d'eau dense se produise, il faut nécessairement que les eaux résidentes intermédiaires ou profondes, provenant du précédent épisode de renouvellement, aient été allégées (moins salées) par un mélange turbulent avec les eaux supérieures et de surface moins denses. Autrement, si l'eau résidente demeure aussi dense qu'à son arrivée, de nouvelles eaux, vraisemblablement de même densité que l'eau résidente dans un système stationnaire périodique, ne pourraient pas s'insérer sous les eaux résidentes. C'est ainsi que les épisodes de renouvellement ne sont pas uniquement conditionnés par les vents, les courants et les propriétés des eaux qui passent le premier seuil, mais qu'ils le sont tout autant par les propriétés turbulentes du bassin interne. Autrement dit, s'il n'y avait aucun mélange turbulent dans les eaux intermédiaires et profondes du bassin interne, l'eau résidente y stagnerait jusqu'à atteindre l'anoxie. Or, les renouvellements sont rapides et fréquents dans le Saguenay, ceci est en grande partie dicté par le fait que les eaux profondes du Saguenay sont très turbulentes. En effet, des observations de turbulence prises dans le bassin interne, ainsi que des analyses de l'évolution saisonnière de la stratification profonde (Belzile et collab., 2016; Bourgault et collab., 2012), indiquent que la diffusivité turbulente profonde (qui quantifie la dispersion associée au mélange turbulent), sous 50 m, est de l'ordre de $O(K) = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Or cette valeur est 10 fois plus grande que la diffusivité à profondeur équivalente

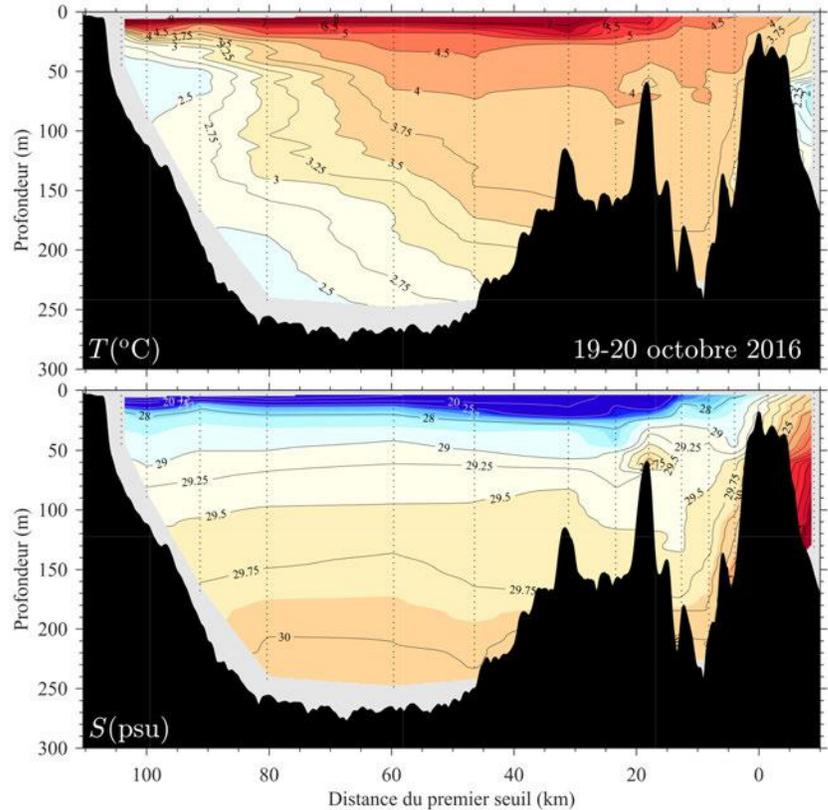


Figure 6. Transect de température (haut) et de salinité (bas) fait les 19 et 20 octobre 2016 par le Programme de monitoring de la zone Atlantique de Pêches et Océans Canada à bord du *NGCC Hudson*. Les stations occupées sont représentées par des traits verticaux en pointillé.

dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent qui est, justement, hypoxique (Bourgault et collab., 2012). Les causes de cette forte turbulence profonde dans le fjord du Saguenay, nécessaire pour expliquer les renouvellements rapides, demeurent inconnues. Il n'est pas encore bien compris pourquoi le Saguenay profond est si turbulent. Une hypothèse serait que des marées internes et des ondes internes de plus hautes fréquences générées aux seuils, telles qu'observées par Bourgault et collab. (2011) et Bourgault et collab. (2016), iraient déferler le long des parois dans le bassin interne. Cela pourrait représenter une source considérable de mélange turbulent.

Connectivité du fjord et de l'estuaire

La salinité maximale journalière observée au seuil est indicatrice des eaux de l'estuaire qui peuvent franchir le seuil et contribuer à la formation des eaux profondes du Saguenay. Une salinité intermédiaire, mais plus près de la salinité minimale journalière, est nécessaire pour le renouvellement du Saguenay par la formation d'eaux supérieures ou d'eaux intermédiaires du Saguenay. La figure 8 reproduit la figure 3 en ne montrant que les températures et salinités qui correspondent à la salinité minimale et maximale observées chaque jour au mouillage (lignes rouges et bleues). Ces valeurs sont comparées à la température et à la salinité moyenne journalière mesurées à

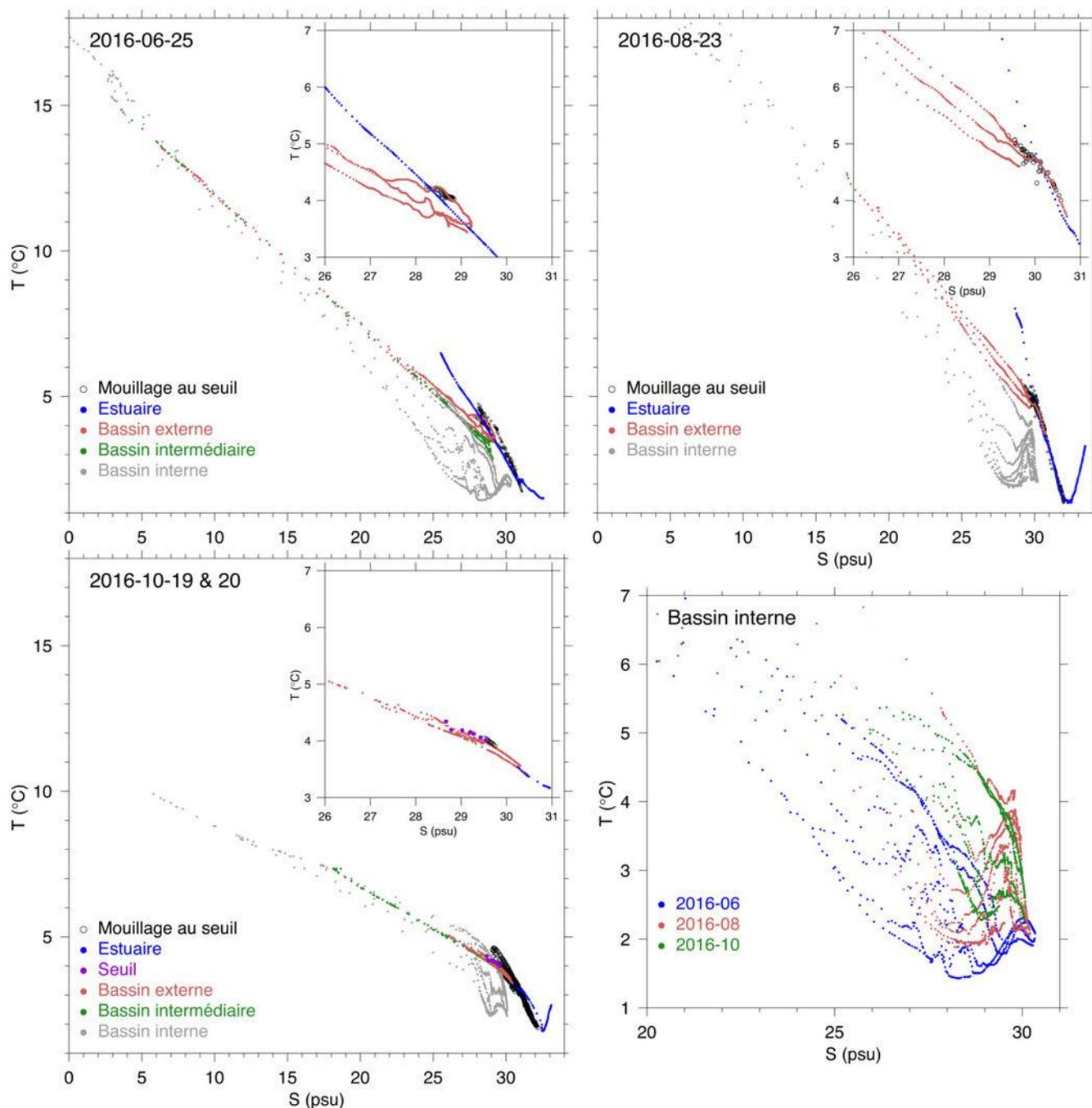


Figure 7. Relation entre la température et la salinité des profils lors des transects du 25 juin, du 23 août et du 19-20 octobre 2016 (3 premiers panneaux), ainsi que dans le bassin interne (4^e panneau). Dans les figures principales, les données du mouillage au seuil sont montrées pour la seule journée du transect, tandis que les encadrés montrent les données uniquement pour les heures correspondant aux profils faits dans le bassin externe.

la station Rimouski du PMZA à 20, 50 et 70 m de profondeur. Les variations de température et de salinité des eaux de salinité minimale journalière au seuil sont très semblables à celles observées à 20 m à la station Rimouski, tandis que les variations de salinité maximale journalière sont semblables à celles observées à la station Rimouski à 50 et 70 m.

La coïncidence des températures et des salinités observées au seuil avec celles de la station Rimouski, 100 km

plus loin, mérite qu'on s'y attarde. La couche intermédiaire froide n'est pas native de l'estuaire, mais est tranquillement transportée à partir du golfe où elle s'est formée en hiver (Galbraith, 2006; Ingram, 1979; Smith et collab., 2006). Ce temps de transport est apparent dans nos données où la température minimale des eaux les plus salées de la journée au mouillage est observée tard en avril 2016, comme l'avait aussi rapporté Ingram (1979) pour la tête du chenal Laurentien.

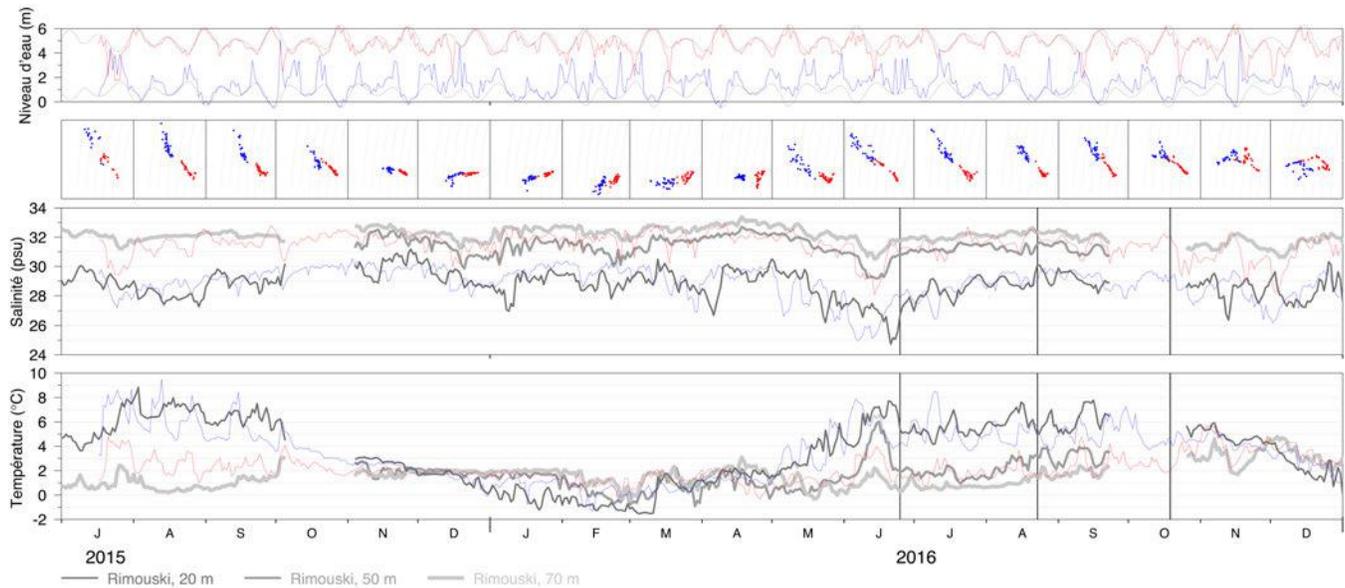


Figure 8. Température (panneau du bas) et salinité (second à partir du bas) mesurées à 31 m de profondeur à l'intérieur du premier seuil du fjord du Saguenay, correspondant à la salinité minimale (en bleu) et maximale (en rouge) mesurées chaque jour. La marée (niveau d'eau) prédite à Tadoussac ainsi que des diagrammes mensuels de température-salinité sont présentés sur le panneau du haut et dans la série de diagrammes juste en dessous. Les séries temporelles de température et de salinité mesurées au mouillage océanographique de la station Rimouski du PMZA à 20, 50 et 70 m de profondeur sont aussi indiquées en tons de gris.

Dans le cas de la majorité des variations au seuil et à la station Rimouski, il n'y a pas d'écart de quelques mois. Les variations se produisent en même temps aux 2 endroits. Ceci implique que l'estuaire se fait remplir (ou vider) par le fond et que toutes les masses d'eaux de la couche de 20 à 70 m montent et descendent en même temps. Les variations de circulation dans l'estuaire, qui pourraient en être responsables, sont possiblement reliées aux événements d'entrées d'eaux dans l'Estuaire à Pointe-des-Monts, forcés par les vents d'est sur le golfe (Lavoie et collab., 2016).

Conclusion

En juin 2016, un épisode de renouvellement estival observé dans le fjord du Saguenay ressemblait au second régime d'hiver décrit par Belzile et collab. (2016), un régime occasionné par une faible salinité au seuil. Dans le cas présent, il s'agissait d'une faible salinité probablement associée à la crue printanière du Saint-Laurent. L'intrusion est par contre chaude, ce qui ne permet pas de l'identifier facilement par simple inspection visuelle du transect de température. Dans ce cas, les inversions de température se trouvaient près de la tête du fjord.

Par la suite, une grande partie des eaux du fjord a été renouvelée par une intrusion intermédiaire en moins de 2 mois; une courte période conforme à la plage inférieure de temps de résidence notée dans la littérature (Belzile et collab., 2016).

Tandis que les eaux présentes à un mouillage placé du côté intérieur du seuil sont presque toutes des eaux de l'estuaire à marée haute, les eaux du bassin externe observées à 2 occasions à marée basse (juin et août 2016) résultent

d'un mélange des salinités parmi les plus faibles des eaux du seuil avec des eaux de surface du Saguenay. Une partie de ce mélange fait dans le bassin externe refoule sur le seuil à marée basse. Les eaux les plus salées observées au seuil durant un cycle de marée correspondent à des eaux mesurées à 64 et 82 m de profondeur à la station de l'estuaire en juin et en août, en accord avec l'estimation de Lavoie et collab. (2000).

La plage de salinité des eaux présentes au mouillage du seuil correspond assez bien à celle des eaux 100 km plus loin à la station Rimouski du PMZA, entre 20 et 70 m. Les eaux les moins salées contribuent au renouvellement des eaux supérieure et intermédiaire du fjord par des mélanges qui y ont été observés. Quant aux salinités supérieures, elles pourraient contribuer au renouvellement par le fond, même si le mécanisme n'a pas été directement observé durant l'été 2016.

La coïncidence temporelle des variations de salinité à la station Rimouski et au seuil indique que ce n'est pas une anomalie qui est transportée horizontalement de l'estuaire vers le seuil, mais plutôt un mouvement vertical des eaux synchrone dans tout l'estuaire, causé par une entrée d'eau intermédiaire ou profonde dans l'estuaire, à son embouchure, à Pointe-des-Monts. La dynamique de circulation de l'estuaire induirait un cycle saisonnier de variations de la salinité à des profondeurs de 20 à 70 m, qui serait déterminante pour le type et la vitesse de renouvellement des eaux du fjord du Saguenay.

Un manque de connaissances demeure quant à la création des masses d'eaux profondes, la variabilité du mélange durant un cycle de marées dans le bassin externe du fjord et sur les mécanismes entourant le mélange turbulent dans le bassin interne, nécessaire pour faire redescendre la salinité du

fond du fjord et permettre de nouveaux renouvellements. La création des eaux profondes du Saguenay pourrait être étudiée à l'aide d'un second mouillage pour mesurer la température et la salinité sur le second seuil. Le déploiement d'un mouillage dans le bassin externe pour mesurer la variabilité sur l'ensemble de la colonne d'eau pendant les cycles de marée pourrait répondre à la seconde question, ou encore un échantillonnage aux heures à partir d'un navire en station fixe. L'érosion temporelle des extrêmes de température peut être utilisée pour estimer l'intensité du mélange turbulent, en plus de mesures directes de turbulence.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au soutien du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique de Pêches et Océans Canada, et est une contribution au programme scientifique de Québec-Océan. Nous désirons remercier Yvan Simard (Pêches et Océans Canada) ainsi que le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent pour les données obtenues sur l'Alliance. Nous remercions aussi Rémi Desmarais (Pêches et Océans Canada) pour la préparation, les déploiements et les récupérations du mouillage au seuil de fjord, le personnel technique de l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans Canada pour la calibration des détecteurs, ainsi que François Villeneuve (Pêches et Océans Canada), chef de mission sur les 2 relevés du PMZA, qui ont récolté 2 des transects de température et salinité. Nous remercions particulièrement l'équipe du *Naturaliste canadien* pour le travail apporté au texte. Les commentaires d'Émilien Pelletier, rédacteur ad hoc, et de 2 réviseurs anonymes ont contribué à l'amélioration de ce manuscrit. ◀

Références

- ALLEN, G. et J. SIMPSON, 1998. Deep water inflows to Upper Loch Linnhe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47: 487-498.
- BÉLANGER, C., 2003. Observation and modelling of a renewal event in the Saguenay Fjord. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, 235 p.
- BELZILE, M., P.S. GALBRAITH et D. BOURGAULT, 2016. Water renewals in the Saguenay Fjord. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 121: 638-657. doi:10.1002/2015JC011085.
- BOURGAULT D., D.C. JANES et P.S. GALBRAITH, 2011. Observations of a large-amplitude internal wave train and its reflection off a steep slope. *Journal of Physical Oceanography*, 41: 586-600.
- BOURGAULT, D., P.S. GALBRAITH et G. WINKLER, 2012. Exploratory observations of winter oceanographic conditions in the Saguenay Fjord. *Atmosphere-Ocean*, 50 (1): 17-30.
- BOURGAULT, D., P.S. GALBRAITH et C. CHAVANNE, 2016. Generation of internal solitary waves by frontally forced intrusions in geophysical flows. *Nature Communications* 7, 13606 doi:10.1038/ncomms13606.
- CHASSÉ, R. et R. CÔTÉ, 1991. Aspects of winter primary production in the upstream section of Saguenay fjord. *Hydrobiologia*, 215: 251-260.
- DRAINVILLE, G., 1968. Le fjord du Saguenay: I. Contribution à l'océanographie. *Le Naturaliste canadien*, 95: 809-855.
- FARMER, D.M. et H.J. FREELAND, 1983. The physical oceanography of fjords. *Progress in Oceanography*, 12: 147-219.
- GALBRAITH, P.S., 2006. Winter water masses in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 111: 23 p.
- GEYER, W. et G. CANNON, 1982. Sill processes related to deep water renewal in a fjord. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 87: 7985-7996.
- INALL, M. et P. GILLIBRAND, 2010. The physics of mid-latitude fjords: a review. *Geological Society, London, Special Publications*, 344: 17-33.
- INGRAM, R.G., 1979. Water mass modification in the St. Lawrence Estuary. *Le Naturaliste canadien*, 106: 45-54.
- LAVOIE, D., Y. SIMARD et F.J. SAUCIER, 2000. Aggregation and dispersion of krill at channel heads and shelf edges: the dynamics in the Saguenay-St. Lawrence Marine Park. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 1853-1869.
- LAVOIE, D., J. CHASSÉ, Y. SIMARD, N. LAMBERT, P.S. GALBRAITH, N. ROY et D. BRICKMAN, 2016. Control of large-scale atmospheric and oceanic forcing on krill transport into the St. Lawrence estuary investigated using a 3D numerical model. *Atmosphere-Ocean*, 54 (3): 299-325. doi:10.1080/07055900.2015.1082965.
- LOUCKS, R.H. et R.E. SMITH-SINCLAIR, 1975. The physical oceanography of the Saguenay Fjord. Technical Report. Bedford Institute of Oceanography, Halifax, Nova Scotia, 77 p.
- SEIBERT, G., R. TRITES et S. REID, 1979. Deepwater exchange processes in the Saguenay fjord. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 36: 42-53.
- SMITH, G., F. SAUCIER et D. STRAUB, 2006. Response of the lower St. Lawrence Estuary to external forcing in winter. *Journal of Physical Oceanography*, 36: 1485-1501.
- STACEY, M.W. et Y. GRATTON, 2001. The energetics and tidally induced reverse renewal in a two-silled fjord. *Journal of Physical Oceanography*, 31: 1599-1615.
- SUNDBY, B. et D.H. LORING, 1978. Geochemistry of suspended particulate matter in the Saguenay fjord. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15: 1002-1011.
- TAYLOR, G.B., 1975. Saguenay River sections from fifteen cruises. Technical Report BI-R-75-15. Bedford Institute of Oceanography, Halifax, Nova Scotia, 38 p.
- TERRIAULT, J. et G. LACROIX, 1975. Penetration of the deep layer of the Saguenay fjord by surface waters of the St. Lawrence Estuary. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32: 2373-2377.
- TERRIAULT, J., R. DE LADURANTAYE et R. INGRAM, 1984. Particulate matter exchange across a fjord sill. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 18: 51-64.
- XIE, H., C. AUBRY, S. BÉLANGER et G. SONG, 2012. The dynamics of absorption coefficients of CDOM and particles in the St. Lawrence estuarine system: Biogeochemical and physical implications. *Marine Chemistry*, 128: 44-56.

Les oiseaux marins nicheurs dans l'aire de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Jean-François Rail

Résumé

Dans l'aire de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, on compte 27 sites abritant des colonies actives d'oiseaux marins. Cette communauté compterait plus de 23 000 couples nicheurs appartenant à 8 espèces, dont 4 laridés et 3 alcidés, en plus du cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*). Le goéland argenté (*Larus argentatus*) et le cormoran à aigrettes, de par leur abondance et leur répartition, sont sans doute les deux espèces les plus représentatives de l'aire d'étude. Quatre espèces sont tout près de la limite amont de leur aire de répartition dans le Saint-Laurent. Les effectifs de la plupart des espèces ont fluctué passablement depuis le milieu des années 1970, mais apparaissent maintenant relativement stables. Deux tendances plus récentes apparaissent cependant : la multiplication rapide du guillemot marmette (*Uria aalge*) et le déclin du guillemot à miroir (*Cepphus grylle*) jusqu'à un niveau très bas. Des recommandations sont émises pour la conservation et la gestion de cette communauté.

MOTS CLÉS : colonies, estuaire, nicheurs, oiseaux marins, tendances

Abstract

Twenty-seven sites within the Saguenay–St. Lawrence Marine Park coordination zone (Québec, Canada) host active seabird colonies. These hold approximately 23,000 breeding pairs of 8 species (4 larids, 3 alcids and the Double-crested Cormorant [*Phalacrocorax auritus*]), 4 of which are close to the upstream limit of their breeding range in the St. Lawrence. Due to their abundance and distribution, the Herring Gull (*Larus argentatus*) and the Double-crested Cormorant are undoubtedly the most representative members of this group in the study area. The numbers of most of the 8 species have fluctuated significantly since the mid-1970s, but are now relatively stable. However, in recent years, there has been a rapid increase in the Common Murre (*Uria aalge*) population and a decline in that of the Black Guillemot (*Cepphus grylle*), which has dropped to a very low level. Recommendations are made for the conservation and management of this bird community.

KEYWORDS: colonies, estuary, nesting, seabirds, trends

Introduction

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (ci-après, PMSSL) est reconnu pour sa fréquentation par les oiseaux et les mammifères marins, qui y trouvent une abondance de nourriture. Les oiseaux marins partagent, en bonne partie, leurs habitudes alimentaires avec les mammifères marins et profitent eux aussi de ces zones productives et de la manne de poissons fourragers et d'invertébrés marins. D'autres endroits tels que les eaux entre l'île aux Lièvres et l'île aux Fraises sont aussi des lieux de rassemblement communs aux phoques, bélugas et oiseaux aquatiques (Bédard et collab., 1997). La fréquentation du parc marin par les oiseaux aquatiques durant tout le cycle annuel a d'ailleurs fait l'objet d'une description il y a une vingtaine d'années (Savard et collab., 1997).

Pour se reproduire, les oiseaux marins ont besoin non seulement d'une nourriture abondante à proximité, mais aussi d'habitats de nidification adéquats. Pour ces oiseaux qui nichent presque tous au sol, cela signifie tout d'abord des lieux protégés des mammifères prédateurs terrestres (p. ex. : le renard roux, *Vulpes vulpes*). C'est pourquoi on les trouve généralement nichant soit sur des îles exemptes de ces prédateurs, soit dans des falaises présentant des corniches

inaccessibles. L'absence de tels habitats explique probablement pourquoi il n'y a pas de colonies d'oiseaux marins dans le secteur du parc marin s'étendant le long du Saguenay.

Des recensements d'oiseaux marins ont été menés par le Service canadien de la faune (SCF) dans l'estuaire dès le milieu des années 1960. La publication de Reed (1975) est cependant la seule à ce jour à avoir fait un portrait complet des colonies d'oiseaux marins dans l'estuaire. Par la suite, les oiseaux marins dans ce secteur ont été inventoriés de façon plutôt irrégulière selon l'île et l'espèce. Des inventaires beaucoup plus complets du Service canadien de la faune ont aussi eu lieu en 1990, 2006, 2011 et 2016. L'objectif de cet article est de résumer ces travaux et l'ensemble des données disponibles, de faire le point sur le statut des différentes espèces nicheuses en présence et de faire état des tendances observées récemment et à plus long terme.

Jean-François Rail est biologiste aux populations d'oiseaux de mer au Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada, région du Québec

jean-francois.rail@canada.ca

Description de l'aire d'étude et méthodes

Aire d'étude

En excluant le fjord du Saguenay, le territoire protégé du parc marin est constitué exclusivement des eaux dans la moitié nord de l'estuaire du Saint-Laurent, de Gros cap à l'Aigle aux Escoumins (figure 1). Cependant, sachant que les oiseaux de mer peuvent franchir des distances considérables pour se nourrir, même durant la période de nidification, on peut penser que les oiseaux marins nichant sur les îles environnantes de l'estuaire (même celles situées près de la rive sud) pourraient fréquenter le parc marin. Des données télémétriques récentes montrent d'ailleurs clairement que des petits pingouins (*Alca torda*) nichant sur Le Gros Pèlerin (hors du parc marin) vont régulièrement s'alimenter dans le parc, entre autres, près de la pointe ouest de l'île aux Lièvres (F. Bolduc, comm. pers.). Bref, pour adopter le point de vue des oiseaux marins, qui ne sont pas limités par une frontière au milieu du fleuve, on a plutôt choisi de considérer, dans notre analyse, toutes les colonies sises à l'intérieur de l'aire de coordination du PMSSL, soit de La Malbaie et les îles de Kamouraska, en amont, jusqu'aux Escoumins et au nord de Trois-Pistoles, en aval. La limite nord-est de l'aire de coordination a été un peu étirée pour s'assurer d'inclure La Razade d'en Bas dans l'aire d'étude (figure 1).

Les oiseaux marins traités ici appartiennent aux familles suivantes : les laridés (goélands, mouettes et sternes), les alcidés (guillemots, pingouins et macareux) et les phalacrocoracidés (cormorans). D'autres familles d'oiseaux présentes au Québec et fréquentant l'aire d'étude font aussi partie des oiseaux marins (Chapdelaine et Rail, 2004), mais elles n'y nichent pas. Par ailleurs, l'eider à duvet (*Somateria mollissima*), un canard de mer qui niche souvent en compagnie d'oiseaux marins, est un anatidé dont la présence dans le PMSSL sera plutôt traitée dans l'article de Lepage (2018) sur la sauvagine.

Sources des données

Toutes les données crédibles concernant la taille ou la présence de colonies d'oiseaux de mer au Québec, qu'elles proviennent de publications antérieures, d'inventaires menés par les gouvernements fédéral et provincial, des organismes non gouvernementaux ou d'ornithologues amateurs, sont consignées

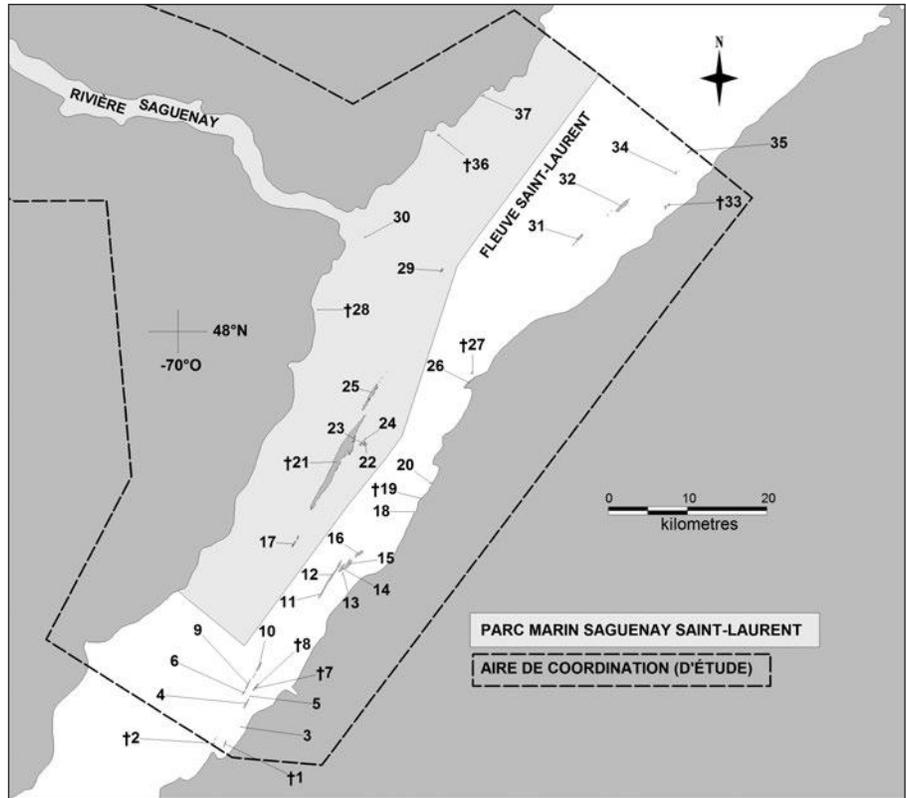


Figure 1. Emplacement des sites ayant été historiquement colonisés par les oiseaux marins pour la nidification, dans l'aire de coordination du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent : 1) île aux Harengs; 2) îles Bare; 3) îlot Julien; 4) île aux Corneilles; 5) La Caye; 6) Les Rochers; 7) île de la Providence; 8) île aux Patins; 9) île Brûlée; 10) La Grande Île; 11) Le Petit Pèlerin; 12) Le Long Pèlerin; 13) rochers du Pèlerin du Milieu; 14) Le Pèlerin du Jardin; 15) Le Pèlerin du Milieu; 16) Le Gros Pèlerin; 17) île aux Fraises; 18) île au Rat; 19) île Lemoyne; 20) cayes à Carrier; 21) île aux Lièvres; 22) Le Pot du Phare; 23) Le Gros Pot; 24) Le Petit Pot; 25) île Blanche; 26) cap à Le Gros Cacouna; 27) rocher de Cacouna; 28) île du Chafaud aux Basques; 29) île Rouge; 30) îlet aux Alouettes; 31) île aux Pommes; 32) île aux Basques; 33) îlets D'Amours; 34) La Razade d'en Haut; 35) La Razade d'en Bas; 36) îlot à Les Bergeronnes; 37) cayes de Bon-Désir.

depuis de nombreuses années dans la Base Informatisée des Oiseaux Marins du Québec (ECCC, 2017). Ainsi, bien que la grande majorité des données utilisées pour la rédaction du présent article proviennent des inventaires du SCF, les contributeurs sont tout de même nombreux. Il faut néanmoins souligner la participation particulièrement importante de la Société Duvetnor ltée qui, dans le cadre de ses opérations de cueillette de duvet d'eider, recueille des informations sur les autres espèces coloniales nicheuses et les partage avec d'autres intervenants comme le SCF. Cette collaboration facilite la tâche du SCF, dont un des mandats est de faire le suivi des populations d'oiseaux marins dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Méthodologie d'inventaire

Les méthodes pour évaluer la taille des colonies varient selon les espèces et les types d'habitats. Cela dit, de manière générale, on effectue des décomptes de nids pour les

goélands, les mouettes et les cormorans, tandis que l'on doit se contenter de décomptes d'individus à proximité des colonies dans le cas du guillemot marmette (*Uria aalge*), du guillemot à miroir (*Cepphus grylle*) et du petit pingouin. Les raisons pour cela sont simples; les nids de laridés et phalacrocoracids sont faciles à dénombrer, soit en effectuant une battue au sol lorsqu'ils sont sur une île basse, soit aux jumelles à partir d'une embarcation lorsqu'ils sont dans des falaises ou même dans les arbres (pour certaines cormorandières). À l'opposé, les nids d'alcidés sont très bien dissimulés et souvent situés dans des habitats difficiles d'accès (falaises ou pentes rocheuses), ce qui rend la recherche des nids laborieuse, et le plus souvent dangereuse ou impossible. Finalement, les colonies d'alcidés sont particulièrement sensibles au dérangement humain qui serait causé par la recherche de nids.

Par ailleurs, le nombre d'adultes observés près d'une colonie sous-estime presque systématiquement le nombre d'oiseaux nicheurs, puisque les oiseaux visibles par les observateurs ne comprennent pas ceux qui demeurent cachés au nid ni ceux qui sont partis plus loin pour s'alimenter. Le nombre d'adultes en attente aux colonies est donc un paramètre complexe, qui peut être influencé par l'heure de la journée, les conditions météorologiques et l'espèce visée; il peut même être propre à chaque site (Birkhead 1978; Cairns, 1979). Pour évaluer de façon plus réaliste la taille des effectifs nicheurs chez les alcidés, on utilise parfois des facteurs de correction pour convertir le nombre d'individus observés en nombre de couples nicheurs (Cairns, 1979; Harris et collab., 2015; Rail et Chapdelaine, 2002). Dans l'analyse qui suit, puisque de tels facteurs de correction n'ont jamais été calculés spécifiquement pour les alcidés de l'estuaire du Saint-Laurent, on a simplement appliqué un facteur uniforme de 1,0 couple nicheur par individu observé à tous les décomptes d'alcidés.

Les nids et les œufs du goéland argenté (*Larus argentatus*) et du goéland marin (*Larus marinus*) sont très similaires et difficiles à différencier lors des décomptes de nids de goélands au sol. Généralement, nous choisissons d'observer la proportion des adultes de chaque espèce sur le site, et l'on utilise ensuite cette fraction pour répartir à chaque espèce les nids comptés au sol.

Traitement des données

Les données utilisées pour notre analyse proviennent donc principalement de la publication de Reed (1975) et des inventaires du SCF de 1990, 2001, 2006, 2011 et 2016. Dans certains cas, lorsqu'aucun résultat d'inventaire à un site n'était disponible pour une année donnée (colonie non visitée cette année-là), nous avons utilisé la donnée disponible la plus près dans le temps, selon l'année de l'inventaire.

De plus, plusieurs sources de données externes ont rapporté le nombre total de nids des goélands marins et argentés, sans en préciser les proportions spécifiques (p. ex., 100 nids de goélands). Dans ces cas, nous avons appliqué (au nombre total de nids de goélands) la proportion spécifique des goélands observée lors de l'inventaire (au même endroit) situé le plus près (avant ou après) dans le temps.

Résultats

Dans le tronçon de l'estuaire bordé par l'aire de coordination du PMSSL, les informations cumulées au fil du temps (ECCC, 2017) répertorient 37 sites ayant déjà été utilisés par les oiseaux marins pour la nidification (figure 1). À l'exception de la falaise côtière de Gros Cacouna, il s'agit exclusivement d'îles et d'ilots, rocheux pour la plupart (quartzite, conglomérats, schistes; voir Reed, 1975). Rappelons que le Saguenay n'est pas utilisé par les oiseaux marins pour la nidification.

Portrait actuel

En 2016, 10 sites ayant été historiquement utilisés par les oiseaux marins n'étaient vraisemblablement pas occupés (figure 1). Cela inclut les îlets D'Amours, l'île du Chafaud aux Basques et l'île aux Lièvres, qui n'ont pas été visités en 2016; les deux premiers sites étaient déserts en 2011, tandis que les dernières données concernant le troisième datent de 1993. Le plus récent portrait inclut donc dans l'aire d'étude 27 sites abritant des colonies d'oiseaux marins actives. On y a observé des représentants de 8 espèces nicheuses différentes, pour des effectifs totaux évalués à plus de 23 000 couples nicheurs (tableau 1).

Les quatre espèces les plus abondantes, soit le goéland argenté, le guillemot marmette, le cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) et le petit pingouin, constituent ensemble 86 % des effectifs présents. On trouve ensuite le goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*), puis les trois dernières espèces (le goéland marin, le guillemot à miroir et la mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*) qui, étant sensiblement moins abondantes, représentent ensemble moins de 6 % des oiseaux marins nichant dans la zone à l'étude. Certaines espèces, indépendamment de la taille des effectifs, sont presque omniprésentes: les goélands argentés et marins ont été trouvés nicheurs dans 24 et 21 des 27 colonies actives, respectivement. D'autres oiseaux marins, soit le guillemot marmette (5 sites), la mouette tridactyle (4 sites) et le goéland à bec cerclé (2 sites) sont au contraire présents à un nombre très restreint de sites. Dans un contexte plus large, on peut faire ressortir l'importance de l'aire d'étude en estimant qu'elle abrite près du tiers des effectifs québécois du goéland argenté, et que pour cette espèce, de même que pour le petit pingouin, les nombres observés ici représentent environ 5 % de la population continentale.

On peut aussi souligner l'importance particulière de certaines îles pour les colonies d'oiseaux marins. Ainsi, cinq d'entre elles abritent au total 71 % des effectifs totaux; ce sont, dans l'ordre: Le Petit Pot et Le Gros Pot (17 % chacune), Le Petit Pèlerin (13 %), l'île Rouge et Le Gros Pèlerin (12 % chacune). La plupart de ces îles sont aussi celles qui accueillent le plus grand nombre d'espèces nicheuses: Le Petit Pèlerin en compte 7, alors que les îles Le Gros Pot, Le Petit Pot, Le Gros Pèlerin et La Grande Île en comptent 6.

Tendances des populations

De 1990 à 2011, le nombre total d'oiseaux marins nicheurs dans l'aire de coordination a peu varié, oscillant de

18 500 à un peu plus de 21 700 couples. La valeur estimée était cependant un peu plus faible en 1975 (16 770 couples), et un peu plus forte en 2016 (23 129 couples).

Après avoir bondi de 64 % de 1975 à 2001, les effectifs de cormoran à aigrettes ont graduellement diminué de moitié jusqu'en 2011. Par contre, une croissance a été constatée de 2011 à 2016 (figure 2A). Depuis 2001, la tendance de la population de goélands argentés a été relativement stable, oscillant entre

5 700 et 6 800 couples. Les effectifs avaient auparavant diminué du tiers, passant de plus de 9 217 couples nicheurs en 1975, à 6 095 couples en 2001 (figure 2B). Le nombre de goélands marins a culminé à plus de 2 600 couples en 1990, mais on a constaté des déclinés aux 3 inventaires suivants. On comptait entre 700 et 800 couples en 2011 et en 2016 (figure 2C). Dans l'aire de coordination du PMSSL, les premières colonies de mouettes tridactyles seraient apparues sur l'île Le Gros Pot en

Tableau 1. Estimations des nombres de couples nicheurs aux colonies d'oiseaux marins dans l'aire de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, en 2016.

Nom et numéro* du site	Code de l'espèce†								
	COAI	GOAR	GOMA	GOBC	MOTR	GUMA	PEPI	GUMI	TOTAL
3) Îlot Julien		11	1						12
4) Île aux Corneilles								12	12
5) La Caye		76	3						79
6) Les Rochers	240	230	3				10		483
9) Île Brûlée		232	8				2	5	247
10) La Grande Île	361	287	7		94		260	13	1 022
11) Le Petit Pèlerin	830	1 082	17		12	188	822	6	2 957
12) Le Long Pèlerin	3	155				19	362	2	541
13) Rochers du Pèlerin du Milieu	1	25	64						90
14) Le Pèlerin du Jardin		53	4						57
15) Le Pèlerin du Milieu								7	7
16) Le Gros Pèlerin	593	1 588	20			12	297	209	2 719
17) Île aux Fraises	117	55	130	134					436
18) Île au Rat		171	10						181
20) Cayes à Carrier		4							4
22) Le Pot du Phare		775	23				19	10	827
23) Le Gros Pot	714	327	38			1 461	1 358	11	3 909
24) Le Petit Pot	47	48	6		35	3 665	230		4 031
25) Île Blanche		192	100						292
26) Cap à Le Gros Cacouna								4	4
29) Île Rouge	188‡	722§	122§	1 828‡					2 860
30) Îlet aux Alouettes	826¶	315	79						1 220
31) Île aux Pommes	48	182	47		89		1		367
32) Île aux Basques		14#	0#						14
34) La Razade d'en Haut	243	38	29						310
35) La Razade d'en Bas	79	28	36						143
37) Cayes de Bon-Désir	91	179	35						305
TOTAL	4 381	6 789	782	1 962	230	5 345	3 361	279	23 129

* Les numéros des sites sont ceux de la figure 1.

† COAI = cormoran à aigrettes; GOAR = goéland argenté; GOMA = goéland marin; GOBC = goéland à bec cerclé; MOTR = mouette tridactyle; GUMA = guillemot marmette; PEPI = petit pingouin; GUMI = guillemot à miroir;

‡ donnée de 2012;

§ donnée de 2006;

|| rapport GOAR/GOMA d'une autre année;

¶ donnée de 2010;

donnée de 2011.

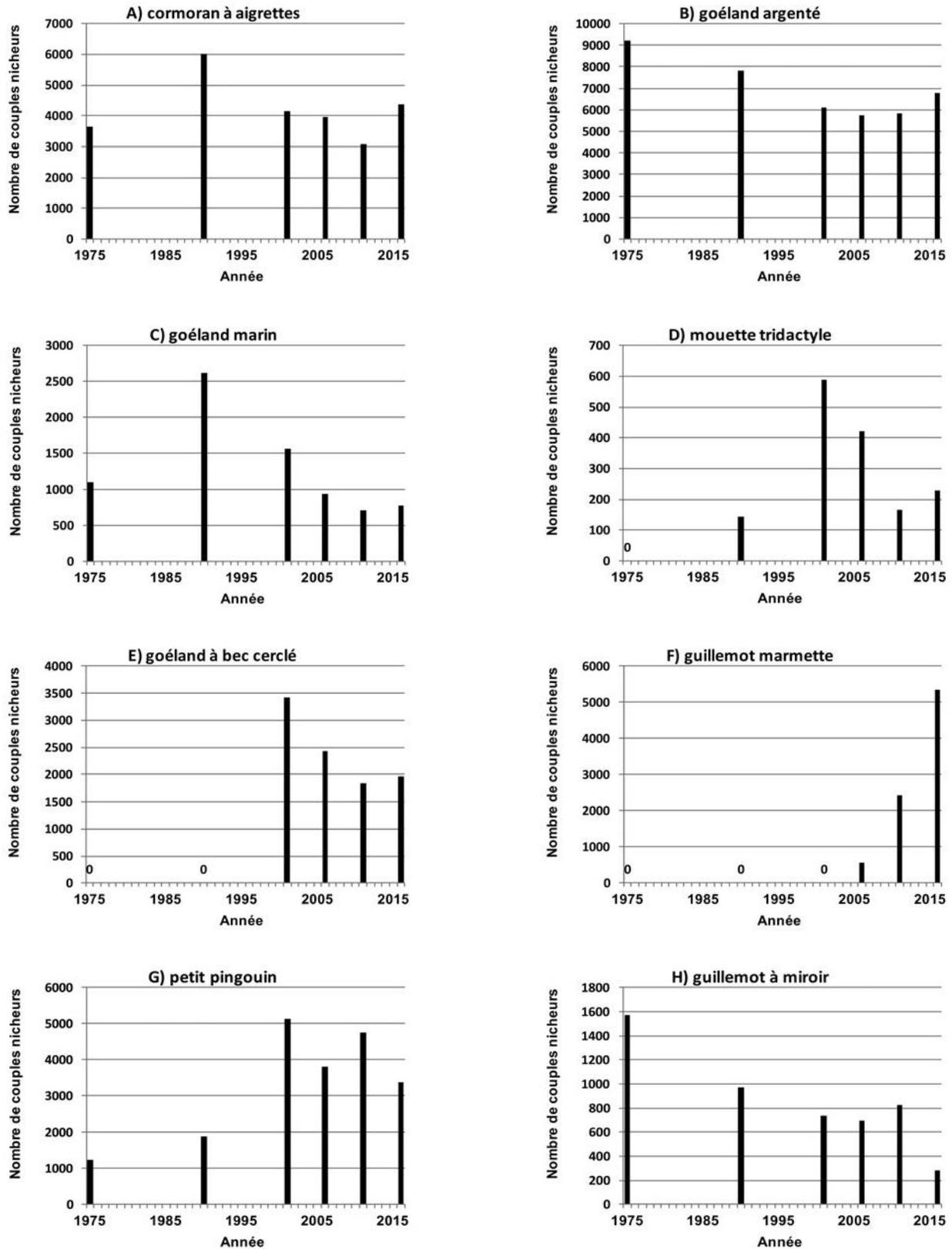


Figure 2. Estimations des nombres de couples nicheurs pour les espèces d’oiseaux marins dans l’aire de coordination du parc marin de Saguenay–Saint-Laurent en 1975, 1990, 2001, 2006, 2011 et 2016 : A) cormoran à aigrettes; B) goéland argenté; C) goéland marin; D) mouette tridactyle; E) goéland à bec cerclé; F) guillemot marmette; G) petit pingouin; H) guillemot à miroir.

1986, puis à l'île Le Petit Pèlerin en 1988 (ECCC, 2017). Par ailleurs, même si l'espèce a prospéré ensuite jusqu'en 2001 et que 8 sites ont été colonisés à un moment ou à un autre par cette espèce, le nombre total de couples nicheurs n'a jamais été élevé, subissant même une baisse importante de 2001 à 2011 (passant de 589 à 166 couples; figure 2D). Mis à part quelques oiseaux qui auraient niché à l'île Blanche en 1985, le goéland à bec cerclé n'est apparu dans l'aire d'étude qu'après l'inventaire de 1990, la première mention de nidification provenant de l'île Rouge en 1995 (ECCC, 2017). Depuis, la taille de cette colonie a varié, mais plutôt à la baisse (figure 2E). Quelques dizaines de couples ont niché au milieu des années 2000 à l'île Brûlée, et une petite colonie est apparue depuis 2015 à l'île aux Fraises (134 couples en 2016). Les guillemots marmettes ont été trouvés nicheurs dans l'aire d'étude seulement à partir de l'inventaire de 2006, mais leur nombre a augmenté de façon impressionnante par la suite (figure 2F). Après avoir crû rapidement de 1975 à 2001, les effectifs de la population de petits pingouins ont varié en dents de scie, mais avec une tendance plutôt à la baisse (figure 2G). Finalement, le nombre de guillemots à miroir a baissé de moitié de 1975 à 2001, puis s'est stabilisé jusqu'en 2011, avant que l'on constate une autre importante diminution (-66%) de 2011 à 2016 (figure 2H).

Discussion

Statut, répartition et tendances des populations

Des 8 espèces d'oiseaux marins nichant dans l'aire de coordination du PMSSL, 4 sont strictement marines, et à la limite amont de leur aire de répartition dans le Saint-Laurent (la mouette tridactyle, le petit pingouin, le guillemot marmette et le guillemot à miroir). Trois espèces (le cormoran à aigrettes, le goéland argenté et le goéland à bec cerclé) s'accommodent plutôt bien de l'eau douce et sont d'ailleurs présentes beaucoup plus loin en amont du Saint-Laurent, et même à l'intérieur des terres. Le goéland marin, quant à lui, se trouve jusque dans les Grands Lacs, mais en très faible abondance, le cœur de sa répartition étant vraiment en milieu marin.

L'habitat de nidification est abondant pour le cormoran à aigrettes dans l'aire de coordination du PMSSL, puisque ces oiseaux peuvent placer leurs nids tant dans les arbres ou arbustes, au sol en milieu ouvert, que sur les corniches de falaises. La population de ce cormoran dans l'estuaire du Saint-Laurent avait connu une croissance rapide dans les années 1980. C'est entre autres pour limiter les dommages importants causés par ces oiseaux à certaines forêts insulaires que le gouvernement provincial avait autorisé un contrôle de la population sur plusieurs îles de l'estuaire de 1989 à 1992 (Bédard et collab., 1995). Et c'est à ce contrôle qu'on peut probablement attribuer la baisse des effectifs observée dans l'aire d'étude de 1990 à 2001. Il est difficile d'expliquer les variations subséquentes (bien qu'elles soient de moindre importance) dans les nombres observés jusqu'en 2016. Cette espèce est parmi les plus représentatives des oiseaux marins dans l'aire de coordination du PMSSL.

De 1975 à aujourd'hui, le goéland argenté est demeuré omniprésent dans l'aire d'étude, avec un nombre de colonies assez stable. Les nombres observés ont cependant décliné de près de 40% de 1975 à 2006, pour ensuite se stabiliser. Il est facile ici de faire un parallèle avec les tendances observées ailleurs au Québec et même dans l'est du Canada, où les effectifs de ce goéland ont été grandement réduits de la fin des années 1980 au début des années 2000, puis se sont stabilisés (Cotter et collab., 2012; Wilhelm et collab., 2016). Le moratoire sur la pêche d'importantes espèces de poissons de fond, dont la morue franche (*Gadus morhua*), serait en cause: une réduction soudaine de l'abondante nourriture que constituent les déchets de pêche pour les goélands aurait entraîné un déclin à grande échelle des goélands argentés et marins (Chapdelaine et Rail, 1997; Wilhelm et collab., 2016).

Le goéland marin a suivi la même tendance que le goéland argenté après 1990, mais la baisse des effectifs a été encore plus radicale (-73%, de 1990 à 2011). En 2016, le nombre d'oiseaux nicheurs s'était stabilisé, et ce goéland était tout de même bien réparti dans l'aire d'étude, malgré la petite taille des colonies. On peut imaginer que les mêmes facteurs ont affecté le goéland argenté et le goéland marin (Wilhelm et collab., 2016), et que ceux-ci sont davantage reliés à l'abondance de nourriture qu'à la disponibilité des habitats de nidification, puisque ces espèces ne sont pas très exigeantes sur ce point.

La mouette tridactyle préfère accrocher son nid sur les étroites corniches de hautes falaises verticales, là où les goélands prédateurs, plus gros (le goéland marin et le goéland argenté, en particulier), auront plus de difficulté à se poser. Comme aucune île dans l'aire à l'étude ne présente ce type d'habitat, il n'est pas surprenant que la mouette tridactyle ne soit ni abondante ni largement répartie dans la zone à l'étude. La plupart des habitats utilisés ici apparaissent plutôt suboptimaux (falaises relativement petites). L'espèce n'y a probablement jamais été abondante, et il est peu probable qu'elle le devienne un jour. Par ailleurs, cet oiseau marin pélagique se trouve à la limite de son aire de répartition, dans la zone de transition vers l'eau douce de l'estuaire, puisqu'on observe une seule colonie de mouettes tridactyles à l'ouest de l'aire d'étude, soit à l'île Le Pilier de Pierre (latitude: 47,2048°; longitude: -70,3627°; 36 nids en 2016), face à Saint-Jean-Port-Joli. Ailleurs au Québec, on constate un déclin assez généralisé de l'espèce depuis la fin des années 1980 (Cotter et collab., 2012). Ce déclin est particulièrement évident dans plusieurs colonies importantes telles celles de la falaise aux Goélands (île d'Anticosti), de l'île du Corossol (Côte-Nord), du cap d'Espoir et de l'île Bonaventure (Gaspésie), et des rochers aux Oiseaux (îles de la Madeleine) (ECCC 2017).

Si l'on exclut les quelques colonies situées sur la Côte-Nord, le goéland à bec cerclé est apparu dans le Québec méridional dans la région de Montréal dans les années 1950. Depuis, sa répartition s'est étendue le long du fleuve Saint-Laurent, sans doute dans la foulée de l'explosion démographique observée dans les Grands Lacs (Mousseau, 1984), avec notamment plusieurs grosses colonies

dans la région de Montréal. Ainsi, on comptait environ 122 500 couples nicheurs en amont de l'aire de coordination (du lac Saint-Louis à Saint-Jean-Port-Joli) en 1991 (ECCC, 2017). Cependant, cette population diminue régulièrement depuis (-40 % de 1991 à 2016; ECCC, 2017). Dans l'aire d'étude, 3 des 4 colonies connues ont été petites et éphémères, tandis que celle de l'île Rouge a plutôt diminué de taille de 2003 à 2012 (date du dernier inventaire à cet endroit). Ailleurs au pays, alors que les effectifs (de près de 400 000 couples!) sont stables ou en diminution du côté des Grands Lacs, ceux beaucoup plus petits et récents dans l'est (Gaspésie, île du Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve) paraissent encore en expansion (Cotter et collab., 2012; Giroux et collab., 2016). Il est difficile de prévoir quel sera le futur pour cette espèce dans l'aire d'étude. L'omniprésence des prédateurs que sont les goélands de plus grande taille (les goélands marins et argentés) pourrait limiter son expansion.

Dans le cas du guillemot marmette, la tendance de la population est sans équivoque : après une première nidification confirmée dans l'aire d'étude en 2006, la croissance des effectifs a été fulgurante. Dans l'aire de coordination du PMSSL, on ne note pas beaucoup d'habitats typiques à l'espèce (corniches de hautes falaises, importantes crevasses ou gros éboulis de roche). Cependant, une fois bien installés à un endroit, ces oiseaux peuvent nicher à des densités excessivement fortes; ainsi, ils n'ont pas eu besoin de beaucoup d'espace ni de bien des sites pour devenir parmi les oiseaux marins les plus abondants dans l'aire d'étude, en deuxième place derrière le goéland argenté. Les guillemots marmettes s'accommodent souvent des sites de nidification du petit pingouin, qu'ils ont d'ailleurs tendance à coloniser, allant parfois même jusqu'à monopoliser l'espace et exclure ce dernier avec le temps (Bédard, 1969). Il ne faudrait pas se surprendre de voir l'espèce continuer son expansion dans les prochaines années, d'autant plus que les effectifs se portent bien dans le golfe du Saint-Laurent (Cotter et Rail, 2007; Rail, 2009; Rail et Cotter, 2015).

Selon Coote (1916), le petit pingouin nichait déjà aux îles Le Long Pèlerin et Le Gros Pèlerin au début des années 1900. Par contre, il n'aurait colonisé que beaucoup plus récemment la plupart des autres îles qu'il occupe actuellement dans l'estuaire du Saint-Laurent (ECCC, 2017). Alors que l'espèce est nettement en croissance partout dans le golfe du Saint-Laurent (Cotter et Rail, 2007; Rail, 2009; Rail et Cotter, 2015), la tendance observée dans l'aire d'étude depuis 2001 suggère plutôt que le potentiel soit limité ou peut-être réduit sur les îles, surtout avec l'arrivée du renard roux sur certaines (Le Petit Pèlerin et Le Long Pèlerin depuis 2003). L'espèce est aussi à sa limite de répartition vers l'amont du Saint-Laurent, avec seulement deux colonies plus à l'ouest (aux îles Le Pilier de Pierre et Le Pilier de Bois, face à Saint-Jean-Port-Joli).

Le guillemot à miroir est probablement l'espèce dont la situation est la moins rassurante. Le faible nombre total de couples observé en 2016 ne représente qu'un cinquième de ce qui était rapporté au milieu des années 1970. Les centaines d'individus observés par Cantin (1974) aux îles Le Petit

Pèlerin et Le Long Pèlerin ont possiblement presque disparu en raison de la présence de renards. Cependant, les nombres ont aussi beaucoup diminué aux îles du Pot à l'Eau-de-Vie. L'apparition et l'envahissement progressif des îles Le Gros Pot et Le Petit Pot par le petit pingouin et le guillemot marmette ont peut-être joué un rôle, le guillemot à miroir ayant peu tendance à s'installer parmi les grandes concentrations d'autres alcidés. Malgré son déclin en nombre et le fait qu'elle y soit à la limite de son aire de répartition, l'espèce est encore bien répartie aujourd'hui dans les environs du parc marin, car peu de colonies ont été abandonnées au fil du temps. Ailleurs au Québec (Gaspésie, îles de la Madeleine, Côte-Nord, île d'Anticosti), la tendance est plutôt à la baisse pour cette espèce depuis le début des années 2000 (ECCC, 2017).

Conclusion et recommandations

À l'intérieur du territoire considéré, exception faite du goéland à bec cerclé, les populations d'oiseaux de mer nicheurs sont bien implantées. Les tendances démographiques récentes sont stables ou en augmentation, mis à part celle du guillemot à miroir. Les archipels des îles Pèlerin et des îles du Pot à l'Eau-de-Vie revêtent une importance particulière, accueillant les deux tiers des oiseaux marins et plus de 95 % des alcidés nicheurs.

La grande majorité des sites abritant des colonies d'oiseaux marins dans l'aire d'étude bénéficient de statuts ou de mesures de protection. Ainsi, plusieurs îles de l'archipel de Kamouraska, Le Long Pèlerin, l'île aux Fraises, Le Pot du Phare et l'île Blanche sont toutes incluses (au moins partiellement) dans la Réserve nationale de faune des Îles-de-l'Estuaire. L'île aux Basques, La Razade d'En Haut et la Razade d'En Bas, en plus d'avoir le statut de refuge (fédéral) d'oiseaux migrateurs et de réserve naturelle (provinciale) reconnue, ont été acquises par la Société Provancher, un organisme dont la mission est de contribuer à la conservation de la nature. La Société Duvetnor ltée a acquis et se voue à la préservation des îles du Pot à l'Eau-de-Vie, de l'île aux Lièvres et de certaines des îles Pèlerins, tandis que le reste des îles Pèlerins est une propriété de la Société canadienne pour la conservation de la nature. L'île aux Pommes a également le titre de réserve naturelle reconnue et est gérée par la Société de protection et d'aménagement de l'île aux Pommes. L'île aux Lièvres est une réserve de biodiversité projetée. Et finalement, plusieurs sites sont identifiés par la législation provinciale comme aire de concentration d'oiseaux aquatiques, colonie d'oiseaux ou refuge faunique. Bref, beaucoup d'efforts ont déjà été faits pour la protection de ces habitats.

Parmi les facteurs qui risquent fort d'influencer ces communautés d'oiseaux marins à court ou moyen terme, les plus évidents sont sans doute la gestion des prédateurs et le dérangement humain. Les colonies d'oiseaux marins, et particulièrement d'alcidés, demeurent très vulnérables à ce dernier. Avec la croissance de l'écotourisme et de l'accès aux îles à l'aide d'embarcations de toutes sortes, la surveillance et la sensibilisation devraient prendre de l'importance (SCF, 2003). De plus, l'invasion épisodique de certaines îles par les prédateurs terrestres tel le renard roux a déjà eu et

pourrait continuer d'avoir des répercussions évidentes et considérables sur les oiseaux marins nicheurs. Le suivi de ces prédateurs est souhaitable (Environnement Canada, 2014), car leur contrôle pourrait s'avérer nécessaire pour éviter que soient décimées les populations d'oiseaux de mer que l'on s'efforce de protéger. D'autres phénomènes pourraient affecter la communauté d'oiseaux marins : déversements d'hydrocarbures, changements dans la salinité de l'eau ou dans la chaîne trophique. Dans cette éventualité, la surveillance de ces populations pourrait s'avérer utile comme indicateur de l'état du Saint-Laurent. ◀

Références

- BÉDARD, J., 1969. Histoire naturelle du Gode *Alca torda* dans le golfe Saint-Laurent, province de Québec, Canada. Étude du Service canadien de la faune, n° 7, 79 p.
- BÉDARD, J., A. NADEAU et M. LEPAGE, 1995. Double-crested Cormorant culling in the St. Lawrence River Estuary. *Colonial Waterbirds*, 18 (sp 1) : 78-85.
- BÉDARD, J., A. NADEAU, J.-P.L. SAVARD et M.C.S. KINGSLEY, 1997. La passe de l'île aux Lièvres : importance stratégique pour la faune marine de l'estuaire. Série de rapports techniques n° 283, Service canadien de la faune, région du Québec, x + 86 p.
- BIRKHEAD, T.R., 1978. Attendance patterns of Guillemots *Uria aalge* at breeding colonies on Skomer Islands. *Ibis*, 120 : 219-229.
- CAIRNS, D., 1979. Censusing hole-nesting auks by visual counts. *Bird-Banding*, 50 : 358-364.
- CANTIN, M., 1974. Inventaire des oiseaux nicheurs sur les îles de Kamouraska et Pèlerins en 1974. Service canadien de la faune, région du Québec, manuscrit inédit, 6 p.
- CHAPDELAINE, G. et J.-F. RAIL, 1997. Relationship between cod fishery activities and the population of herring gulls on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence, Québec, Canada. *ICES Journal of Marine Science*, 54 : 708-713.
- CHAPDELAINE, G. et J.-F. RAIL, 2004. Plan de conservation des oiseaux aquatiques du Québec. Division des oiseaux migrateurs, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec, 99 p.
- COOTE, G., 1916. Faune ornithologique des Îles Pèlerins. *Le Naturaliste canadien*, 43 : 2-8.
- COTTER, R. et J.-F. RAIL, 2007. Third census of seabird populations of the Gaspé Peninsula, Québec, 2002. *Canadian Field-Naturalist*, 121 (3) : 274-286.
- COTTER, R.C., J.-F. RAIL, A.W. BOYNE, G.J. ROBERTSON, D.V.C. WESELOH et K.G. CHAULK, 2012. Statut, répartition et tendance des populations nicheuses de goélands et de mouettes dans l'est du Canada, 1998-2007. Publication hors série n° 120, Service canadien de la faune, 99 p.
- [ECCC] ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA, 2017. Banque Informatisée des Oiseaux Marins du Québec (base de données), mise à jour du 2017-03-03. Service canadien de la faune, Environnement et Changement climatique Canada, région du Québec. Disponible en ligne à : <https://ogsl.ca/fr/biodiversite/oiseaux/a-propos>. [Visité le 2017-09-20].
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2014. Plan de gestion de la réserve nationale de faune des Îles-de-l'Estuaire. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Québec, 56 p.
- GIROUX, J.-F., M. PATENAUE-MONETTE, F. LAGARDE, E. THIÉRIOT, P. BROUSSEAU et P. MOLINA, 2016. The rise and fall of Ring-billed Gulls (*Larus delawarensis*) in eastern North America. *Waterbirds*, 39 (sp 1) : 87-98.
- HARRIS, M.P., M.A. NEWELL et S. WANLESS, 2015. The use of k values to convert counts of individual Razorbills *Alca torda* to breeding pairs. *Seabird*, 28 : 30-36.
- LEPAGE, C., 2018. Présence de la sauvagine dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 55-64.
- MOUSSEAU, P., 1984. Établissement du Goéland à bec cerclé, *Larus delawarensis*, au Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 98 : 29-37.
- RAIL, J.-F., 2009. Les oiseaux marins et coloniaux des Îles-de-la-Madeleine : statuts et tendances des populations. Série de rapports techniques n° 502, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, vi + 65 p.
- RAIL, J.-F. et G. CHAPDELAINE, 2002. Quinzième inventaire des oiseaux marins dans les refuges de la Côte-Nord : techniques et résultats détaillés. Série de rapports techniques no 392, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, xvi + 307 p.
- RAIL, J.-F. et R. COTTER, 2015. Seventeenth census of seabird populations in the sanctuaries of the north shore of the Gulf of St. Lawrence, 2010. *Canadian Field-Naturalist*, 129 (2) : 152-158.
- REED, A., 1975. Les colonies d'oiseaux aquatiques dans l'estuaire du Saint-Laurent. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Québec, Faune du Québec, Bulletin n° 19, 76 p.
- SAVARD, J.-P.L., G. FALARDEAU, J. DESAULNIERS et N. MÉNARD, 1997. Abondance et répartition des oiseaux aquatiques dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, secteur estuaire maritime/tête du chenal laurentien, Québec, 1993-1994. Séries de rapports techniques n° 284, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, xi + 113 p.
- [SCF] SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE, 2003. Plan de conservation de la réserve nationale de faune des Îles de l'Estuaire. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, 76 p. et annexes.
- WILHELM, S.I., J.-F. RAIL, P.M. REGULAR, C. GJERDRUM et G.J. ROBERTSON, 2016. Large-scale changes in abundance of breeding Herring Gulls (*Larus argentatus*) and Great Black-Backed Gulls (*Larus marinus*) relative to reduced fishing activities in southeastern Canada. *Waterbirds*, 39 (sp 1) : 136-142.

Présence annuelle de la sauvagine dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Par Christine Lepage

Résumé

Le Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada n'effectue aucun relevé régulier de sauvagine dans les limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Québec, Canada) comme tel, mais il dispose néanmoins de données provenant de 2 inventaires plus globaux pouvant aider à dresser un portrait sommaire de sa fréquentation par ce groupe d'oiseaux. La partie du Saguenay comprise dans le parc n'apparaît pas comme un lieu d'importance pour la sauvagine, et ce, à aucun moment de l'année. En revanche, les sections de l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent sises dans le parc présentent un intérêt certain pour la sauvagine, puisqu'elles sont fréquentées, selon la période de l'année, par des centaines, voire des milliers d'individus pour des durées variables. Certaines espèces ne font qu'y passer en migration, tandis que d'autres y restent pour plusieurs mois : en été, les eiders à duvet (*Somateria mollissima*) pour la nidification ou des milliers de macreuses (*Melanitta* spp.) pour la mue; en hiver, les garrots (*Bucephala* spp.). L'intérêt de la partie estuarienne du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent réside vraisemblablement dans les aires d'alimentation et de repos qu'elle offre à la sauvagine.

MOTS CLÉS : hivernage, migration, nidification, relevés aériens, sauvagine

Abstract

The Canadian Wildlife Service of Environment and Climate Change Canada does not conduct a regular waterfowl survey specifically within the Saguenay–St. Lawrence Marine Park (SSLMP) (Québec, Canada), but it does have data from two more comprehensive surveys that help draw a general portrait of the use of the area by this group of birds. The part of the Saguenay River included in the park is not currently of importance for waterfowl at any time of the year. On the other hand, the Upper and Lower Estuary sections of the St. Lawrence within the park are of interest to waterfowl, as hundreds or even thousands of individuals use these areas for varying periods, depending on the time of year. Some of the species are simply migrating through, while others, such as nesting common eiders (*Somateria mollissima*), moulting scoters (*Melanitta* spp.), or wintering goldeneyes (*Bucephala* spp.), stay for several months. The high use of the estuarine portion of the SSLMP by waterfowl is likely due to the foraging habitats and undisturbed resting areas that it provides.

KEYWORDS: aerial surveys, migration, nesting, waterfowl, wintering

Introduction

La création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (ci-après « PMSL ») en 1998 a permis de protéger un secteur de biodiversité marine exceptionnelle. Si l'image des mammifères marins qui se repaissent dans les eaux du parc est bien connue du grand public, celle qu'offrent certains groupes d'oiseaux l'est un peu moins; or, de nombreux canards et oies occupent pourtant le PMSL à longueur d'année et viennent s'y alimenter.

Du point de vue scientifique, la présence de la sauvagine dans le parc a été assez bien documentée en général dans le passé. Plusieurs inventaires ponctuels ont été réalisés à divers moments de l'année, tant dans l'ensemble de l'estuaire du Saint-Laurent (p. ex., Rail et Savard, 2003; Robert et collab., 2003; Savard et Falardeau, 1997) que dans le périmètre même du PMSL (p. ex., Falardeau et collab., 2000; Savard, 2009). Bien des textes ont déjà été publiés en ce qui concerne le sujet traité ici. Le présent article vise à faire le point à partir de données récentes.

Données utilisées

Si le Service canadien de la faune (SCF) d'Environnement et Changement climatique Canada n'effectue aucun relevé régulier de sauvagine dans les limites du PMSL comme tel, il

dispose néanmoins de données provenant de 2 suivis plus globaux (l'un en mai, l'autre en hiver) pouvant aider à dresser un portrait sommaire de la fréquentation du PMSL par ce groupe d'oiseaux.

Suivi des rives du Saint-Laurent, 2004-2010

De 2004 à 2010, le SCF a effectué un suivi aérien des rives du Saint-Laurent et de ses principaux tributaires (ci-après « SRIV ») afin d'y documenter la présence de la sauvagine. Bien qu'il soit un peu plus hasardeux de dresser un portrait de la sauvagine à partir de ces données à une échelle régionale — le SRIV ayant été conçu pour connaître la répartition et la tendance des effectifs de la sauvagine nicheuse à l'échelle provinciale —, nous croyons toutefois que l'information extraite de cette base de données présente un certain intérêt. C'est ainsi qu'à l'intérieur du périmètre du parc, 11 transects de 10 km de long par 1 km de large, tirés aléatoirement, ont été inventoriés en mai en hélicoptère : 7 transects de part et d'autre du fjord du

Christine Lepage est biologiste affectée au suivi des populations de sauvagine au Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada

christine.lepage@canada.ca

Saguenay et 4 sur les rives de l'estuaire nord (2 dans l'estuaire moyen et 2 dans l'estuaire maritime; figure 1). Les résultats obtenus dans ces transects ont été extrapolés à l'ensemble des rives comprises dans le PMSL.

Le départ annuel du SRIV était lancé de façon à suivre la chronologie de nidification des canards qui nichent tôt au printemps. Or, le Saint-Laurent est une voie de migration importante pour maintes espèces aquatiques, de sorte que les canards que l'on présumait « nicheurs locaux » sur les rives côtoyaient en fait encore de nombreux autres canards, à la chronologie plus tardive, qui étaient encore en migration. Dans la mesure du possible, les observateurs ont rapporté leurs observations en couples en apparence nicheurs ou en groupes migrateurs, selon certains traits comportementaux des oiseaux, dont la distance parcourue par ceux-ci en réaction au passage de l'hélicoptère. Précisons toutefois que le départage des oiseaux dits nicheurs de ceux simplement en migration comporte une part de subjectivité.

Par ailleurs, le SRIV ne consistait qu'en un passage annuel en hélicoptère d'une durée de 15 à 20 minutes par transect, ce qui signifie que, pour les oies et les canards considérés

comme « migrants », les observations faites ne représentaient qu'un « instantané » de la situation et d'une fraction des oiseaux qui passent pendant la période de migration. En effet, à cette période de l'année, les oiseaux transitent encore de façon quasi continue, selon leur chronologie propre, avec un taux de renouvellement régulier des individus. De plus, la meilleure méthode pour dénombrer les oiseaux présents en (grands) groupes, peu importe le moment de l'année, est de couvrir en entier l'aire d'intérêt et non d'inventorier celle-ci par transect. Si un groupe important se trouve entre deux transects inventoriés et n'est, par le fait même, pas dénombré, ceci a une forte influence sur les résultats. Ainsi, les nombres du SRIV pour les oies et les canards « migrants » présentés dans cet article doivent être vus comme des ordres de grandeur, bien minimaux, et non comme des valeurs absolues.

Tous ces bémols étant énoncés, si les données du SRIV ne permettent pas de dresser un portrait exhaustif de la fréquentation du parc par la sauvagine, tant par les « nicheurs » que par les « migrants », elles permettent néanmoins de constater que celui-ci est bel et bien fréquenté par la sauvagine, et ce, à divers moments de l'année.

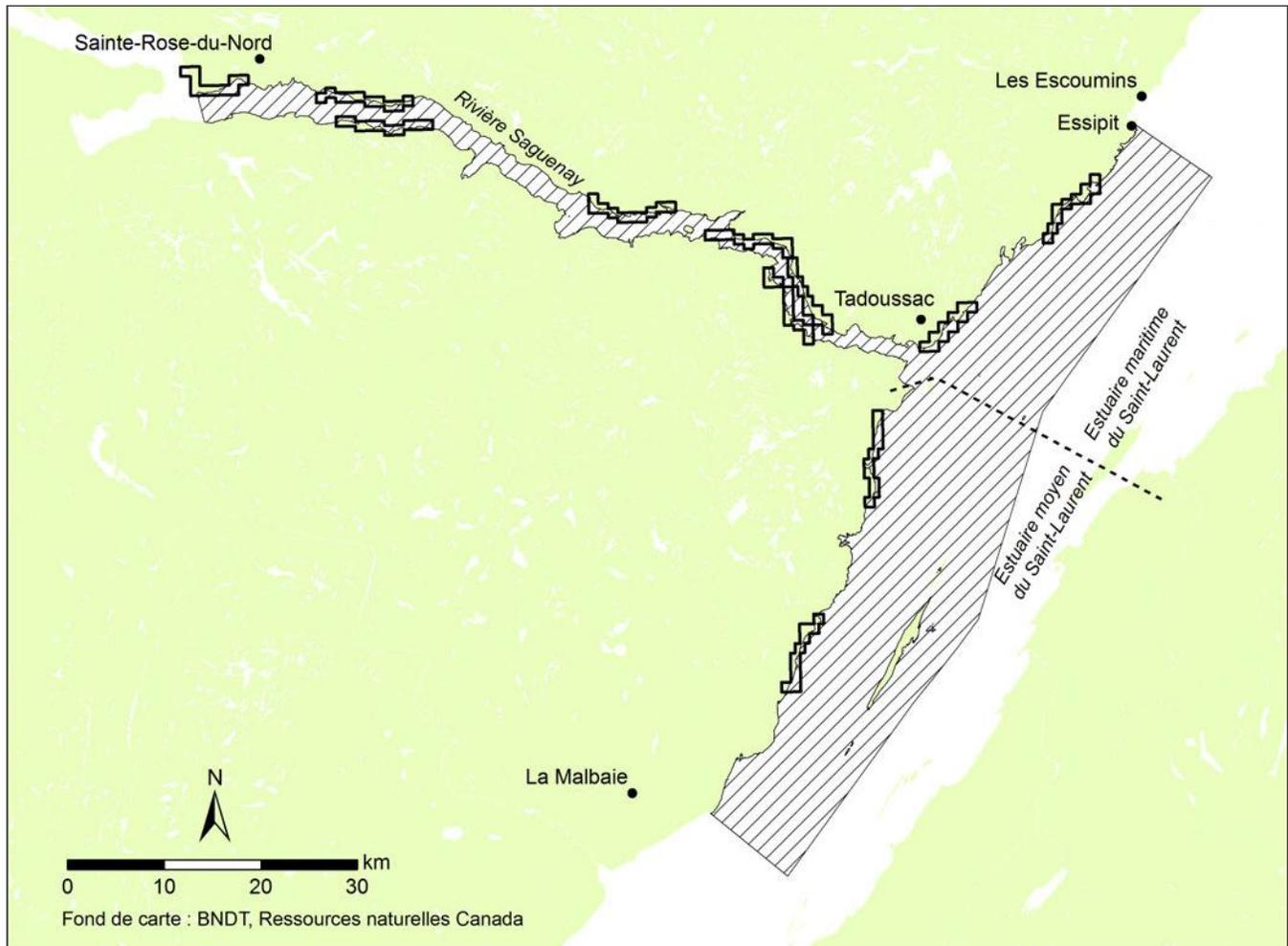


Figure 1. Répartition des 11 transects du suivi aérien des rives du Saint-Laurent et de ses principaux tributaires (SRIV) situés à l'intérieur des limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (aire hachurée).

Suivi du garrot d'Islande en hiver

En hiver, tous les 3 ans depuis le début des années 2000, le SCF effectue le Suivi du garrot d'Islande (*Bucephala islandica*) (ci-après « SGAI »). Le littoral de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent est alors parcouru en hélicoptère au plus fort de l'hiver à la recherche de cette espèce, qui mérite un suivi plus serré étant donné son statut d'espèce préoccupante selon la Loi sur les espèces en péril (Environnement Canada, 2013). En plus du garrot d'Islande, les autres canards qui sont présents dans la zone littorale sont également dénombrés lors de ce relevé. Mentionnons que les observations faites dans le cadre du SGAI sont corrigées à l'aide d'un échantillon de photos, et que les deux plus récents inventaires ont eu lieu en février 2014 et 2017.

Autres sources de données

Puisque les 2 suivis du SCF cités ci-dessus ne couvrent pas l'ensemble des saisons pendant lesquelles les oies et les canards sont présents dans le PMSSL, nous avons consulté la Banque informatisée des oiseaux marins du Québec (ci-après « BIOMQ »), des rapports techniques du SCF, certains articles scientifiques, des données provenant de partenaires (p. ex., la Société Duvetnor) et certaines données du site Internet eBird dont la pertinence permettait de compléter le portrait de la présence annuelle de sauvagine dans le parc.

Résultats et discussion

Présence en période de nidification

Strictement parlant, aucun couple de sauvagine ne niche dans le périmètre du PMSSL, puisque celui-ci ne comprend que l'eau – les rives et les îles étant exclues. Or, pour établir leur nid, les couples d'oies et de canards ont manifestement besoin de terre ferme! Cela dit, une estimation des couples potentiellement nicheurs dans le giron du parc est tout de même présentée ci-dessous, puisqu'une fois les canetons éclos, ils sont menés vers l'eau; le PMSSL prend alors toute son importance.

De façon générale, quelques dizaines de couples potentiellement nicheurs de diverses espèces de sauvagine sont susceptibles de s'installer en bordure du Saguenay, aux endroits où la topographie le permet, c'est-à-dire dans le fond d'anses ou de baies. Dans le cadre du SRIV, le SCF a ainsi recensé une vingtaine de couples de canards noirs (*Anas rubripes*), une dizaine de couples de garrots à œil d'or (*Bucephala clangula*) et de grands harles (*Mergus merganser*), et environ 5 couples de canards colverts (*Anas platyrhynchos*) dans cette partie du parc, moins hospitalière. Entre 45 et 50 couples de sauvagine, tout au plus, occupent les recoins tranquilles du fjord à cette période de l'année.

Si les rives escarpées du Saguenay n'offrent pas beaucoup de sites propices pour la nidification de la sauvagine, il en est autrement des îles de l'estuaire (moyen et maritime) comprises dans le parc. Des milliers de couples d'eiders à duvet (*Somateria mollissima*) nichent en colonie sur l'île Blanche, les îles du Pot à l'Eau-de-Vie et l'île aux Fraises. La Société Duvetnor y récolte annuellement, grâce à un permis émis par le SCF, le duvet d'eider, ce qui permet de connaître assez précisément le nombre de couples qui s'y reproduisent. En 2016, ces îles

abritaient 7 100 couples; fait intéressant, les eiders y étaient aussi nombreux en 1975, à quelques dizaines près (BIOMQ). L'île Rouge (380 couples en 2006), l'île aux Alouettes (355 couples en 2010) et les cayes de Bon-Désir (110 couples en 2016) sont également des sites de nidification prisés par cette espèce (BIOMQ). Quelques dizaines de couples d'eiders s'établissent de façon plus dispersée ailleurs dans le parc, par exemple à l'île aux Lièvres. Globalement, la population d'eiders qui niche dans l'enceinte du PMSSL compte environ 8 000 couples, et 95 % de ces oiseaux se reproduisent sur les îles Blanche, du Pot à l'Eau-de-Vie et aux Fraises. Comme énoncé précédemment, toutes ces couvées (figure 2) quitteront la terre ferme pour aller se nourrir dans les zones littorales abritées du parc.

Par comparaison avec celui des rives du fjord, le profil moins accidenté des rives de l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent a permis le développement d'un plus grand nombre de petits milieux humides, encore une fois surtout dans le fond d'anses et de baies. Il s'y trouve aussi plus d'embouchures de cours d'eau. Or, les espèces de sauvagine recherchent ce type d'endroit pour y établir leur nid, soit au sol, soit dans une cavité d'arbre. L'analyse des données du SRIV révèle que cette partie du parc hébergerait environ 70 couples nicheurs de canards noirs, une dizaine de couples de canards colverts, de garrots à œil d'or et de grands harles, et environ 5 couples de sarcelles d'hiver (*Anas crecca*) et de fuligules à collier (*Aythya collaris*). Sur une base moins régulière, des couples isolés de canards d'Amérique (*Anas americana*), de canards pilets ou de bernaches du Canada (*Branta canadensis*) ont également été observés çà et là dans le cadre de ce suivi. On estime qu'environ 110 couples de canards (autres que l'eider à duvet) nicheraient sur l'ensemble des rives continentales de l'estuaire comprises dans le PMSSL, et que le canard noir représenterait plus de la moitié de ceux-ci.

Présence en période de migration printanière

Selon les données récoltées dans le cadre du SRIV, la partie du Saguenay comprise dans le parc ne représente pas un corridor de migration dans lequel les canards semblent s'arrêter en grand nombre. Rappelons simplement que ce suivi était d'abord synchronisé avec la chronologie des canards nicheurs hâtifs et non avec le pic de migration générale de la sauvagine. Ainsi, les espèces de sauvagine qui ont été observées par le SCF sont les mêmes que celles apparemment nicheuses, soit les canards noirs et colverts, le garrot à œil d'or et le grand harle. Cependant, les nombres sont plus élevés, de l'ordre de 300-350 individus migrants, lors d'un passage d'inventaire typique. À cette estimation de canards transitant dans le fjord, il faut vraisemblablement ajouter quelques milliers d'oies des neiges (*Anser caerulescens*) (J. Lefebvre, SCF, communication personnelle) et des centaines de bernaches du Canada, connues pour leurs déplacements dans le secteur à ce moment de l'année, mais qui n'ont pas été observées dans le cadre des inventaires du SRIV.

Les canards migrants printaniers sont à l'évidence beaucoup plus nombreux dans la partie estuarienne du parc, et les espèces, plus variées que dans le fjord du Saguenay. Au total,



Christian Marcotte, SCF

Figure 2. Groupe familial de femelles et de canetons d'eiders à duvet, aussi appelé « crèche ».

plus de 7 000 oies et canards en migration transiteraient dans cette partie du PMSSL (SRIV), à un taux de renouvellement régulier, les oiseaux y défilant par vagues. D'après le SRIV, ce sont les macreuses qui dominent, avec près de 2 000 individus (75 % de macreuses à front blanc; *Melanitta perspicillata*) (figure 3), suivies des eiders et des canards noirs, avec 1 700 et 1 500 individus, respectivement. Suivent quelque 600 garrots (dont environ 35 % de garrots d'Islande), 250 harles (dont des harles huppés; *Mergus serrator*), 200 sarcelles d'hiver, une centaine de fuligules et la même quantité de hareldes kakawis (*Clangula hyemalis*). Alors que le canard colvert peine à atteindre la cinquantaine d'individus, les canards pilet (*Anas acuta*), d'Amérique, chipeau (*Mareca strepera*) et souchet (*Spatula clypeata*) complètent la guilde de canards barboteurs observés en migration, avec tout juste une dizaine d'individus chacun. À tous ces canards migrateurs s'ajoutent des bernaches cravants (*Branta bernicla*) que les observateurs du SRIV ont estimées à 800 individus. Une fois de plus, il manque assurément à ce bilan quelques milliers d'oies de neiges et plusieurs centaines de bernaches du Canada, qui ont brillé par leur absence au moment du passage annuel de l'hélicoptère.

Il suffit de comparer les estimations d'oies et de canards migrateurs du SRIV à d'autres données pour constater qu'elles fournissent, sans doute, une image incomplète de l'importance du secteur pour la sauvagine de passage. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que les effectifs des diverses espèces ont aussi pu fluctuer tout simplement, car certaines des données ci-dessous ont été recueillies une décennie environ avant celles du SRIV. Ainsi, Rail et Savard (2003) ont observé environ 6 500 macreuses dans la section de l'estuaire à l'intérieur des limites du PMSSL, le 13 mai 1998; ce résultat représente sans doute mieux la situation que celui du SRIV, considérant que ce suivi était réalisé plus tôt que le pic de migration des macreuses dans le Saint-Laurent (troisième semaine de mai; Rail et Savard, 2003). Canard de mer à la chronologie un peu plus tardive lui aussi, l'eider à duvet a été estimé à 7 400 individus le 9 mai 1995 dans les sections

moyenne (y compris les îles) et maritime de l'estuaire dans le parc (Savard et Falardeau, 1997). Ce chiffre, nettement plus élevé que celui issu du SRIV, s'explique facilement du fait que ce suivi ne couvrait pas les îles, lesquelles hébergeaient, à elles seules, 3 750 eiders le 9 mai 1995 (Savard et Falardeau, 1997). Seulement dans la passe de l'île aux Lièvres, on a rapporté environ 1 500 eiders le 23 mai 1995 (Savard et Falardeau, 1997). On a également estimé qu'un millier d'individus, en moyenne, étaient présents dans cette passe de la fin mai au début juin (Falardeau et collab., 2000). Par ailleurs, des inventaires terrestres ont fait état de 2 500 hareldes kakawis à Tadoussac le 12 mai 1999 (Robert et collab., 2003), comme quoi la centaine d'individus migrateurs estimée selon le SRIV est un nombre faible. Enfin, d'autres inventaires terrestres, réalisés à la mi-avril cette fois, ont rapporté 600 bernaches cravants à Grandes-Bergeronnes et 1 300 au cap de Bon-Désir en 1999 (Robert et collab., 2003), soit presque 2,5 fois l'estimation issue du SRIV fournie plus haut.

À la lumière de cette comparaison entre les données du SRIV et celles d'autres sources ci-haut, on peut avancer, plus réalistement, qu'il pourrait se trouver plus de 20 000 oies et canards au plus fort de la migration printanière dans les limites du PMSSL; le fait que les abords des îles n'aient pas été couverts pendant le SRIV explique, entre autres, cette majoration de l'estimation des contingents en migration printanière, tout comme nos connaissances du niveau actuel des populations qui ont été mal détectées par le SRIV (p. ex., eiders et macreuses).

Présence en période de mue

Le SCF n'effectue pas de suivi régulier des espèces de sauvagine à cette période de leur cycle annuel. Des inventaires aériens ont toutefois été réalisés dans l'estuaire à la fin des années 1990 (Rail et Savard, 2003) et plus récemment, en 2010.

À notre connaissance, aucun groupe de canards en mue n'a été rapporté sur le Saguenay. Il faut dire qu'à cette période de l'année, les oiseaux sont pour ainsi dire sédentaires — ne pouvant à peu près pas voler — et fréquentent donc des zones



Christine Lepage, SCF

Figure 3. Groupe de macreuses à front blanc en migration printanière dans l'estuaire.



Christine Lepage, SCF

Figure 4. La baie des Petites Bergeronnes, dont la partie aval fait partie du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, est utilisée entre autres par les bernaches et les canards barboteurs comme aire de repos et d'alimentation.

riches en ressources alimentaires, qui devront les soutenir pendant environ 3 semaines. Or, le Saguenay est davantage reconnu pour ses profondeurs abyssales et son débit rapide que pour sa richesse en mollusques facilement accessibles, dont sont friands les canards de mer. On peut toutefois se douter que le fond des anses et des baies le long du fjord (p. ex., baie Éternité, Sainte-Rose-du-Nord, anse de Roche) attirent des canards barboteurs en mue, même si le SCF n'a pas de données précises à ce sujet.

Du côté de l'estuaire moyen, près de 1 300 eiders à duvet, présumément en mue, ont été comptés de la baie des Rochers jusqu'au Saguenay le 21 juillet 1998, alors que 2 semaines plus tard, ce contingent d'oiseaux avait diminué à moins de 800 individus (Rail et Savard, 2003). En revanche, en août de cette même année, des harles huppés (175 individus), des macreuses à front blanc et des macreuses brunes (*Melanitta fusca*; 4 500 individus), vraisemblablement en mue, s'étaient joints aux eiders observés dans ce tronçon estuarien par ces auteurs.

Dans la section de l'estuaire maritime, c'est une centaine d'eiders à duvet, éparpillés en petits groupes, et 80 macreuses brunes qui ont été dénombrés le 4 août 1998 (Rail et Savard, 2003). Des dizaines, peut-être même des centaines, de canards barboteurs en mue se font certainement discrets ici et là dans les herbiers situés au fond des anses et des baies (p. ex., Port-au-Persil, baie Saint-Catherine, secteur entre Grandes-Bergeronnes et le cap de Bon-Désir), tant dans l'estuaire moyen que maritime, sans toutefois que des dénombrements systématiques nous éclairent avec des chiffres précis. Enfin, des bernaches du Canada muent dans certains marais côtiers, dont celui situé à Petites Bergeronnes (J.-P.L. Savard, Environnement et Changement climatique Canada, communication personnelle) (figure 4).

En 2010, deux survols aériens destinés à inventorier les canards en mue dans l'estuaire et le golfe ont permis d'actualiser certaines données; ainsi, près de 10 000 eiders (11 août) et de 2 000 macreuses (30 juillet) se trouvaient dans la section de l'estuaire comprise dans le parc (SCF, données inédites), soit davantage d'eiders, mais moins de macreuses, que ce qui avait été observé à la fin des années 1990.

Présence en période de migration automnale

À nouveau, le SCF ne dispose d'aucune donnée standardisée pour cette période de l'année. Des passages en avion ont cependant été effectués à l'automne 2012 afin de repérer les concentrations d'oiseaux aquatiques dans l'ensemble de l'estuaire et du golfe.

De prime abord, on peut supposer que les contingents de canards nicheurs établis au nord du lac Saint-Jean (en forêt boréale, taïga et toundra, de même que dans l'Arctique) transitent par le parc en nombres supérieurs à ceux estimés au moment de la migration printanière — leurs rangs étant grossis par leur jeune progéniture —, tant dans le fjord que dans les 2 portions de l'estuaire. Il en va de même pour les oies et bernaches, dont une fraction des populations doit passer, s'y arrêtant ou non, dans le PMSSL.

Les inventaires aériens mensuels réalisés à l'automne en 2012 dans la section de l'estuaire comprise dans le parc ont permis de faire certains constats: les eiders y sont bien présents en septembre et en octobre (5 400 individus le 27 septembre et 3 900 individus le 24 octobre; SCF, données inédites), puis les effectifs chutent en novembre (seulement 220 individus le 14 novembre); rien de surprenant, puisqu'il s'agit là de la fenêtre temporelle dans laquelle la plupart des individus entreprennent leur migration vers leurs quartiers d'hivernage, plus au sud. Pour ce qui est des garrots et des harles, leur nombre augmente au cours de l'automne, passant de 200 en septembre à 360 en octobre et jusqu'à 1 800 en novembre (SCF, données inédites). Or, comme ces canards de mer hivernent dans le PMSSL (voir la section suivante), cet afflux d'individus se poursuit vraisemblablement au cours des mois de décembre et janvier. Par ailleurs, le nombre de macreuses est passé de 3 900 le 27 septembre à 1 050 le 14 novembre (SCF, données inédites), décroissance qui coïncide aussi avec leur départ automnal pour des lieux d'hivernage situés en majorité dans l'Atlantique (Sea Duck Joint Venture, 2015). Enfin, les hareldes kakawis, si elles étaient présentes, ce qu'il est permis de croire, sont une fois de plus passées inaperçues pendant ces dénombrements mensuels aériens.

Présence en période d'hivernage

Bien qu'on puisse penser que le parc soit déserté par les oiseaux pendant l'hiver, la plupart des migrateurs ayant migré vers le sud, il n'en est rien: la sauvagine, à l'évidence, est encore abondante en cette période froide de l'année. En effet, les grands estrans libres de glace sont les sites où hivernent de très nombreux canards, surtout des canards de mer.

La vedette du PMSSL en hiver est sans contredit le garrot d'Islande (figure 5), espèce préoccupante qui fréquente en grands nombres certains secteurs pendant plusieurs mois. Au cours d'inventaires réalisés en 1999 et 2002, Robert et collab. (2003) rapportaient qu'un bon millier de garrots d'Islande hivernaient dans les eaux estuariennes du parc. Les données plus récentes du SGAI révèlent que le nombre de ces hivernants varierait maintenant entre 1 350 (février 2017) et 2 600 individus (février 2014). Les lieux de rassemblement préférés de cette espèce sont toujours les mêmes au fil des hivers, la baie des Rochers et la batture aux Alouettes étant les plus importants. Comme les oiseaux peuvent passer d'un site à l'autre au cours d'un même hiver selon les marées et les glaces (Robert et collab., 2003), il est hasardeux de présenter des maximums par site. Mentionnons tout de même que plusieurs centaines de garrots d'Islande hivernent bon an, mal an, dans la baie des Rochers, et que certains individus y seraient présents de décembre à avril (Robert et collab., 2003). De très nombreux garrots d'Islande et garrots à œil d'or s'alimentent au-dessus de l'immense estran qu'est la batture aux Alouettes (figure 6). De façon générale, si les garrots d'Islande hivernent en plus grand nombre dans l'estuaire moyen, les garrots à œil d'or sont pour leur part plus nombreux dans l'estuaire maritime. Les récents inventaires héliportés du SGAI permettent d'estimer que les



Christian Marcotte, SCF

Figure 5. Tous les 3 ans, le SCF effectue le suivi du garrot d'Islande en hiver. Afin de bien différencier cette espèce de son proche parent, le garrot à œil d'or, l'utilisation de l'hélicoptère pour survoler les oiseaux à basse altitude est nécessaire. Sur cette photographie, 47 garrots d'Islande.



Christian Marcotte, SCF

Figure 6. Au cœur de l'hiver, plusieurs centaines de garrots à œil d'or s'alimentent dans les eaux environnant l'îlet aux Alouettes, au large de la baie Sainte-Catherine. La belle saison venue, des couples d'eiders à duvet établissent leur nid sur cet îlet.

effectifs de garrot à œil d'or oscillent entre 1 750 (février 2017) et 3 350 individus (février 2014) dans l'ensemble du PMSSL. En plus de la batture aux Alouettes, ces derniers sont bien présents à Tadoussac, à Grandes-Bergeronnes et à Bon-Désir. Finalement, des garrots d'Islande et des garrots à œil d'or (jusqu'à 235 et 115 individus, respectivement) ont aussi déjà été dénombrés en hélicoptère autour de l'île aux Lièvres (Robert et collab., 2003).

Les harles huppés et les hareldes kakawis, autrefois parmi les espèces les plus nombreuses en hiver dans le secteur, ne sont maintenant presque plus détectés pendant les inventaires hélicoptés du SGAI. Près de 1 000 harles huppés avaient pourtant été rapportés à Tadoussac en 2002 (Savard, 2009); mais récemment, un seul groupe d'importance, composé d'un peu plus de 200 individus, a été repéré à Tadoussac par des observateurs d'oiseaux (février 2017; eBird). Si pas moins de 27 500 hareldes kakawis ont été comptées en 1987 et encore 20 500 en 1995 dans le cadre des Recensements d'oiseaux de Noël à Tadoussac (Savard, 2009), la dernière mention de bons contingents semble remonter à 2002, année lors de laquelle on a dénombré environ 4 000 hareldes à la batture aux Alouettes et près de 10 000 à Tadoussac (Savard, 2009). On peut avancer au moins 2 hypothèses pour expliquer le « désintérêt » de ces 2 espèces pour les eaux du PMSSL à cette période de l'année: d'une part, il est possible que leur aire d'hivernage de prédilection se soit déplacée, puisqu'on sait que ces 2 espèces hivernent maintenant en plus grand nombre sur les Grands Lacs (Petrie et collab., 2006); d'autre part, il se peut aussi que ces canards de mer, qui se tiennent essentiellement plus au large (leurs proies favorites sont mobiles: amphipodes pour les hareldes et poissons pour les harles) que les garrots, soient encore présents dans le parc, mais ne soient pas détectés par les observateurs participant au SGAI, ni par les observateurs se tenant sur la rive. Quoi qu'il en soit, les effectifs rapportés en hiver pour ces 2 espèces sont nettement moins nombreux maintenant qu'il y a une quinzaine d'années.

Pour ce qui est des autres espèces de canards de mer présentes dans le PMSSL, de 25 à 40 petits garrots (*Bucephala albeola*) hivernent chaque année dans la baie Sainte-Catherine, et une dizaine dans la baie de Bon-Désir (SGAI et eBird). Trois arlequins plongeurs (*Histrionicus histrionicus*) ont été observés de la pointe de l'Islet à Tadoussac en février 2017 (eBird), tandis que de 1 à 3 arlequins ont été repérés au cap de Bon-Désir entre février et avril 1999 (Robert et collab., 2003). Outre les canards de mer, de 150 à 200 fuligules milouinans (*Aythya marila*) sont rapportés annuellement au cours de l'hiver dans la baie Sainte-Catherine et la baie de Tadoussac (SGAI et eBird).

Les canards noirs, pour leur part, se comptent par milliers dans le PMSSL à cette période de l'année: les inventaires récents du SGAI font état de 3 000 (en février 2014) à 3 500 individus (en février 2017), alors que les observateurs de ce suivi en avaient déjà compté jusqu'à 4 800 (en février 2005). Ce canard préfère le secteur compris entre Tadoussac et le cap de Bon-Désir, mais il fréquente aussi la batture aux Alouettes et l'anse du Chafaud aux Basques (figure 7). Notons que la répartition hivernale du canard noir dépend des conditions

de glace: en absence de glace, les oiseaux fréquentent toutes les zones intertidales du PMSSL, mais lors d'hivers très froids, quand la plupart des zones intertidales sont couvertes de glace, ils se concentrent dans les secteurs de Petites et de Grandes-Bergeronnes (Savard, 2009).

Au cœur de l'hiver, aux divers sites propices du PMSSL, on peut raisonnablement avancer qu'il se trouve de 6 500 à 8 500 canards environ (selon SGAI réalisé en 2014 et 2017); cette estimation est, *grosso modo*, du même ordre que les 8 300 canards observés à partir du sol en février 2002 par Savard (2009). Si l'essentiel de la répartition et de l'abondance de certaines espèces semble avoir peu changé en hiver depuis les années 2000, retenons que le nombre de garrots aurait sensiblement augmenté, mais que celui de harles huppés et de hareldes kakawis aurait chuté. Précisons aussi que la répartition et l'abondance de la sauvagine dans le PMSSL à ce moment de l'année dépendent grandement des conditions de glace; dans l'éventualité où les conditions hivernales deviendraient plus clémentes avec les changements climatiques prévus (Berteaux et collab., 2014), on pourrait s'attendre à une augmentation importante du nombre de canards hivernant dans le parc.

Durée de séjour dans le PMSSL

Au moment de la migration printanière, les oiseaux ne sont habituellement que de passage dans le parc, vraisemblablement pour quelques jours. En revanche, les canards qui, une fois dans le PMSSL, sont rendus près de leur site de nidification (p. ex., eiders ou canards noirs) peuvent être présents d'avril ou mai jusqu'à la fin de l'élevage des jeunes, puis demeurer aux environs pour y muer, et même y passer l'automne. Par exemple, la présence des eiders dans le parc doit vraisemblablement s'échelonner du début de mai au début de novembre, soit pour une période d'au moins 6 mois. Dans le même ordre d'idées, on peut sans doute aussi estimer qu'un canard noir y passe facilement 7 mois, puisque sa chronologie hâtive l'amène dans les limites du parc encore plus tôt que l'eider. De plus, on ne sait pas si certains des canards noirs qui hivernent dans le parc sont des nicheurs locaux ou s'ils proviennent de lieux de nidification au nord du PMSSL. S'il s'avérait qu'une part de ces hivernants étaient aussi des nicheurs locaux, ceci signifierait que certains canards noirs pourraient passer l'année entière dans le parc.

Par ailleurs, grâce à la télémétrie satellitaire, on sait que des macreuses brunes mâles sont présentes dans l'estuaire maritime (secteur de pointe à Boisvert-Forestville) pour une période continue allant de 4 à 6 mois, et ce, même s'ils n'y nichent pas; ces mâles non nicheurs s'y rassemblent dès juin, entreprennent leur mue en juillet, puis restent dans les environs jusqu'au moment de prendre leur envol vers leur aire d'hivernage, généralement au début de novembre (Lepage et collab., en préparation). On peut donc supposer que des macreuses restent elles aussi longtemps dans le parc, dont la limite est se situe tout juste à une trentaine de kilomètres du secteur reconnu pour héberger de bons contingents de macreuses l'été et l'automne.



Christian Marcotte, SCF

Figure 7. Lors d'hivers cléments, les estrans aux alentours de l'anse du Chafaud aux Basques demeurent libres de glace et accueillent alors des canards noirs et des garrots.

Enfin, un suivi satellitaire du garrot d'Islande précise, pour sa part, que certains individus passent quelques mois en hiver dans le même secteur (p. ex., garrots d'Islande dans la baie des Rochers), tandis que d'autres se déplacent graduellement au fil de l'hiver (p. ex., un garrot d'Islande ayant hiverné de Tadoussac à Baie-des-Bacons; Benoit et collab., 2001). Certains garrots d'Islande passent l'automne sur la rive sud, traversent hiverner sur la rive nord dans le périmètre du parc (de décembre à mi-mars), pour ensuite retraverser sur la rive sud le printemps venu (de mi-mars à mai; Benoit et collab., 2001).

Conservation de la sauvagine dans l'estuaire du Saint-Laurent

Les données examinées montrent que la partie du Saguenay comprise dans le parc n'apparaît pas comme un lieu d'importance pour la sauvagine, et ce, à aucun moment de l'année. Toutefois, la situation est différente pour les sections de l'estuaire moyen et maritime. Ces dernières revêtent un intérêt indéniable pour les oies et les canards, puisque selon le moment de l'année, des centaines, voire des milliers d'individus les fréquentent pour des durées variables. Alors que certaines espèces ne font qu'y passer en migration, d'autres y restent plusieurs mois: eiders à duvet qui élèvent leurs canetons, macreuses en mue durant l'été, ou garrots pendant l'hiver.

Dans un tout autre ordre d'idées, comme le Gouvernement du Canada souhaite accroître la proportion de zones marines et côtières protégées au pays (Gouvernement du Canada, 2015; 2016), se pourrait-il que le « site d'intérêt de l'estuaire du Saint-Laurent » (Pêches et Océans Canada, 2015), une aire adjacente au PMSSL, obtienne le statut de zone de protection marine en vertu de la Loi sur les océans dans un proche avenir? Bien que l'objectif principal de ce « site d'intérêt » vise la protection à long terme des mammifères marins, de leurs habitats et de leurs ressources alimentaires, il n'en demeure pas moins que ce site embrasse des secteurs clés pour les oiseaux. Or, pour l'instant, on ignore quelles mesures de protection seraient mises en place, ni si le littoral sera inclus. Serait-il donc opportun de suggérer d'intégrer dans les plans les besoins des oiseaux, dont les canards de mer, en matière d'habitat et de ressources alimentaires? Cette prise en compte des oiseaux nous paraît pertinente puisqu'à l'est, l'aire proposée pour le site d'intérêt de l'estuaire englobe certaines des zones d'alimentation où des dizaines de milliers d'eiders et de macreuses se rassemblent, en particulier au moment de la mue et de la migration automnale (p. ex., le littoral de la baie de Mille-Vaches jusqu'à Betsiamites); certains de ces oiseaux y passent de 4 à 6 mois (Lepage et collab., en préparation), s'alimentant alors de moules, de myes et d'autres mollusques.

Vers le sud, l'aire proposée pour le site d'intérêt couvre le secteur entre Kamouraska et Métis-sur-Mer; en été, cette section de l'estuaire abrite de très nombreuses couvées d'eiders qui se nourrissent dans la zone intertidale. Si bien des îles où les couples d'eiders s'établissent en colonie sont protégées (Réserve nationale de faune des îles de l'estuaire), il en est tout autre pour le littoral, vers lequel les couvées se déplacent en quête de nourriture. Les canetons d'eiders sont particulièrement vulnérables dans leur jeune âge et ils dépendent d'abondantes ressources alimentaires (littorines, gammares et autres animalcules). Or, de possibles conflits d'usage existent par endroits sur le littoral; par exemple, la pratique du kayak et la récolte d'algues ou d'oursins peuvent déranger les groupes familiaux. Des centaines d'eiders et de macreuses adultes en mue se concentrent aussi le long de la rive sud, attirés là par les ressources alimentaires présentes (Diéval et collab., 2011; Sea Duck Joint Venture, 2015).

Enfin, plusieurs centaines de garrots d'Islande fréquentent à l'automne et au printemps les secteurs des Razades, de Saint-Fabien, du Bic et de Mitis (Robert et collab., 2003). Sachant qu'une grande proportion des effectifs de cette espèce au statut préoccupant fréquente les 2 côtés de l'estuaire à l'automne, en hiver et au printemps, soit durant plus de 6 mois (Benoit et collab., 2001; Robert et collab., 2003), il semblerait d'autant plus approprié de protéger l'ensemble de cette aire.

La protection de ce site d'intérêt, jouxtant le PMSSL, permettrait assurément d'accroître la conservation des populations de sauvagine fréquentant le parc, puisque de nombreuses espèces se déplacent entre ces deux secteurs, comme nous l'avons décrit plus haut. Quoi qu'il advienne de la protection éventuelle de ce site, l'essentiel à retenir est qu'à l'heure actuelle, la partie estuarienne du PMSSL offre manifestement des aires d'alimentation et de repos de choix pour plusieurs espèces de sauvagine, et ce, à tout moment de l'année.

Remerciements

L'auteur tient à remercier tous les observateurs du SCF ayant participé à la récolte des données du SRIV et du SGAI. Jean-François Giroux, de la Société Duvetnor, a aimablement partagé les dénombrements de nids d'eiders dans certaines colonies. Jean-François Rail, François Bolduc et Josée Lefebvre, tous du SCF, ont volontiers partagé leurs données d'inventaires respectifs. Martine Benoit, du SCF, s'est promptement mise à la tâche de concevoir la figure 1. Enfin, un merci spécial à Michel Robert, du SCF, à Jean-Pierre Savard, d'Environnement et Changement climatique Canada, et à Magella Guillemette, de l'Université du Québec à Rimouski, qui ont fourni des conseils en vue d'améliorer ce texte. ◀

Références

[BIOMQ] BANQUE INFORMATISÉE DES OISEAUX MARINS DU QUÉBEC. Disponible en ligne à : <http://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/9cd6f8a1-e660-4e78-89a8-6e3f781da556>. [Visité le 2017-09-05].

- BENOIT, R., M. ROBERT, C. MARCOTTE, G. FITZGERALD et J.-P.L. SAVARD, 2001. Étude des déplacements du Garrot d'Islande dans l'est du Canada à l'aide de la télémétrie satellitaire. Série de rapports techniques n° 360, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Sainte-Foy, 71 p.
- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et S. DE BLOIS, 2014. Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel. Presses de l'Université du Québec, Québec, 169 p.
- DIÉVAL, H., J.-F. GIROUX et J.-P.L. SAVARD, 2011. Distribution of common eiders *Somateria mollissima* during the brood-rearing and moulting periods in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Wildlife Biology*, 17 (2): 124-134.
- EBIRD. Disponible en ligne à : <https://ebird.org/about> [Visité le 2017-09-11].
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2013. Plan de gestion du Garrot d'Islande (*Bucephala islandica*), population de l'Est, au Canada. Série de Plans de gestion de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, 16 p.
- FALARDEAU, G., J.-P.L. SAVARD, J. BÉDARD, A. NADEAU et M.C.S. KINGSLEY, 2000. Tendances temporelles et répartitions des oiseaux aquatiques et des mammifères marins dans la passe de l'île aux Lièvres, à l'été 1997. Série de rapports techniques n° 351, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Sainte-Foy, 90 p.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, 2015. Lettre de mandat de la ministre de l'Environnement et du Changement climatique (12 novembre 2015). Disponible en ligne à : <http://pm.gc.ca/fra/lettre-de-mandat-de-la-ministre-de-lenvironnement-et-du-changement-climatique>. [Visité le 2017-09-18].
- GOUVERNEMENT DU CANADA, 2016. Lettre de mandat du ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne (19 août 2016). Disponible en ligne à : <http://pm.gc.ca/fra/lettre-de-mandat-du-ministre-des-peches-des-oceans-et-de-la-garde-cotiere-canadienne>. [Visité le 2017-09-18].
- LEPAGE, C., J.-P.L. SAVARD et S.G. GILLILAND, en préparation. White-winged Scoters in Eastern North America: Breeding and wintering insights, annual movements, and yearly site fidelity.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2015. Site d'intérêt de l'estuaire du Saint-Laurent. Disponible en ligne à : <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/gestion-management/estuaire-estuary-fra.html>. [Visité le 2017-10-16].
- PETRIE, S.A., S.S. BADZINSKI, K.R. ROSS et N.R. NORTH, 2006. Great Lakes winter sea duck survey (SDJV #83). Rapport d'étape pour le Sea Duck Joint Venture. Disponible en ligne à : <https://seaduckjv.org/pdf/studies/pr83.pdf>. [Visité le 2017-10-02].
- RAIL, J.-F. et J.-P.L. SAVARD, 2003. Identification des aires de mue et de repos au printemps des macreuses (*Melanitta* sp.) et de l'eider à duvet (*Somateria mollissima*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Série de rapports techniques n° 408, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Sainte-Foy, 54 p.
- ROBERT, M., R. BENOIT, C. MARCOTTE, J.-P.L. SAVARD, D. BORDAGE et D. BOURGET, 2003. Le Garrot d'Islande dans l'estuaire du Saint-Laurent: calendrier de présence annuelle, répartition, abondance, âge-ratio et sex-ratio. Série de rapports techniques n° 398, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Sainte-Foy, 129 p.
- SAVARD, J.-P.L., 2009. Diversité, abondance et répartition des oiseaux aquatiques hivernant dans les eaux côtières et pélagiques du Parc marin Saguenay-Saint-Laurent. *Revue des sciences de l'eau*, 22 (2): 353-371.
- SAVARD, J.-P.L. et G. FALARDEAU, 1997. Inventaires aériens hivernaux, printaniers et estivaux dans les estuaires moyen et marin du Saint-Laurent (hiver 1994, été 1994, printemps 1995). Série de rapports techniques n° 282, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Sainte-Foy, 42 p.
- SEA DUCK JOINT VENTURE, 2015. Atlantic and Great Lakes Sea Duck Migration Study. Progress Report June 2015. Disponible en ligne à : https://seaduckjv.org/wp-content/uploads/2014/12/AGLSDMS-Progress-Report-June2015_web.pdf. [Visité le 2017-10-02].

Suivi des espèces ciblées par les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent de 1994 à 2017

Cristiane C. A. Martins, Samuel Turgeon, Robert Michaud, Nadia Ménard

Résumé

Sur la côte est de l'Amérique du Nord, c'est dans l'estuaire du Saint-Laurent, et en ciblant principalement le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), que l'activité organisée d'observation des baleines a pris naissance. L'encadrement de l'activité a été possible par la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et la mise en place d'une réglementation. Un protocole d'échantillonnage a été mis au point pour assurer le suivi des activités d'observation en mer (AOM) des cétacés. Afin de caractériser les espèces ciblées et l'utilisation du territoire, 1186 excursions échantillonnées à bord des grands bateaux de Tadoussac, de 1994 à 2017, ont été analysées. Depuis 2001, il y a eu un changement de l'espèce ciblée en même temps qu'une diminution marquée de la densité locale du rorqual commun. Le rorqual commun a été l'espèce la plus ciblée au cours de 15 des 24 années échantillonnées, suivi par le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*, 6 années) et le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*, 3 années). Une analyse de groupement a mis en évidence des années similaires quant aux espèces ciblées et aux variables de distribution spatiale. La poursuite à long terme du suivi des AOM et des suivis systématiques permettra de mieux comprendre cet écosystème et d'assurer une gestion adaptative et durable de cette activité.

MOTS CLÉS : conservation, gestion durable des activités d'observation en mer, rorqual commun

Abstract

The St. Lawrence Estuary (Québec, Canada) was the birthplace of organised whale watching activities on the east coast of North America. Initially, fin whales (*Balaenoptera physalus*) were the main target species. The creation of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park enabled to regulate whale watching activities in the area and to adopt specific regulations. For management purposes, a sampling protocol was developed to monitor the activity. Data collected aboard large boats (> 50 passengers) during 1186 excursions departing from Tadoussac from 1994 to 2017 were analysed to characterize the target species and territory use over time. Since 2001, the main target species has changed and a marked decrease in the local density of fin whales has been observed. The fin whale was the most targeted species during 15 of the 24 years, followed by the minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*, 6 years) and the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*, 3 years). A partitioning analysis allowed the identification of years with similar patterns based on the species observed and on spatial distribution variables. Long-term continuity of the sampling protocol, in conjunction with systematic monitoring, will help to better understand this ecosystem and ensure adaptive management and sustainable development of the whale watching activities.

KEYWORDS: conservation, fin whale, sustainable management of whale watching

Introduction

Au cours des dernières décennies, les cétacés sont devenus les icônes de la conservation du milieu marin dans le monde (Corkeron, 2006). De ressource à exploiter, au point de fortement hypothéquer des populations ou même de faire disparaître des espèces, ils sont devenus les animaux marins les plus adorés du monde occidental. C'est dans ce contexte que les activités d'observation en mer des cétacés (*whalewatching*) sont devenues l'une des formes de tourisme en milieu naturel les plus répandues et qui a connu une croissance parmi les plus fulgurantes dans le monde (p. ex., O'Connor et collab., 2009). Depuis les années 1970, elles sont devenues une activité économique pour plusieurs communautés côtières, et parfois même une solution de remplacement à l'apport économique de la chasse (Hoyt et Parsons, 2014; IFAW, 1995). En plus des aspects éducatifs et de sensibilisation qui y sont associés,

Cristiane C. A. Martins, Samuel Turgeon et Nadia Ménard sont membres de l'équipe de conservation au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent pour Parcs Canada.

Cristiane C. A. Martins est océanographe, spécialiste de l'écologie des mammifères marins et de l'analyse spatiale appliquée à la protection des mammifères marins.

Samuel Turgeon est cartographe et géographe et s'intéresse à l'analyse spatiale de données scientifiques pour supporter la conservation des écosystèmes marins.

Robert Michaud est biologiste, président et directeur scientifique du Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM).

Nadia Ménard est écologiste et s'intéresse particulièrement à l'utilisation des connaissances scientifiques pour la conservation des écosystèmes marins.

correspondance: albuquerquecris@gmail.com

cristiane.albuquerque@pc.gc.ca

cette activité permet le développement d'une économie plus diversifiée que la chasse, puisqu'elles sollicitent un ensemble de services touristiques d'une région. De plus, comparativement à la chasse, l'observation des baleines s'inscrit dans une optique d'utilisation durable de la ressource. L'activité, qui a débuté vers 1955 par l'observation des baleines grises (*Eschrichtius robustus*) en Californie, s'est développée rapidement et représente aujourd'hui une industrie de 2,1 milliards de dollars (Hoyt et Parsons, 2014; O'Connor et collab., 2009).

Sur la côte est de l'Amérique du Nord, c'est dans l'estuaire du Saint-Laurent que l'activité organisée d'observation des baleines a pris naissance. Le plus ancien registre de l'activité date de 1971, quand la Société de Zoologie de Montréal a commencé à offrir deux excursions par année au départ de Rivière-du-Loup pour observer des baleines à la tête du chenal Laurentien (Lynas, 1990). Dans les années 1975-1976, les familles Otis et Tremblay ont transformé leurs sorties en mer pour pratiquer la chasse et la pêche en activité d'observation en mer (AOM) des cétacés à partir de Tadoussac (Lynas, 1990). En 1980, d'autres compagnies sont venues s'installer et en 1988, il y avait 11 bateaux d'excursion opérant à l'embouchure du Saguenay (Lynas, 1990). Depuis, une des plus importantes industries d'observation de baleines au Canada s'est développée dans la région grâce à la présence régulière des grands rorquals (famille *Balaenopteridae*), en particulier du rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). La région est également fréquentée par une grande diversité d'espèces de mammifères marins (p. ex., Michaud et collab., 1997). À la suite de la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent en 1998, l'adoption du Règlement sur les activités en mer a limité à 59 le nombre total de permis permettant d'offrir l'activité dans les limites du parc. Les activités se déroulent du mois de mai à la fin octobre; depuis quelques années, elles s'étendent d'avril à novembre. Un nombre plus élevé de sorties est offert pendant les mois de juillet et août, durant le pic de la saison touristique. La saison d'observation coïncide avec l'occurrence de la plupart des espèces de mammifères marins dans l'estuaire. Si l'on prend en compte le nombre de bateaux d'excursion opérant dans le parc marin et la superficie relativement restreinte du territoire utilisé pour les excursions, le secteur est probablement parmi ceux où les activités d'observation de cétacés sont les plus intensives au monde.

C'est dans une optique de gestion durable des AOM qu'un suivi a été initié en 1994. À la demande de Parcs Canada, le protocole de collecte de données, utilisé par le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) pour étudier le rorqual commun depuis 1985 à bord d'un des bateaux d'excursion opérant dans la région, a été adapté pour caractériser les AOM dans l'ensemble du parc marin. L'objectif du nouveau protocole était de décrire l'utilisation du territoire, de faire un suivi des espèces de cétacés ciblées et de déterminer les facteurs favorisant les concentrations de bateaux sur les sites d'observation (Michaud et collab., 2003). Les résultats annuels de ce suivi ont notamment guidé le développement du Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du

Saguenay–Saint-Laurent (DORS/2002-76), adopté en 2002 et mis à jour en 2017.

Des études similaires ont également utilisé des plateformes d'opportunité pour étudier différents aspects des AOM dans d'autres régions. En Australie, des bateaux d'excursion ont servi de plateforme pour évaluer l'effet de la présence des bateaux sur le comportement du rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (Stamation et collab., 2010), tandis qu'en Islande, ils ont servi pour étudier les patrons de déplacement et d'utilisation de l'habitat chez les dauphins à nez blanc (*Lagenorhynchus albirostris*) (Bertulli et collab., 2015). Dans le présent article, des données issues du suivi des AOM recueillies de 1994 à 2017 ont été analysées afin de caractériser les espèces ciblées et l'utilisation du territoire. Comme le rorqual commun était l'espèce cible principale à l'origine de l'activité dans le parc marin, on s'intéresse à vérifier s'il demeure l'espèce la plus ciblée au fil du temps.

Description de l'aire d'étude et des méthodes

Aire d'étude

Différents ports d'attache offrent des sorties en mer pour l'observation des mammifères marins dans le parc marin. Actuellement, ils sont situés à Tadoussac, Baie-Sainte-Catherine, Les Bergeronnes, Les Escoumins sur la rive nord de l'estuaire, à Rivière-du-Loup sur la rive sud, ainsi qu'à L'Anse-Saint-Jean, Rivière-Éternité et l'anse de Saint-Étienne, dans le fjord du Saguenay. Comme l'effort d'échantillonnage des AOM a varié selon l'année pour les différents ports d'attache et types de bateau, l'analyse a été restreinte à un seul type de bateau, soit les grands bateaux (c.-à-d. avec plus de 50 passagers), et à un seul port d'attache, celui de Tadoussac (le seul échantillonné chaque année depuis 1994). Le territoire utilisé par les grands bateaux d'excursion au départ de Tadoussac est situé à la confluence du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent (figure 1). Il comprend la portion de l'estuaire maritime du parc marin entre Les Bergeronnes, le haut-fond Prince et l'embouchure du fjord du Saguenay.

Le territoire utilisé par les grands bateaux au départ de Tadoussac se trouve à la tête du chenal Laurentien. Ce territoire représente le centre de l'aire de répartition estivale du béluga du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*) (Lemieux Lefebvre et collab., 2012) et est inclus dans l'habitat essentiel de cette espèce (MPO, 2012). C'est également un secteur d'alimentation privilégié pour les grands rorquals en raison de l'effet de la topographie (p. ex., seuils et falaises sous-marines) et des processus océanographiques (p. ex., remontées des eaux froides d'origine tidale) sur les proies (Simard, 2009). En plus des AOM, ce secteur est également traversé par la voie maritime du Saint-Laurent et est utilisé de façon continue par le traversier entre Baie-Sainte-Catherine et Tadoussac. Il s'agit du secteur où l'on note la plus forte densité d'activité de navigation dans le parc marin (Chion et collab., 2009) et l'un des plus utilisés au Canada (Simard et collab., 2014).

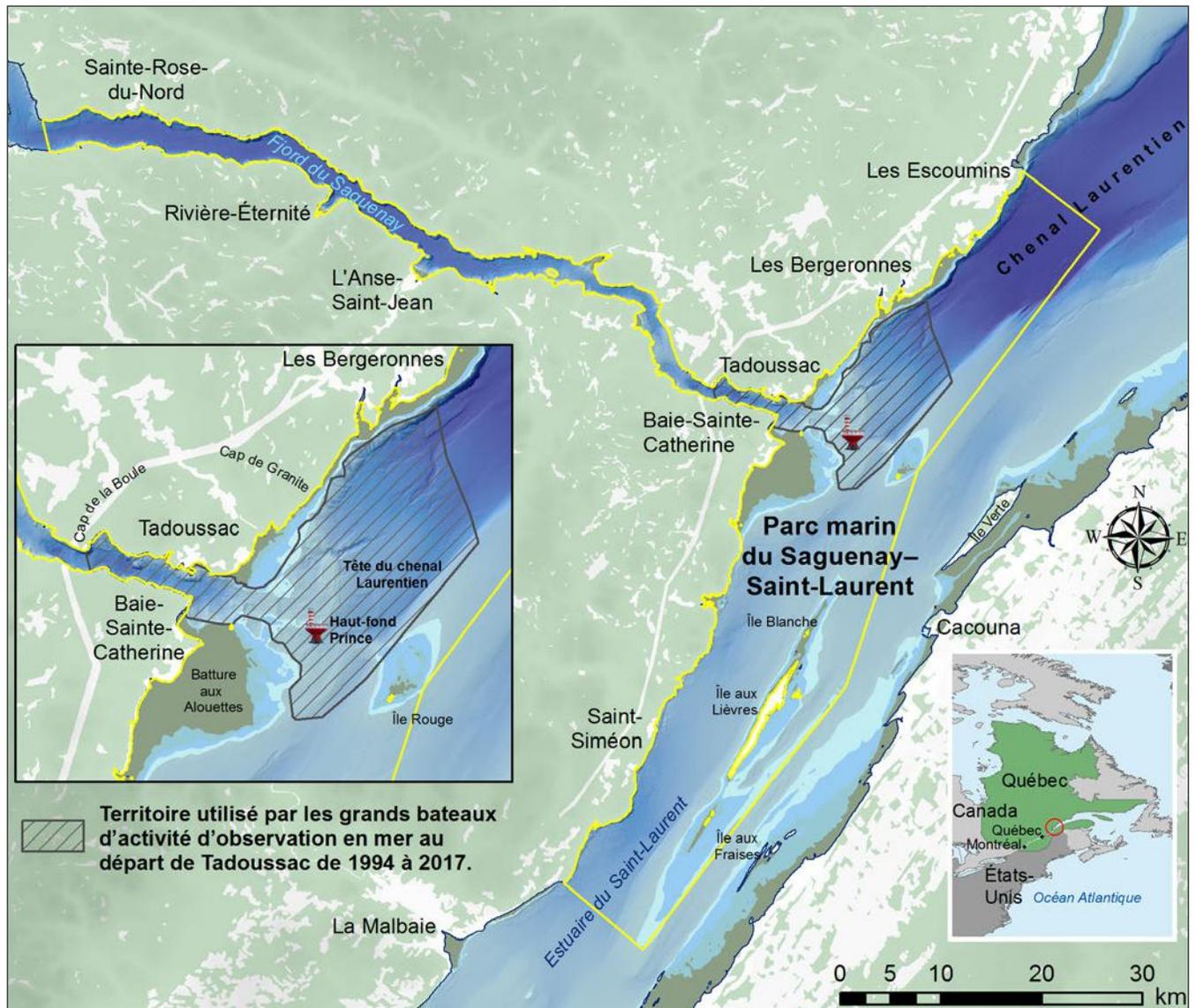


Figure 1. Carte du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et du territoire utilisé par les grands bateaux d’excursion participant aux activités d’observation en mer au départ de Tadoussac de 1994 à 2017.

Protocole d’échantillonnage

Le protocole d’échantillonnage utilisé lors du suivi des AOM a été développé en 1994 par le GREMM en collaboration avec Parcs Canada et est demeuré le même depuis. Une description complète du protocole d’échantillonnage est présentée par Michaud et collab. (2010). Un observateur, responsable de la prise de données, effectue un balayage systématique de la zone comprise dans un rayon de 2 km du bateau d’excursion utilisé comme plateforme d’échantillonnage. Chaque balayage est dénommé bloc d’observation instantané (BOI). Les BOI sont effectués toutes les 10 minutes, du début à la fin de l’excursion. L’heure, la position, l’activité (c.-à.-d. observation de cétacés, déplacement, observation de pinnipèdes et d’oiseaux et observation du paysage), la vitesse, les conditions d’observation (visibilité et hauteur des vagues) ainsi que le nombre de bateaux, de cétacés et de pinnipèdes sont notés par

l’observateur. Lorsque le bateau est en activité d’observation de cétacés, l’espèce ciblée est notée. L’espèce ciblée est définie comme étant celle vers laquelle l’activité d’observation est dirigée lors de chaque BOI.

Période d’échantillonnage

De 1994 à 2013, la période d’échantillonnage couvrait la saison estivale, de la mi-juin à la fin septembre. Depuis 2014, l’échantillonnage couvre également les mois de mai et d’octobre. Le calendrier d’échantillonnage a été défini en répartissant l’effort sur le terrain pour permettre de couvrir tous les jours de la semaine de façon aléatoire.

Préparation des données

Les données utilisées pour cette étude proviennent des excursions de mi-journée effectuées à bord des grands

bateaux d'excursion dont le port d'attache était Tadoussac. L'excursion de mi-journée, telle que définie par Michaud et collab. (1997), a été ciblée pour faciliter les comparaisons intra- et intersaisonnières. Toutes les excursions dont l'heure de départ est égale ou supérieure à 12 h et inférieure à 15 h ont été considérées comme étant des excursions de mi-journée. Seules les excursions avec plus de 50 % des BOI effectués sous de bonnes conditions d'observation (visibilité et vagues) et réalisées de juin à septembre ont été retenues. Pour cette analyse, nous présumons que les espèces ciblées par les excursions échantillonnées à partir des grands bateaux au départ du quai de Tadoussac sont représentatives des espèces ciblées par l'ensemble des excursions de cette catégorie de bateau effectuées sur le même territoire (figure 1).

Analyses des données

Évolution intersaisonnière des espèces ciblées

Afin de vérifier la variation dans le bilan des activités d'observation des mammifères marins de 1994 à 2017, le pourcentage de BOI en activité d'observation de cétacés et le pourcentage des BOI en observation dirigée vers chacune des espèces ont été calculés. Les espèces considérées sont le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), le rorqual commun, le rorqual à bosse, le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), le béluga et la catégorie « autres », qui regroupe toutes les autres espèces de cétacés (p. ex., le marsouin commun, *Phocoena phocoena*). Le pourcentage de BOI en activité d'observation de pinnipèdes (à l'eau et au sec) a également été calculé.

Groupeement des données

Une analyse de groupeement utilisant la méthode *k-means* (Hartigan et Wong, 1979) a été effectuée pour explorer cette longue série temporelle et vérifier l'existence de patrons dans les AOM selon les années. Les variables considérées pour cette analyse sont présentées dans le tableau 1. Elles ont

été calculées pour chaque année et centrées réduites afin de permettre leur comparaison. Elles caractérisent la distribution spatiale des AOM (distance de Tadoussac et dispersion), le bilan d'activité (temps total en observation de cétacés), les espèces ciblées et la densité locale du rorqual commun. La densité locale du rorqual commun a été calculée pour chaque année et représente le nombre moyen d'individus de cette espèce dans un rayon de 2 km autour des bateaux d'excursion échantillonnés lors des BOI où le rorqual commun était ciblé. Afin de déterminer le nombre de groupes optimal, le critère de Calinski-Harabasz (Calinski et Harabasz, 1974) et la somme des carrés des écarts à la moyenne intragroupe ont été calculés avec les fonctions *cascadekm* de la librairie *vegan* (Oksanen et collab., 2017) et *kmeans* du progiciel R (R Development Core Team, 2017) pour un nombre de groupes variant de 2 à 10. Afin de représenter les résultats des analyses de groupeement, la fonction *clusplot* de la librairie *cluster* (Maechler et collab., 2016) dans le progiciel R (R Development Core Team, 2017) a été utilisée. Cette fonction utilise l'analyse en composantes principales afin d'illustrer les résultats de l'analyse de groupeement dans un graphique à deux dimensions selon les deux premières composantes. Ce type de représentation graphique des résultats de l'analyse de groupeement permet de visualiser les différences et les similarités intergroupes et intragroupes.

Analyse spatiale des activités d'observation

Une analyse spatiale de densité par la méthode du noyau (*kernel density*) (Silverman, 1986) a été effectuée afin d'identifier les centres des activités d'observation de cétacés à l'aide de l'extension *Spatial Analyst* du logiciel ArcGIS 10.3 (ESRI, 2015). Les analyses spatiales ont été effectuées pour chaque groupe identifié par l'analyse de groupeement en utilisant la position géographique des BOI en activité d'observation. Une taille de cellule de 100 m et un rayon de recherche de 400 m ont été utilisés. Afin de faciliter les comparaisons et l'interprétation

Tableau 1. Variables considérées dans l'analyse de groupeement pour vérifier l'existence de patrons dans les activités d'observation en mer selon les années.

Variabes	Définition	Étendue des valeurs (minimum: maximum)
Distance de Tadoussac	Distance (m) entre le quai de Tadoussac et le centre géographique (centre moyen) des blocs d'observation instantanés (BOI) en activité d'observation de cétacés	5 491 : 11 833
Dispersion	Dispersion (1 écart type), c.-à-d. le degré (distance [m]) auquel les activités d'observations en mer sont concentrées ou dispersées autour du centre géographique	3 697 : 9 396
Petit rorqual	Pourcentage des BOI en activité d'observation où le petit rorqual est l'espèce ciblée (voir figure 2)	1,7 : 56,2
Rorqual commun	Pourcentage des BOI en activité d'observation où le rorqual commun est l'espèce ciblée (voir figure 2)	14,0 : 93,7
Rorqual à bosse	Pourcentage des BOI en activité d'observation où le rorqual à bosse est l'espèce ciblée (voir figure 2)	0,0 : 76,9
Rorqual bleu	Pourcentage des BOI en activité d'observation où le rorqual bleu est l'espèce ciblée (voir figure 2)	0,0 : 10,7
Béluga	Pourcentage des BOI en activité d'observation où le béluga est l'espèce ciblée (voir figure 2)	1,2 : 12,2
Temps en observation de cétacés	Pourcentage des BOI en observation de cétacés (voir figure 2)	31,3 : 48,8
Densité locale du rorqual commun	Moyenne du nombre de rorquals communs dans un rayon de 2 km des BOI en activité d'observation dont l'espèce cible est le rorqual commun	1,1 : 8,7

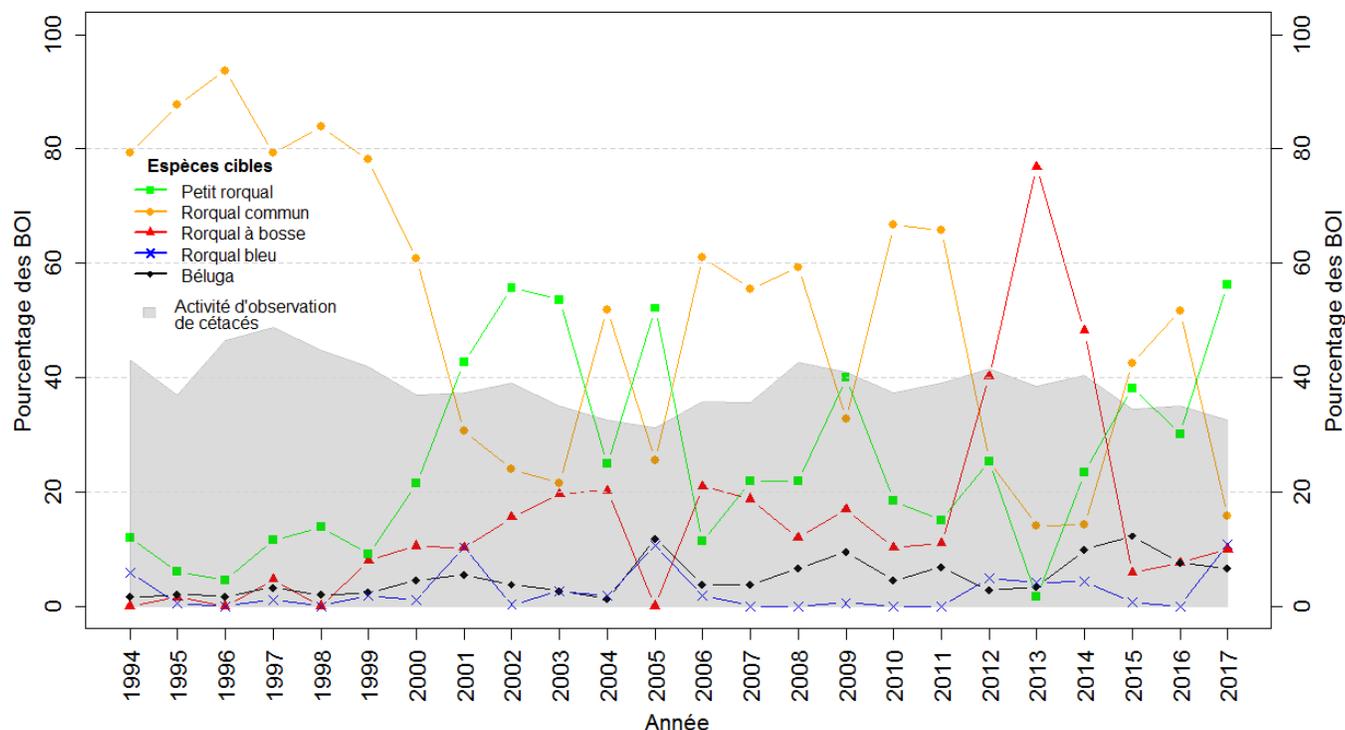


Figure 2. Variation du pourcentage de blocs d'observation instantanés (BOI) en activité d'observation et du pourcentage de BOI en observation pour chaque espèce cible pour les excursions échantillonnées à bord des grands bateaux (>50 passagers) au départ du quai de Tadoussac de 1994 à 2017.

des résultats, l'ensemble des valeurs a été normalisé. Le territoire utilisé pour les AOM a été calculé avec un polygone convexe minimum (MCP) contenant 90 % des données à l'aide de la fonction `mcp` de la librairie `adehabitatHR` (Calenge, 2006) du progiciel R (R Development Core Team, 2017).

Résultats

Évolution intersaisonnière des espèces ciblées

Au total, 1186 excursions à bord de grands bateaux ont été échantillonnées à partir du port de Tadoussac de 1994 à 2017 (tableau 2). Le nombre d'excursions échantillonnées par année a fluctué entre un minimum de 19 en 2016 et un maximum de 73 en 2000, pour une moyenne de 49,4 ($\pm 20,0$) au cours de cette période. En tout, 17 837 BOI ont été effectués, pour une moyenne annuelle de 728,8 ($\pm 298,5$). Le pourcentage de BOI en activité d'observation a varié annuellement entre 31,3% (en 2005) et 48,8% (en 1997) pour une moyenne de 38,7% ($\pm 4,5$). Le temps consacré à l'observation de pinnipèdes est très faible par rapport au temps consacré à l'observation de cétacés, mais il a légèrement augmenté au cours des dernières années.

Le rorqual commun a été l'espèce la plus ciblée par les excursions réalisées à bord des grands bateaux au départ du port de Tadoussac au cours de 15 des 24 années échantillonnées (figure 2). Pour l'ensemble de la période d'étude, le rorqual commun a été l'espèce ciblée de 50,9% ($\pm 25,6$) des BOI en activité d'observation. Le petit rorqual a été l'espèce la plus

ciblée au cours de 6 des 24 années (25,4% $\pm 17,0$), tandis que le rorqual à bosse l'a été au cours de 3 années (15,3% $\pm 17,6$). Le béluga a pour sa part été la cible de 5,0% ($\pm 3,2$) de l'ensemble de BOI avec des proportions annuelles qui ont varié de 1,2 à 12,2%. Ces proportions ont atteint ou dépassé 10% en 2005, 2014 et 2015. Le rorqual bleu a été ciblé dans plus de 10% des BOI en activité d'observation en 2001, 2005 et 2017.

La densité locale intra- et intersaisonnière du rorqual commun (figure 3) a fluctué de 1994 à 2017. Les densités locales étaient supérieures à la moyenne de la période ($3,2 \pm 2,0$) de 1995 à 2000. À partir de 2001, la densité locale a baissé significativement et, depuis, elle est restée plus ou moins stable, et semblable ou inférieure à la moyenne de la période.

Grouperment des données

Le grouperment a été effectué en 5 groupes afin de maximiser le critère de Calinski-Harabasz et de minimiser la somme des carrés des écarts à la moyenne intragroupe. Le tableau 3 liste les années comprises dans chaque groupe et détaille les variables qui définissent la composition des différents groupes. Chaque groupe comprend de 3 à 9 années. Le groupe 1, composé des années 1995 à 1999, est notamment caractérisé par de fortes densités locales de rorquals communs, de forts pourcentages de BOI en activité d'observation ciblant cette espèce et des pourcentages de BOI en activité d'observation de cétacés élevés. Le groupe 2 est formé des années 2001, 2005 et 2017. Il est principalement caractérisé par une forte dispersion spatiale des activités d'observation de cétacés, de faibles

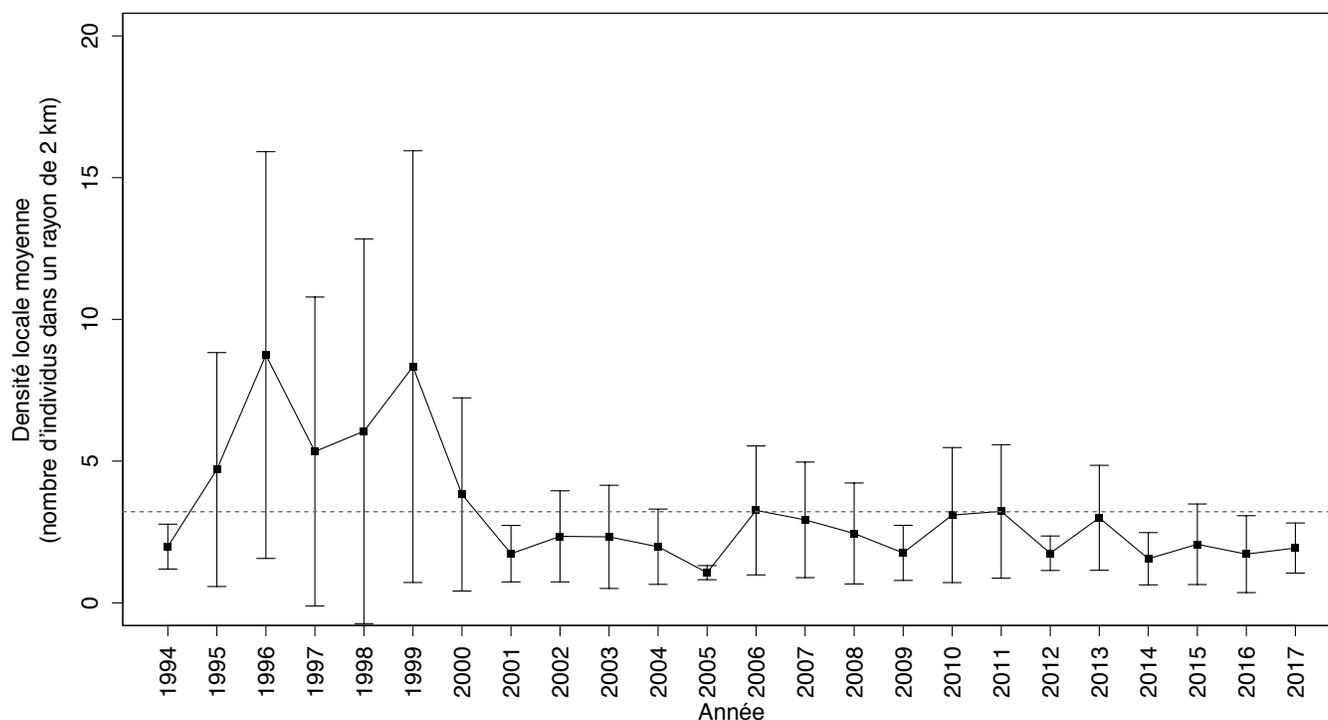


Figure 3. Fluctuation de la densité locale moyenne (\pm écart type) du rorqual commun mesurée lors des blocs d'observation instantanés (BOI) en observation dirigée vers cette espèce pour les excursions échantillonnées à bord de grands bateaux (>50 passagers) au départ du quai de Tadoussac pour la période de 1994 à 2017 (la ligne pointillée indique la moyenne).

pourcentages de BOI en activité d'observation de cétacés (donc plus de temps passé en recherche et en déplacement) et des pourcentages de BOI en activité d'observation ciblant le rorqual bleu et le petit rorqual plus élevés. Le groupe 3, formé des années 2002, 2003, 2009 et 2015, est principalement caractérisé par des activités d'observation de cétacés dans l'embouchure du fjord du Saguenay et des pourcentages de BOI en activité d'observation ciblant le petit rorqual et le béluga plus élevés. Le groupe 4, composé des années 2012 à 2014, est essentiellement caractérisé par de forts pourcentages de BOI en activité d'observation ciblant le rorqual à bosse. Finalement, le groupe 5 regroupe le plus d'années. Il est semblable au groupe 1, sauf en ce qui concerne la densité locale du rorqual commun, c'est-à-dire le nombre moyen de rorquals communs dans un rayon de 2 km, qui est beaucoup moins élevée (figure 3). Ensemble, les groupes 1 et 5 englobent presque toutes les années où le rorqual commun a été l'espèce la plus ciblée. Les groupes 2 et 3 englobent des années où le petit rorqual a été l'espèce la plus ciblée, à l'exception de l'année 2015. En 2015, les pourcentages du temps passé en observation du rorqual commun (42,4 %) et du petit rorqual (38,1 %) sont très similaires.

La figure 4 représente chacune des années (points) de la période d'étude dans le plan des 2 premières composantes principales en fonction du résultat de l'analyse de groupement (ellipses). La première composante est principalement influencée par les variables rorqual commun et petit rorqual, et la deuxième composante, par les variables rorqual à bosse et dispersion.

Analyse spatiale des activités d'observation de cétacés

L'analyse spatiale des activités d'observation de cétacés par groupe d'années a permis de faire ressortir des patrons d'utilisation du territoire relativement distincts entre les groupes (figure 5). Trois secteurs d'observation de cétacés ressortent clairement de ces analyses (figure 5f) : 1) le canyon de l'île Rouge, 2) la fosse à François en face du cap de Granite et 3) le secteur des bouées S7 et S8. Les activités d'observation des années du groupe 1 (figure 5a), lors desquelles le rorqual commun a été fortement ciblé et la densité locale était élevée, étaient concentrées dans le canyon de l'île Rouge. La distribution spatiale des activités d'observation des années des groupes 2 et 3 (figure 5b et c) était similaire, et les fortes densités étaient concentrées dans l'embouchure du fjord du Saguenay, près des bouées S7 et S8. Toutefois, les polygones convexes minimaux montrent bien la plus grande dispersion spatiale des activités d'observation pour les années du groupe 2. Les activités d'observation des années du groupe 4 (figure 5d), alors que le rorqual à bosse était fortement ciblé, étaient concentrées dans la fosse à François, en face du cap de Granite. Finalement, la distribution spatiale des activités d'observation des années du groupe 5 (figure 5e) était plus variée et couvrait l'ensemble des secteurs des groupes précédents.

M A M M I F È R E S M A R I N S

Tableau 2. Nombre d'excursions échantillonnées à bord de grands bateaux (>50 passagers) au départ du quai de Tadoussac ainsi que le nombre total de blocs d'observation instantanés (BOI) effectués, le nombre et le pourcentage de BOI en activité d'observation de cétacés et le pourcentage de BOI en activité d'observation de pinnipèdes de 1994 à 2017 (ET = écart type).

Année	Nombre d'excursions	Nombre de BOI	Nombre de BOI en observation de cétacés	% BOI en observation de cétacés	% BOI en observation de pinnipèdes
1994	37	561	242	43,1	0,5
1995	33	547	202	36,9	0,0
1996	25	377	175	46,4	0,3
1997	65	957	467	48,8	0,1
1998	61	925	414	44,8	0,0
1999	68	1024	429	41,9	0,1
2000	73	1084	400	36,9	0,1
2001	63	940	352	37,4	0,1
2002	64	944	368	39,0	0,6
2003	58	874	306	35,0	1,5
2004	67	988	322	32,6	0,0
2005	70	1053	330	31,3	0,6
2006	70	1040	372	35,8	0,1
2007	66	989	353	35,7	0,1
2008	70	998	425	42,6	0,4
2009	63	878	360	41,0	1,9
2010	59	843	315	37,4	0,5
2011	26	373	146	39,1	0,3
2012	24	341	142	41,6	3,5
2013	22	314	121	38,5	1,6
2014	28	402	162	40,3	1,7
2015	28	403	139	34,5	3,7
2016	19	266	93	35,0	4,5
2017	27	371	121	32,6	4,6
Total	1186	17 837	6756		
Moyenne (±ET)	49,4 (±20,0)	728,8 (±298,5)	281,5 (±118,8)	38,7 (±4,5)	1,1 (±1,5)

Tableau 3. Composition des groupes d'années résultant de l'analyse de groupement, et principales variables explicatives (définies au tableau 1) ainsi que l'intensité (faible [↓] ou forte [↑]) les caractérisant.

Groupe	Années	Principales variables explicatives et intensité
1	1995, 1996, 1997, 1998, 1999	↑ Densité locale du rorqual commun, ↑ Rorqual commun, ↓ Rorqual à bosse, ↑ Temps en observation de cétacés, ↓ Petit rorqual
2	2001, 2005, 2017	↑ Dispersion, ↓ Temps en observation de cétacés, ↑ Rorqual bleu, ↑ Petit rorqual
3	2002, 2003, 2009, 2015	↓ Distance de Tadoussac, ↑ Béluga (2009 et 2015), ↑ Petit rorqual (2002, 2003)
4	2012, 2013, 2014	↑ Rorqual à bosse, ↓ Rorqual commun
5	1994, 2000, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2016	↑ Rorqual commun, ↓ Densité locale du rorqual commun

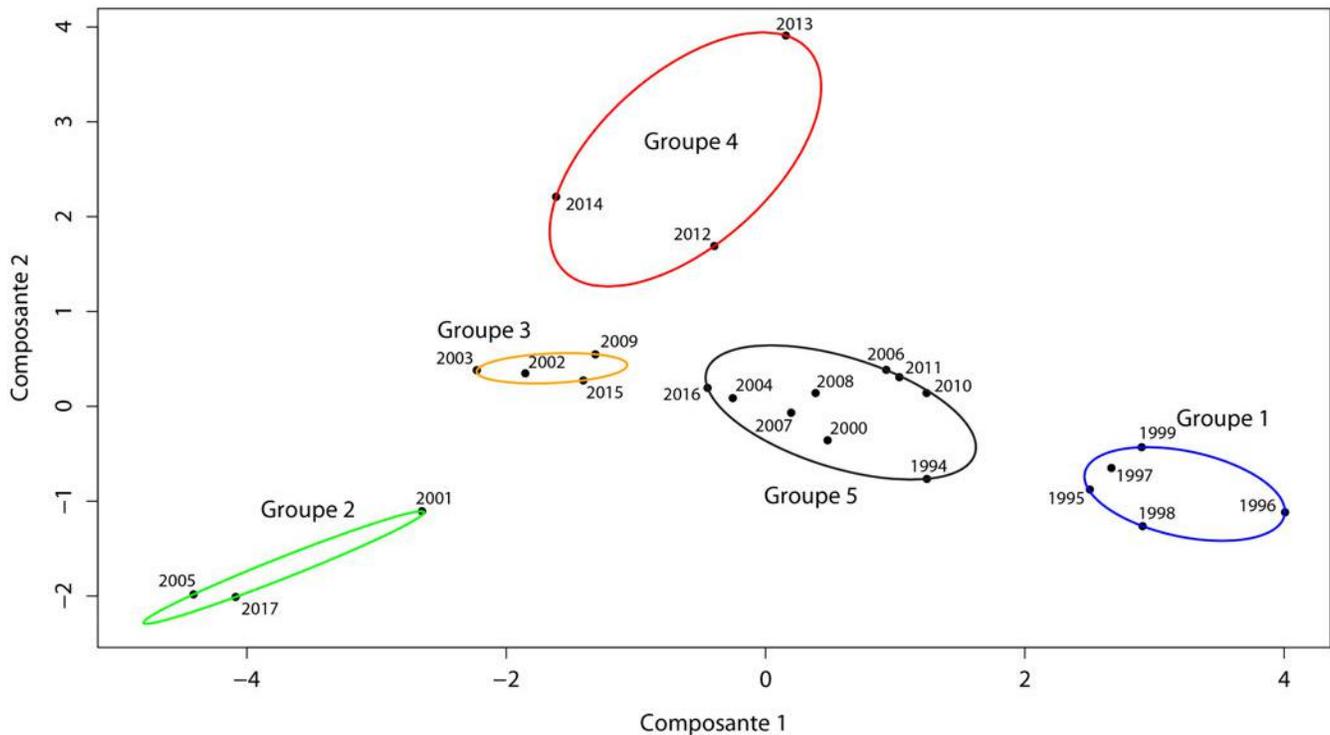


Figure 4. Représentation dans un graphique à deux dimensions des années (points) et des groupes d'années (ellipses) résultant des analyses de groupement selon les deux premières composantes principales. La première composante est principalement influencée par les variables rorqual commun et petit rorqual, et la deuxième par les variables rorqual à bosse et dispersion.

Discussion

Limites et considérations

Bien que l'étendue temporelle de cette base de données soit exceptionnelle, il est important de rappeler que l'échantillonnage portait sur les activités d'observation en mer et ne représente pas un inventaire des mammifères marins. Les espèces de mammifères marins qui fréquentent l'estuaire ont des patrons variables de répartition et d'utilisation de l'habitat (Doniol-Valcroze et collab., 2007; Lemieux Lefebvre et collab., 2012; Martins, 2012; Sergeant, 1977), et la présente étude ne couvre qu'une partie de leur aire de répartition. Les résultats des analyses présentées dans cet article ne peuvent donc pas être extrapolés sur l'ensemble du territoire du parc marin et encore moins pour l'estuaire du Saint-Laurent. Cependant, à l'intérieur du territoire couvert, le portrait des espèces ciblées semble bien refléter la disponibilité de ces espèces pour l'observation.

Le suivi des AOM a été effectué à bord des bateaux d'excursion. L'emplacement géographique de chaque dénombrement (BOI) n'a pas été déterminé au préalable, mais reflète plutôt le territoire couvert par ces bateaux dans le cadre de leurs activités. De plus, la prise de données était organisée en blocs d'observation instantanés au lieu d'être en continu. Dans les analyses, nous nous sommes concentrés seulement sur l'espèce ciblée à chaque BOI en activité d'observation, même si plus d'une espèce pouvait être présente dans un même secteur (ou dans un rayon de 2 km du bateau utilisé pour la prise des

données) sans être ciblée. Michaud et collab. (1997; 2003; 2010) ont démontré que le type de bateau utilisé comme plateforme d'observation et le port d'attache peuvent avoir des effets sur les espèces ciblées. Ces études démontrent que le territoire utilisé varie selon la catégorie de bateau : pneumatiques à coque rigide (< 50 passagers) ou grands bateaux de plus de 50 passagers. Un bateau pneumatique au départ de Tadoussac peut explorer un territoire plus vaste qu'un grand bateau au départ du même port d'attache; sa vitesse de déplacement plus rapide va modifier sa stratégie d'observation (Chion, 2011) et donc, certaines des variables échantillonnées dans le cadre du suivi des AOM. Ces aspects réitérent l'importance d'avoir restreint la présente analyse aux données d'un seul type de bateau et port d'attache pour minimiser les sources de biais.

Le suivi des AOM dans le parc marin

Le suivi des AOM est essentiel pour la gestion de cette activité dans le parc marin. Initié en 1994, ce suivi a permis de constituer une base de données à long terme sur plusieurs aspects liés aux AOM ciblant les cétacés dans le parc et les eaux avoisinantes. Cette base de données constitue un outil de référence important pour documenter l'évolution de l'activité au fil du temps. Des études similaires ont été effectuées dans d'autres régions (p. ex., Bertulli et collab., 2015; Seely et collab., 2017) mais, à notre connaissance, le suivi des AOM dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent est le plus ancien parmi ce genre de suivis, et il est toujours en cours. De plus, le

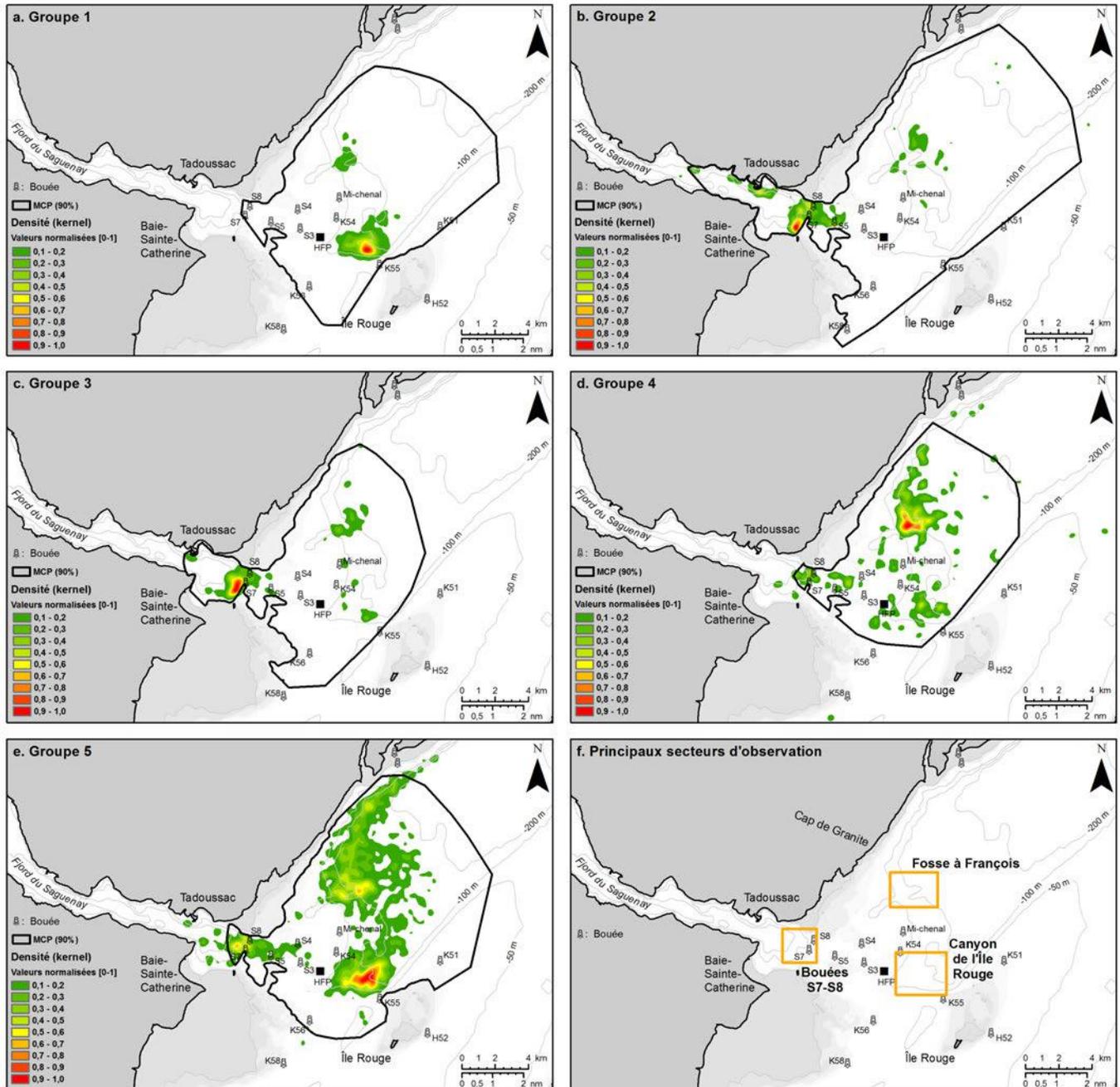


Figure 5. Emplacement du centre d'activité (densité par la méthode du noyau) lors des blocs d'observation instantanés en activité d'observation de cétacés pour chaque groupe d'années (panneaux a à e) identifié dans l'analyse de groupement pour les excursions échantillonnées à bord de grands bateaux (>50 passagers) au départ du quai de Tadoussac de 1994 à 2017. Panneau f: principaux secteurs d'observation identifiés. (MCP: polygone convexe minimum, HFP: Haut-fond Prince).

fait de caractériser l'activité en soi au lieu d'une espèce (p. ex., Bertulli et collab., 2015) ou un aspect quelconque lié aux AOM (p. ex., Seely et collab., 2017) valorise davantage cet ensemble de données.

L'objectif de la présente étude était de documenter l'évolution des espèces ciblées par les AOM de 1994 à 2017. Comme l'analyse présentée ici l'a bien démontré, l'espèce cible a varié au fil du temps. L'analyse de groupement a permis

d'identifier des années similaires (ou années types), qui se différencient par l'assemblage d'espèces et par l'utilisation du territoire au cours de la saison estivale. Les résultats indiquent également des fluctuations dans l'assemblage d'espèces de cétacés utilisant la tête du chenal Laurentien au fil du temps. Le pourcentage du temps passé en observation, indépendamment de l'espèce ciblée, est demeuré stable autour de 38,7 % ($\pm 4,5$) au cours des 24 ans. Cette stabilité indique

que le profil d'excursion des compagnies et des bateaux choisis (c.-à-d. la proportion de temps consacrée à la recherche et à l'observation de cétacés) n'a pas changé significativement.

Changement majeur observé pour le rorqual commun

L'évolution des espèces ciblées par les AOM démontre clairement qu'il y a eu un changement majeur à partir de 2001 à l'égard de l'observation du rorqual commun. Non seulement le pourcentage de temps passé en observation du rorqual commun a diminué de façon marquée, mais la densité locale de l'espèce sur les sites d'observation a également fortement diminué. Même si le rorqual commun a été l'espèce la plus ciblée pour certaines années après 2001, la densité locale pour ces années est demeurée en dessous de la moyenne de la période. Le suivi effectué à bord des bateaux d'excursion avant la période couverte par la présente étude avait également identifié le rorqual commun comme principale cible des excursions de 1985 à 1992 (GREMM, données non publiées). Malgré les différences entre les protocoles d'échantillonnage, des densités locales moyennes de rorquals communs comparables à celles des années 1995-1999 ont été observées pour la période 1985-1992 (GREMM, données non publiées). Le changement détecté dans la proportion du temps passé en observation du rorqual commun par les grands bateaux d'excursion au départ de Tadoussac de 1994 à 2017 semble donc refléter un véritable changement dans l'abondance ou la répartition de l'espèce à la tête du chenal Laurentien pendant la période estivale, ou les deux. Ce changement avait déjà été noté (Michaud et collab., 2003), et la présente analyse vient démontrer que la tendance s'est poursuivie. Plus en aval, dans le détroit de Jacques-Cartier, l'analyse des données de photo-identification de la Station de recherche des Îles de Mingan a également fait ressortir une réduction dans l'abondance et le taux de survie des rorquals communs de 2004 à 2010 (Ramp et collab., 2014). Les auteurs expliquent la réduction dans l'abondance soit par une baisse de la fréquentation du secteur, soit par une hausse de la mortalité, soit par une combinaison de ces facteurs.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour tenter d'expliquer les changements observés à la tête du chenal Laurentien. Une première hypothèse est que le changement dans la fréquentation de ce secteur par les rorquals communs serait lié à une modification de l'écosystème. Des analyses indiquent que des changements importants dans l'écosystème du Saint-Laurent sont, entre autres, survenus à la fin des années 1990, plus particulièrement dans la température de l'eau, la durée et l'amplitude du couvert de glace hivernal et la disponibilité de proies potentielles (poissons démersaux et pélagiques) (Galbraith et collab., 2015; Plourde et collab., 2014). C'est notamment pour mieux comprendre l'effet de la variabilité des proies sur la fréquentation et l'abondance des mammifères marins qu'un suivi systématique de la répartition et de l'abondance des proies par hydroacoustique a été initié en 2009, par Parcs Canada, sur la portion de l'estuaire maritime du parc marin. Les résultats préliminaires de ce suivi des

proies indiquent d'ailleurs une grande variabilité intra- et intersaisonnière de l'abondance et de la distribution des proies (Parcs Canada, données non publiées). Entre autres, l'arrivée massive du sébaste (*Sebastes* sp.), observée depuis 2013 grâce à ces suivis hydroacoustiques représente un changement important de l'assemblage des espèces dans la colonne d'eau. Le rétablissement de la population du sébaste, aussi démontré pour le golfe du Saint-Laurent (Bourdages et collab., 2016), pourrait influencer l'abondance de krill. L'abondance de krill ainsi que la disponibilité des poissons pélagiques dans l'écosystème ont forcément des répercussions sur la fréquentation et la rétention des grands rorquals dans le secteur.

Des modifications dans les patrons de distribution spatio-temporelle des espèces de cétacés face aux changements dans les écosystèmes sont en cours, et des mesures adaptées de gestion des activités anthropiques pouvant avoir un impact sur les cétacés devront être envisagées pour répondre à ces changements. De tels changements pourraient d'ailleurs être à l'origine de l'augmentation marquée de la mortalité des baleines noires de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) en 2017 dans le golfe du Saint-Laurent (Daoust et collab., 2017), qui a forcé l'adoption de mesures de gestion extraordinaire du trafic maritime (Transport Canada, 2017). De plus, ces modifications pourraient les exposer davantage à des activités anthropiques. L'arrivée hâtive des grands rorquals dans le golfe du Saint-Laurent, qui a été associée à la diminution hâtive de la couverture de glace, pourrait, par exemple, accroître leur exposition à la pêche aux crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) (Ramp et collab., 2015). Au début de juin 2013, on a signalé qu'un rorqual commun, connu dans le secteur du parc marin sous le nom de Capitaine Crochet, était empêtré dans un engin de pêche aux crabes. Il n'a jamais été revu depuis. Ces exemples soulignent également le besoin d'établir de bons indicateurs sur l'état de l'écosystème ainsi que des suivis permettant d'identifier ces changements dans un délai raisonnable, afin de pouvoir agir en conséquence (p. ex., Gregr et collab., 2013; Taylor et collab., 2007).

Une deuxième hypothèse avancée pour expliquer le changement ici observé serait liée aux conséquences des activités de navigation. Une étude sur le portrait du trafic maritime dans le parc a estimé à plus de 50 000 le nombre de transits du 1^{er} mai au 31 octobre 2007, dont environ 25 % correspondent à l'activité d'observation en mer des cétacés (Chion et collab., 2009). Les activités de navigation sont largement reconnues comme une menace pour les cétacés, et leurs conséquences peuvent être majeures pour les espèces en péril ou pour des individus d'une espèce qui fréquentent des secteurs de manière récurrente. Elles sont d'ailleurs identifiées comme une menace au rétablissement de la population du rorqual commun de l'Atlantique Nord, une espèce au statut préoccupant selon l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril au Canada (MPO, 2017). Les effets sont à la fois directs (collisions; Laist et collab., 2001) ou indirects (bruit sous-marin; Weilgart, 2007). Ils peuvent avoir des effets à court ou

à long terme (Bejder et collab., 2006; Lusseau et Bejder, 2007) et peuvent être cumulatifs (Senigaglia et collab., 2016).

Dans le Saint-Laurent, de nombreux individus de différentes espèces présentent des marques de collision avec des navires (MICS et GREMM, données non publiées). La proportion exacte d'animaux touchés est toutefois inconnue, tout comme le taux de collision mortelle. L'impact direct du trafic maritime est difficile à quantifier, car la plupart des collisions ne sont pas signalées (Waerebeek et collab., 2007). Depuis quelques années, la sensibilisation des usagers du parc marin s'est accrue et Parcs Canada collige, depuis 1992, tous les rapports d'incidents de collisions et de blessures fraîches avec les mammifères marins (données partiellement publiées dans Laist et collab., 2001; Ménard et collab., 2007). À ce jour, un total de 73 cas ont été signalés, dont 22 impliquent le rorqual commun, l'espèce la plus touchée localement surtout avant les années 2000 (Parcs Canada, données non publiées). De 2004 à 2017, 29 carcasses de rorquals communs (15 en mer et 14 échouées sur le rivage) ont été signalées au Réseau Québécois d'Urgence pour les Mammifères Marins dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Sur ces 29 carcasses, 3 montraient des traces de collisions et 6 présentaient des traces de prise accidentelle (Réseau Québécois d'Urgence pour les Mammifères Marins, données non publiées). Ces chiffres sous-estiment probablement la réalité, puisque l'on considère généralement qu'une faible proportion des carcasses est détectée, examinée par des experts, ou les deux, et que la cause du décès est rarement déterminée en raison d'un manque de financement pour ce genre d'étude. Dans l'objectif de réduire les risques de collision mortelle dans le parc marin, des mesures de protection volontaires (réduction de vitesse, aire à éviter) développées en collaboration avec l'industrie maritime sont en place depuis 2013 (Parrott et collab., 2016). La poursuite des efforts pour déterminer les zones plus à risque pour les cétacés dans l'estuaire et accroître la sensibilisation des usagers est indispensable.

Au cours des derniers 24 ans, le volume du trafic maritime lié aux AOM a augmenté de façon importante. En 1993, on estimait le total de sorties en mer à l'intérieur du parc marin à 5 000 (Michaud et Gilbert, 1993), alors qu'en 1998, l'estimation était de 9 000 (C. Paquet, Service de Trafic et de Communication Maritime, comm. pers. dans Dionne, 2001) et qu'elle était d'environ 13 000 sorties en 2007 (Chion et collab., 2009), ce qui représente une augmentation d'environ 160 % de 1993 à 2007. Cette augmentation du trafic maritime a une répercussion directe sur le niveau du bruit sous-marin sur le territoire couvert par les AOM. Les connaissances sur les conséquences du bruit sous-marin ont beaucoup évolué dans les dernières années (Williams et collab., 2015a). Maintenant qu'il est reconnu comme une menace à la conservation des cétacés, des mesures de gestion pour réduire les conséquences du bruit sous-marin à différentes échelles sont envisagées (p. ex., MPO, en prép.; Williams et collab., 2015b). Au parc marin, cet enjeu a été ciblé comme prioritaire dans l'habitat de l'embouchure du Saguenay (Foisy et Désaulniers, 2011; PMSL,

2010), car il représente le lieu où le trafic maritime est le plus intense (Chion et collab., 2009) et est l'habitat le plus bruyant pour le béluga dans son aire de répartition (Gervaise et collab., 2012; McQuinn et collab., 2011; voir Ménard et collab., 2018).

Dans la transition de la chasse vers les activités d'observation en mer, la notion de dérangement était peu présente, mais le fait que l'observation des cétacés peut avoir des effets directs sur le comportement d'espèces ciblées est documenté depuis plus de 30 ans (voir Senigaglia et collab., 2016 pour une revue). Les conséquences à court terme incluent, entre autres, des modifications du patron respiratoire, du patron de déplacement et du comportement vocal (p. ex., Baker et Herman, 1989; Lesage et collab., 1999; 2017; Morete et collab., 2007); les effets à long terme peuvent inclure des diminutions du taux de survie (Lusseau et Bejder, 2007) et l'altération du patron de répartition (Schick et Urban, 2000). Chez le rorqual commun, notre connaissance sur les effets du dérangement par les activités en mer est encore limitée. À l'échelle mondiale, en raison de sa distribution en eaux plus profondes et plus loin des côtes, cette espèce est rarement la cible des AOM. Une étude menée dans le golfe du Maine dans les années 1980 a démontré que le rorqual commun, connu pour son déplacement rapide, aurait tendance à éviter l'interaction avec des bateaux d'excursion (Watkins, 1986). À l'échelle locale, les résultats du suivi télémétrique de 25 individus réalisés dans l'estuaire du Saint-Laurent de 1994 à 1996, suggèrent des modifications du comportement de plongée lors des interactions avec des bateaux (Michaud et Giard, 1997; 1998). Le dérangement causé par les AOM ne peut probablement pas à lui seul expliquer le déclin de la fréquentation du rorqual commun dans la tête du chenal Laurentien, mais on ne peut écarter l'hypothèse qu'il contribue au phénomène.

Analyse de groupement – les années types

L'analyse de groupement a permis d'identifier des groupes d'années ou années types au fil des 24 années du suivi des AOM. Ces groupes se caractérisent non seulement par la disponibilité des espèces cibles, mais aussi par l'utilisation du territoire. Trois secteurs d'observation de cétacés ressortent clairement de ces analyses : 1) le canyon de l'île Rouge, 2) la fosse à François en face du cap de Granite et 3) le secteur des bouées S7 et S8, dans l'embouchure du Saguenay. Chaque secteur est associé avec l'une des trois espèces les plus ciblées. Les activités d'observation des années des groupes 2 et 3, par exemple, lors desquelles le petit rorqual était l'espèce la plus ciblée, étaient concentrées dans l'embouchure du Saguenay près des bouées S7 et S8. Le petit rorqual est l'espèce de rorqual la plus abondante dans la portion de l'estuaire maritime du parc marin (Edds et Macfarlane, 1987; Martins, 2012). Comme il est très présent et souvent dans les mêmes secteurs que les autres espèces de *Balaenopteridae*, les capitaines d'excursions n'ont pas besoin de le cibler spécifiquement pour l'observer. Ainsi, le fait qu'il soit ciblé de façon récurrente, comme dans les années des groupes 2 et 3, est un bon indicateur de l'absence de grands rorquals dans le secteur. Lorsque ce type

d'année survient, il y a donc des répercussions à la fois pour l'industrie des AOM et dans cet habitat clé pour le béluga du Saint-Laurent, notamment à cause du niveau de bruit, car le temps de présence des bateaux est augmenté. La pression anthropique des bateaux d'excursion dans l'embouchure du fjord du Saguenay et le secteur des bouées, telle qu'identifiée dans les années du groupe 2 et 3, s'ajoute à la pression du trafic maritime déjà intense dans ce secteur.

Les fluctuations dans la fréquentation des espèces de cétacés dans le parc marin représentent un enjeu pour lequel les mesures de gestion ne sont pas évidentes et qui devrait être exploré davantage afin de limiter les effets des AOM, surtout sur les espèces en péril. Une étude récente menée dans le parc marin sur l'effet des excursions sur le rorqual bleu a démontré que son succès alimentaire est réduit en présence des bateaux d'excursion à moins de 400 m (Lesage et collab., 2017). Cela confirme l'importance du règlement (DORS/2002-76) pour la protection des espèces en péril et la pertinence de l'étendre au-delà des limites du parc marin.

La diversification des activités d'observation en mer, par la valorisation de l'observation du paysage et d'autres espèces de mammifères marins au cours des excursions, a été proposée comme un moyen de réduire la pression anthropique sur les cétacés, mais aussi d'améliorer l'offre de produits d'excursions de qualité et durables (Foisy et Désaulniers, 2011; Ménard et collab., 2011). La diversification des activités ne s'est toutefois pas encore reflétée dans les données plus récentes du suivi des AOM (Martins, 2016), bien qu'on y note une légère augmentation du temps passé en observation des pinnipèdes. Toutefois, même si cette augmentation peut refléter un effort de diversification de l'activité, elle est en partie expliquée par un déplacement des échoueries des phoques communs dans le fjord du Saguenay (Parcs Canada, données non publiées) et par l'arrivée, et la rétention, de gros groupes de phoques gris (*Halichoerus grypus*) à la tête du chenal Laurentien. La diversification des AOM est essentielle pour assurer leur pérennité (Foisy et Désaulniers, 2011; Ménard et collab., 2011); la continuité des efforts pour favoriser la diversification devrait donc être valorisée.

Même si l'industrie d'observation en mer dans l'estuaire du Saint-Laurent s'est développée en ciblant le rorqual commun, les capitaines des bateaux d'excursion font un effort pour montrer le plus d'espèces possible lors d'une même excursion, valorisant ainsi la diversité d'espèces qui caractérise le parc marin (Chion, 2011). Lorsque présents, le rorqual à bosse et le rorqual bleu représentent un grand intérêt pour les activités d'observation en mer. Le rorqual à bosse est très prisé pour ses comportements parfois spectaculaires et parce qu'il montre souvent la queue en plongeant, comportement fortement recherché. Le rorqual bleu, quant à lui, est ciblé à cause de sa rareté et de sa très grande taille. Historiquement, le nombre de rorquals à bosse est très faible dans la zone d'étude (Edds et Macfarlane, 1987). Depuis 1999, sa présence à l'intérieur du parc est moins rare (Michaud et collab., 2003), mais le nombre d'individus fréquentant la zone

demeure faible. Le rorqual bleu est également rare dans le secteur; il fréquente surtout la portion plus en aval de l'estuaire maritime du parc marin (p. ex., Doniol-Valcroze et collab., 2012; Martins, 2012). Le règlement pour les AOM dans le parc limite les distances d'approche (selon l'espèce également) ainsi que le nombre de bateaux dans un site d'observation, mais il ne limite pas l'aspect cumulatif des AOM. Des aspects comme l'abondance, la rareté ou l'attraction de certaines espèces devraient être pris en compte. La gestion durable de cette activité, qui repose sur la présence des baleines, mais également sur une image positive projetée par cette industrie auprès du public (Tittley, 1996), est essentielle à sa pérennité (p. ex., Higham et collab., 2014). Cette nécessité est logique d'un point de vue de préservation de la diversité des espèces dans une aire marine protégée, mais aussi du point de vue économique pour toute la région en périphérie du parc marin.

Conclusion

La présente analyse a mis en lumière les changements dans les espèces ciblées par les AOM, notamment le rorqual commun qui s'est maintenu comme principale espèce cible de 1994 à 2000 et vraisemblablement aussi, de 1985 à 1992. Malgré les limites de la méthodologie et de l'étendue du territoire d'étude, les variations des espèces ciblées présentées ici ont permis de montrer un changement depuis 2001. L'analyse de groupement a permis de mettre en lumière des patrons spatio-temporels des AOM et de définir des années types. D'autres études et analyses basées également sur des suivis systématiques devront être effectuées afin de dresser un portrait plus précis des patrons historiques de l'abondance et de la fréquentation du parc marin par les mammifères marins et, ainsi, de mieux comprendre les patrons identifiés ici. La continuité à long terme du suivi des AOM, concomitant à des suivis systématiques, permettra de mieux comprendre cet écosystème et d'assurer la gestion adaptative et durable de cette activité. La création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a joué un rôle essentiel pour la conservation de cet écosystème unique, notamment par le développement d'outils de gestion adaptés aux besoins locaux, grâce à la collaboration avec les usagers et à l'utilisation des meilleures connaissances disponibles. L'utilisation des divers outils de gestion, notamment pour rehausser la protection des habitats des mammifères marins, est primordiale pour que le parc puisse réaliser son mandat de conservation et d'éducation, tout en contribuant à la pérennité de cette activité économique importante pour la région.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les différentes compagnies d'excursion pour leur participation au suivi des AOM, tous les techniciennes et techniciens ayant participé au projet au fil des années, ainsi que les employés de Parcs Canada au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et du Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) pour leur participation, de différentes manières, à la mise en place de ce suivi. Les auteurs tiennent à remercier

tout particulièrement Suzan Dionne, de Parcs Canada, qui a joué un rôle clé pour instaurer ce suivi en collaboration avec le GREMM, ainsi que les membres de cette équipe dont Michel Moisan, Véronik de la Chenelière, Marie-Hélène d'Arcy et Sarah Duquette pour leur contribution essentielle au suivi des activités d'observation en mer dans le parc marin. ◀

Références

- BAKER, C.S. et L.M. HERMAN, 1989. Behavioral responses of summering humpback whales to vessel traffic experimental and opportunistic observations. National Park Service, Alaska Regional Office, Report/Paper Number: NPS/NR/TRS-89/01, 50 p.
- BEJDER, L., A. SAMUELS, H. WHITEHEAD et N. GALES, 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour*, 72 (5): 1149-1158.
- BERTULLI, C.G., M.J. TETLEY, E.E. MAGNÚSDÓTTIR et M.H. RASMUSSEN, 2015. Observations of movement and site fidelity of white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*) in Icelandic coastal waters using photo-identification. *Journal of Cetacean and Research Management*, 15: 27-34.
- BOURDAGES, H., C. BRASSARD, M. DESGAGNÉS, P. GALBRAITH, J. GAUTHIER, B. LÉGARÉ, C. NOZÈRES, E. PARENT et P. SCHWAB, 2016. Preliminary results from the groundfish and shrimp multidisciplinary survey in August 2015 in the Estuary and northern Gulf of St. Lawrence. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2016/004, 87 p.
- CALENGE, C., 2006. The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 19: 516-519.
- CALINSKI, T. et J. HARABASZ, 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 3 (1): 1-27.
- CHION, C., 2011. An agent-based model for the sustainable management of navigation activities in the Saint Lawrence Estuary. Thèse de doctorat, École de Technologie Supérieure, Montréal, 354 p.
- CHION, C., S. TURGEON, R. MICHAUD, J.-A. LANDRY et L. PARROTT, 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2007. Rapport présenté à Parcs Canada, 86 p.
- CORKERON, P.J., 2006. How shall we watch whales. Dans: LAVIGNE, D. M. (édit). *Gaining ground: in pursuit of ecological sustainability*. International Fund for Animal Welfare, p. 161-170.
- DAOUST, P.-Y., E.L. COUTURE, T. WIMMER et L. BOURQUE, 2017. Incident report: North Atlantic right whale mortality event in the Gulf of St. Lawrence, 2017. Collaborative report produced by: Canadian Wildlife Health Cooperative, Marine Animal Response Society and Fisheries and Oceans Canada, 224 p.
- DIONNE, S. (sous la direction de), 2001. Plan de conservation des écosystèmes du parc marin Saguenay-Saint-Laurent. Parcs Canada, parc marin Saguenay-Saint-Laurent, Québec, 538 p. Disponible en ligne à: <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Plan-de-conservation-des-ecosystemes-du-parc-marin-du-Sag-St-L-2001.pdf>.
- DORS/2002-76. Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent Canada Gazette, part II. 20/03/2017. <http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2002-76/>.
- DONIOL-VALCROZE, T., D. BERTEAUX, P. LAROUCHE et R. SEARS, 2007. Influence of thermal fronts on habitat selection by four rorqual whale species in the Gulf of St. Lawrence. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 207-216.
- DONIOL-VALCROZE, T., V. LESAGE, J. GIARD et R. MICHAUD, 2012. Challenges in marine mammal habitat modelling: evidence of multiple foraging habitats from the identification of feeding events in blue whales. *Endangered Species Research*, 17 (3): 255-268.
- EDDS, P. et J. MACFARLANE, 1987. Occurrence and general behavior of balaenopterid cetaceans summering in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 65 (6): 1363-1376.
- [ESRI] ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2015. Spatial Analyst, 3D Analyst. ArcGIS version 10.3.
- FOISY L. et J. DÉSAULNIERS, 2011. Plan de gestion des activités en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Patrimoine canadien, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 54 p. http://parcmarin.qc.ca/wp-content/uploads/2016/03/Parc_marin_2011_Plan_de_gestion_des_activites_en_mer.pdf.
- GALBRAITH, P.S., J. CHASSÉ, P. NICOT, C. CAVERHILL, D. GILBERT, B. PETTIGREW, D. LEFAIVRE, D. BRICKMAN, L. DEVINE et C. LAFLEUR, 2015. Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2014. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document, 2015/032, v + 82 p.
- GERVAISE, C., Y. SIMARD, N. ROY, B. KINDA et N. MÉNARD, 2012. Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay-St. Lawrence Marine Park hub. *Journal of the Acoustical Society of America*, 132: 76-89. doi:10.1121/1.4728190.
- GREGG, E.J., M.F. BAUMGARTNER, K.L. LAIDRE et D.M. PALACIOS, 2013. Marine mammal habitat models come of age: the emergence of ecological and management relevance. *Endangered Species Research*, 22: 205-212. doi:10.3354/esr00476.
- HARTIGAN, J.A. et M.A. WONG, 1979. A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics*, 28: 100-108.
- HIGHAM, J., L. BEJDER et R. WILLIAMS, 2014. *Whale-watching: Sustainable tourism and ecological management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 387 p.
- HOYT, E. et E.C.M. PARSONS, 2014. The whale-watching industry: Historical development. Dans: HIGHAM, J., L. BEJDER et R. WILLIAMS (édit). *Whale-watching: Sustainable tourism and ecological management*, Cambridge University Press, p. 57-70.
- [IFAW] INTERNATIONAL FUND FOR ANIMAL WELFARE, 1995. Report of the workshop on the scientific aspects of managing whale watching, Montecastello Di Vibio, Italy, 30 March - 4 April 1995, International Fund for Animal Welfare, Crowborough, East Sussex, England, 45 p.
- LAIST, D.W., A.R. KNOWLTON, J.G. MEAD, A.S. COLLET et M. PODESTA, 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17 (1): 35-75.
- LEMIEUX Lefebvre, S., R. MICHAUD, V. LESAGE et D. BERTEAUX, 2012. Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. *Marine Ecology Progress Series*, 450: 243-257.
- LESAGE, V., C. BARRETTE, M. KINGSLEY et B. SJARE, 1999. The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River estuary, Canada. *Marine Mammal Science*, 15 (1): 65-84.
- LESAGE, V., A. OMRANE, T. DONIOL-VALCROZE et A. MOSNIER, 2017. Increased proximity of vessels reduces feeding opportunities of blue whales in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Endangered Species Research*, 32: 351-361.
- LUSSEAU, D. et L. BEJDER, 2007. The long-term consequences of short-term responses to disturbance experiences from whalewatching impact assessment. *International Journal of Comparative Psychology*, 20 (2): 228-236.
- LYNAS, E.M., 1990. St. Lawrence whale research and regional economic development. Pour l'avenir du Béluga: Compte rendu du Forum International pour l'avenir du béluga. Presses de l'Université du Québec, Québec, p. 147-160.
- MAEHLER, M., P. ROUSSEUW, A. STRUYF, M. HUBERT et K. HORNIK, 2016. Cluster: Cluster analysis basics and extensions. R package version 2.0.5.
- MARTINS, C.C.A., 2012. Study of baleen whales' ecology and interaction with maritime traffic activities to support management of a complex socio-ecological system. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, 236 p.

- MARTINS, C.C.A., 2016. Les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et en périphérie: Portrait 2011-2015; Évolution de l'activité 1994-2015; Espèces en péril. Rapport final, Tryphon Océans, Tadoussac, Québec, présenté à Parcs Canada et au Groupe de Recherche et Éducation sur les Mammifères Marins (GREMM), 67 p + iii annexes.
- MCQUINN, I.H., V. LESAGE, D. CARRIER, G. LARRIVÉE, Y. SAMSON, S. CHARTRAND, R. MICHAUD et J. THERIAULT, 2011. A threatened beluga (*Delphinapterus leucas*) population in the traffic lane: Vessel-generated noise characteristics of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park, Canada. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130: 3661-3673.
- MÉNARD, N., M. PAGÉ, V. BUSQUE, I. CROTEAU, R. PICARD et D. GOBEL, 2007. Rapport sur l'état du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent 2007. Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, Tadoussac, Québec, ISBN: 978-0-662-07782-4, 65 p. + annexes. http://parcmarin.qc.ca/wp-content/uploads/2016/04/Summary_State_of_the_marine_park_report_2007_web-1.pdf.
- MÉNARD, N., V. DE LA CHENELIÈRE, N. BERGERON et J.-L. PROVANCHER. 2011. L'observation des baleines dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Guide des pratiques écoresponsables pour les capitaines/naturalistes en mer. Édition 2011, Alliance Éco-Baleine, Québec, 27 p. http://www.eco-baleine.ca/pdf/Guide_ecoresponsable2011.pdf.
- MÉNARD, N., M. CONVERSANO et S. TURGEON, 2018. La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent: bilan et considérations sur les besoins de conservation actuels. *Le Naturaliste canadien* 142 (2): 80-105.
- MICHAUD, R. et M.C. GILBERT, 1993. Les activités d'observation en mer des baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent; situation actuelle et problématique. Rapport présenté à Parcs Canada, GREMM, Tadoussac, Québec, 24 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_Gilbert_1993.pdf.
- MICHAUD, R., C. BÉDARD, M. MINGELBIER et M.-C. GILBERT, 1997. Les activités d'observation en mer des cétacés dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent 1985-1996: Une étude de la répartition spatiale des activités et des facteurs favorisant la concentration des bateaux sur les sites d'observation. Rapport final, GREMM, Tadoussac, Québec, 18 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_Giard_1997.pdf.
- MICHAUD, R., V. DE LA CHENELIÈRE et M. MOISAN, 2003. Les activités d'observation en mer des cétacés dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent 1994-2002: Une étude de la répartition spatiale des activités et des facteurs favorisant la concentration des bateaux sur les sites d'observation. GREMM, Tadoussac, conjointement avec le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, Québec, 16 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_al_2003.pdf.
- MICHAUD, R. et J. GIARD, 1997. Les rorquals communs et les activités d'observation en mer dans l'estuaire du Saint-Laurent entre 1994 et 1996: 1. Étude de l'utilisation du territoire et évaluation de l'exposition aux activités d'observation à l'aide de la télémétrie VHF. Projet réalisé dans le cadre d'une entente d'entreprise conjointe Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin (GREMM), ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, ministère des Pêches et Océans, ministère du Patrimoine canadien, Parcs Canada, 30 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_Giard_1997.pdf.
- MICHAUD, R. et J. GIARD, 1998. Les rorquals communs et les activités d'observation en mer dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent entre 1994 et 1996: 2. Évaluation de l'impact des activités d'observation en mer sur le comportement des rorquals communs. Projet réalisé dans le cadre d'une entente d'entreprise conjointe (Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin (GREMM), ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, ministère des Pêches et Océans, ministère du Patrimoine canadien, Parcs Canada, 22 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_Giard_1998.pdf.
- MICHAUD, R., M. MOISAN, V. DE LA CHENELIÈRE, S. DUQUETTE et M.-H. D'ARCY, 2010. Les activités d'observation en mer des mammifères marins (AO3M) dans l'estuaire du Saint-Laurent: zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent et parc marin du Saguenay–Saint-Laurent – Portrait 2005-2010. Rapport final, Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, Tadoussac, 34 p. http://gremm.org/docs/Michaud_et_al_2010.pdf.
- MORETE, M.E., T.L. BISI et S. ROSSO, 2007. Mother and calf humpback whale responses to vessels around the Abrolhos Archipelago, Bahia, Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, 9 (3): 241-248.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 p.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2017. Plan de gestion du rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), population de l'Atlantique au Canada. Série de Plans de gestion de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 41 p.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, en prép. Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent. Série de Plans d'action de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- O'CONNOR, S., R. CAMPBELL, H. CORTEZ et T. KNOWLES, 2009. Whale Watching Worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits, a special report from the International Fund for Animal Welfare, Yarmouth MA, USA, prepared by Economists at Large, 295 p.
- OKSANEN, J., F.G. BLANCHET, M. FRIENDLY, R. KINDT, P. LEGENDRE, D. MCGLINN, P.R. MINCHIN, R.B. O'HARA, G.L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M.H.H. STEVENS, E. SZOECIS et H. WAGNER, 2017. Vegan: Community Ecology Package, R package 2.4-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- PARROTT, L., CHION, C., TURGEON, S., MÉNARD, N., CANTIN, G. et R. MICHAUD, 2016. Slow down and save the whales. *Solutions*, 6: 40-47.
- [PMSSL] PARC MARIN DU SAGUENAY–SAINT-LAURENT, 2010. Plan directeur du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, Québec, Québec, ISBN: 978-2-550-54335-0, 84 p. http://parcmarin.qc.ca/wp-content/uploads/2016/04/Saguenay-St_Lawrence_Marine_Park_Management_Plan_2010-1.pdf.
- PLOURDE, S., P. GALBRAITH, V. LESAGE, F. GRÉGOIRE, H. BOURDAGE, J.-F. GOSELIN, I. MCQUINN et M. SCARRATT, 2014. Ecosystem perspective on changes and anomalies in the Gulf of St. Lawrence: a context in support to the management of the St. Lawrence beluga whale population. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2013/129, v + 29 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- RAMP, C., J. DELARUE, M. BÉRUBÉ, P.S. HAMMOND et R. SEARS, 2014. Fin whale survival and abundance in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Endangered Species Research*, 23 (2): 125-132.
- RAMP, C., J. DELARUE, P.J. PALSBOELL, R. SEARS et P.S. HAMMOND, 2015. Adapting to a warmer ocean—seasonal shift of baleen whale movements over three decades. *PLoS one*, 10 (3): p.e0121374. doi:10.1371/journal.pone.0121374.
- SCHICK, R. et D. URBAN, 2000. Spatial components of bowhead whale (*Balaena mysticetus*) distribution in the Alaskan Beaufort Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57 (11): 2193-2200.
- SEELY, E., R.W. OSBORNE, K. KOSKI et S. LARSON, 2017. Soundwatch: Eighteen years of monitoring whale watch vessel activities in the Salish Sea. *PLoS one*, 12 (12): p.e0189764. doi:10.1371/journal.pone.0189764.
- SERGEANT, D.E., 1977. Stocks of fin whales, *Balaenoptera physalus*, in the North Atlantic Ocean. Report of the International Whaling Commission, 27: 460-473.
- SENIGAGLIA, V., F. CHRISTIANSEN, L. BEJDER, D. GENDRON, D. LUNDQUIST, D.P. NOREN, A. SCHAFFAR, J.C. SMITH, R. WILLIAMS, E. MARTINEZ, K. STOCKIN et D. LUSSEAU, 2016. Meta-analyses of whale-watching impact studies: comparisons of cetacean responses to disturbance. *Marine Ecology Progress Series*, 542: 251-263. doi:10.3354/meps11497.

- SILVERMAN, B.W., 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman et Hall, Londres, 175 p.
- SIMARD, Y., 2009. Le Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent: Processus océanographiques à la base de ce site unique d'alimentation des baleines du Nord-Ouest Atlantique. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 (2): 177-197.
- SIMARD, Y., N. ROY, S. GIARD et M. YAYLA, 2014. Canadian year-round shipping atlas for 2013: Volume 1, East Coast marine waters. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 3091 (1), xviii + 327 p.
- STAMATION, K.A., D.B. CROFT, P.D. SHAUGHNESSY, K.A. WAPLES et S.V. BRIGGS, 2010. Behavioral responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale-watching vessels on the southeastern coast of Australia. *Marine Mammal Science*, 26: 98–122.
- TAYLOR, B.L., M. MARTINEZ, T. GERRODETTE, J. BARLOW et Y.N. HROVAT, 2007. Lessons from monitoring trends in abundance of marine mammals. *Marine Mammal Science*, 23 (1): 157-175.
- TITLEY, L., 1996. Profil de l'industrie des Croisières-Excursions au Québec en 1996. Association des croisières-excursions du Québec, 41 p. + annexes.
- TRANSPORT CANADA, 2017. Mesures prises par le gouvernement du Canada concernant les baleines noires de l'Atlantique Nord, document d'information. https://www.canada.ca/fr/transports-canada/nouvelles/2017/08/mesures_prises_par_le_gouvernement_du_canada_concernant_les_baleines_noires.html. [Visité le 2017-12-12].
- WAEREBEEK, K.V., A.N. BAKER, F. FÉLIX, J. GEDAMKE, M. IÑIGUEZ, G.P. SANINO, E. R. SECCHI, D. SUTARIA, A. VAN HELDEN et Y. WANG, 2007. Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere, an initial assessment. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 6 (1): 43-69.
- WATKINS, W. A., 1986. Whale reactions to human activities in Cape Cod waters. *Marine Mammal Science*, 2 (4): 251-262.
- WEILGART, L. S., 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology*, 85 (11): 1091-1116.
- WILLIAMS, R., A.J. WRIGHT, E. ASHE, L.K. BLIGHT, R. BRUINTJES, R. CANESSA, C.W. CLARK, S. CULLIS-SUZUKI, D.T. DAKIN, C. ERBE, P.S. HAMMOND, N.D. MERCHANT, P.D. O'HARA, J. PURSER, A.N. RADFORD, S.D. SIMPSON, L. THOMAS et M.A. WALE, 2015a. Impacts of anthropogenic noise on marine life: Publication patterns, new discoveries, and future directions in research and management. *Ocean & Coastal Management*, 115: 17-24. doi:10.1016/j.ocecoaman.2015.05.021.
- WILLIAMS, R., C. ERBE, E. ASHE et C.W. CLARK, 2015b. Quiet(er) marine protected areas. *Marine Pollution Bulletin*, 100 (1): 154-161.

La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent: bilan et considérations sur les besoins de conservation

Nadia Ménard, Manuela Conversano et Samuel Turgeon

Résumé

Les principales initiatives réalisées de 1978 à 2018 pour définir et protéger l'habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent sont présentées. Malgré ces efforts, l'état de la population s'est détérioré depuis 20 ans : celle-ci est en déclin, la proportion de jeunes a diminué par un facteur d'environ 3, et la mortalité des veaux et des femelles est en hausse. Nous présentons ici des informations récentes sur la répartition spatiale des bélugas, de leurs proies et du trafic maritime dans la portion de l'habitat essentiel dans et autour du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Des considérations et des occasions pour mettre en place des approches spatiales pour favoriser une meilleure cohabitation entre les activités humaines et le béluga sont présentées. En complément aux actions déjà entreprises, 2 stratégies sont exposées favorisant son rétablissement : 1) la gestion des pêches pour tenir compte des besoins alimentaires du béluga et prévenir la remise en suspension de contaminants persistants par les engins de pêche; 2) la réduction du dérangement par la perturbation des activités vitales ou par le bruit dans l'habitat des femelles et des jeunes. L'accès aux proies clés et à des lieux de quiétude en été améliorerait la résilience de la population face aux dégradations de son habitat, dont celles résultant des changements climatiques.

MOTS CLÉS : approches spatiales de conservation, béluga du Saint-Laurent, protection de l'habitat, parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, trafic maritime

Abstract

The main initiatives undertaken between 1978 and 2018 to identify and protect the habitat of the St. Lawrence Estuary (Québec, Canada) beluga whale (*Delphinapterus leucas*) population are presented. Despite these efforts, over the past 20 years, the state of the population has deteriorated. Not only is it declining, but the proportion of young has dropped to approximately a third of what it was, and female and calf mortality has risen. Recent information on the spatial distribution of beluga whales, their prey and marine traffic in the critical habitat in and around the Saguenay–St. Lawrence Marine Park are provided. Considerations and opportunities to develop spatial approaches to promote better cohabitation between human activities and beluga whales are given. In addition to the actions already undertaken, two strategies are outlined to promote recovery of the population: 1) the management of fisheries to account for the dietary needs of beluga whales and to prevent the resuspension of persistent contaminants by fishing gear; and 2) the reduction of disturbance due to disruption of vital activities, or through noise, in habitat used by females and young. Access to key prey and quiet areas in summer would improve the resilience of the population to degradations of its habitat, including those resulting from climate change.

KEYWORDS: spatial approaches to conservation, habitat protection, maritime traffic, Saguenay–St. Lawrence Marine Park, St. Lawrence Estuary beluga whale population

Introduction

La conservation des habitats est un élément central à toute initiative de protection ou de rétablissement des espèces en péril pour mitiger les effets des activités anthropiques, que ce soit en milieu terrestre ou marin. Alors que les aires protégées en milieu terrestre visant la conservation de la faune existent depuis plus de 100 ans au Canada (le Parc national de Banff a été créé en 1885) et couvrent 10,5 % du territoire terrestre, l'expérience est beaucoup plus récente en matière d'aires marines protégées (AMP), qui couvrent 0,96 % du territoire marin (ECCC, 2017). La présence de la grande faune est à l'origine des premières aires protégées tant terrestres que marines au Canada. La protection des cétacés, notamment des populations désignées menacées ou en voie de disparition par le Comité sur la situation des espèces

Nadia Ménard est écologiste chef d'équipe pour Parcs Canada au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et s'intéresse particulièrement à l'utilisation des connaissances scientifiques pour la conservation des écosystèmes marins.

nadia.menard@pc.gc.ca

Manuela Conversano est biologiste et océanographe pour Parcs Canada au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et s'intéresse particulièrement aux méthodes de suivi des bélugas et à l'océanographie.

manuela.conversano@pc.gc.ca

Samuel Turgeon est cartographe et géographe pour Parcs Canada au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et s'intéresse particulièrement à l'analyse spatiale de données scientifiques pour supporter la conservation des écosystèmes marins.

samuel.turgeon@pc.gc.ca

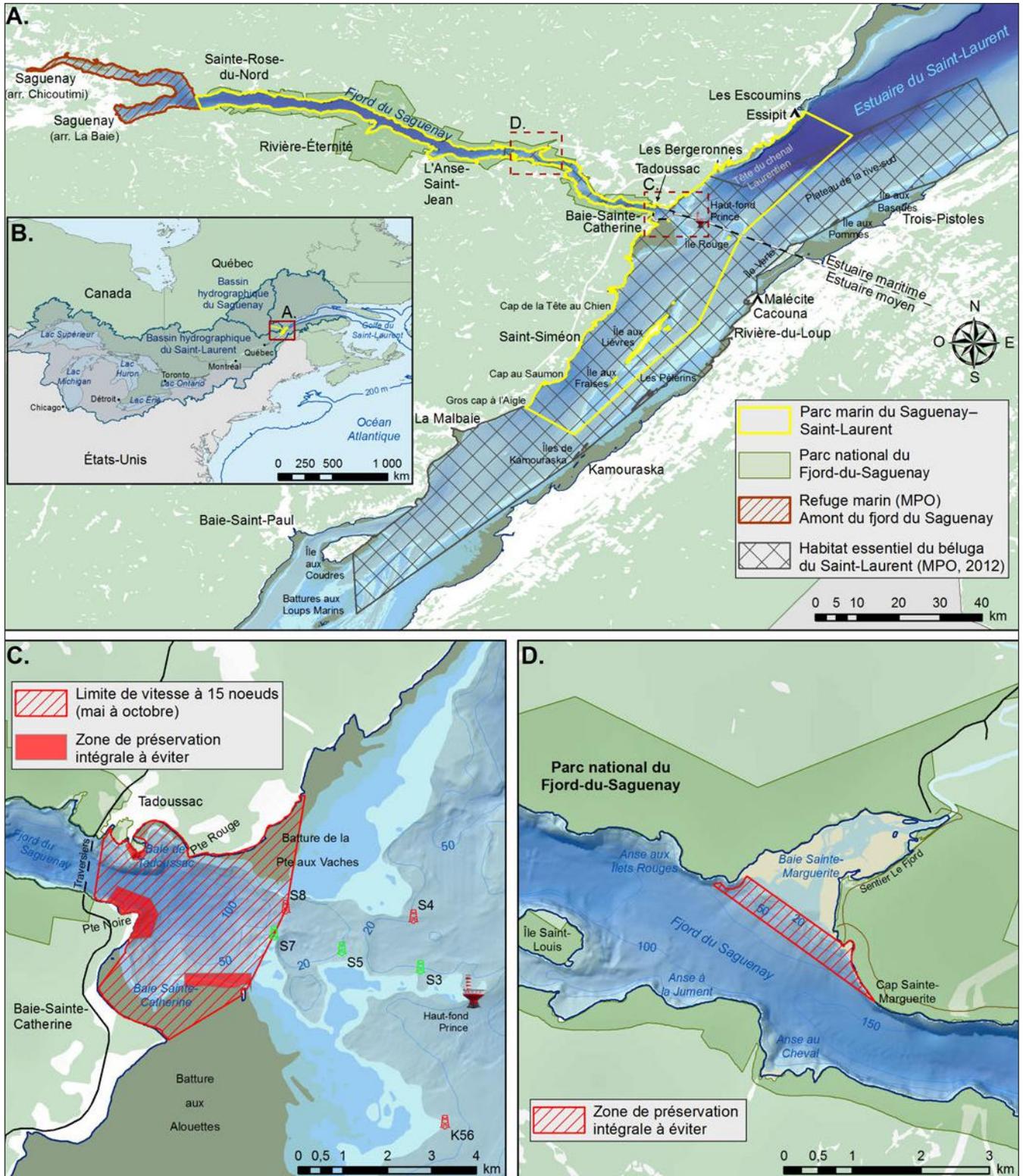


Figure 1. A) Carte du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent, du refuge marin en amont du fjord et des secteurs agrandis en C et D. B) Emplacement du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent dans le bassin hydrographique du Saint-Laurent. C) Secteur de l'embouchure du Saguenay et zone de limite de vitesse à 15 nœuds. D) Secteur de la baie Sainte-Marguerite et de la zone de préservation intégrale à éviter.

en péril au Canada (COSEPAC), est à la base de la création d'un réseau d'AMP au pays. L'histoire de l'établissement du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent en 1998, devenant l'une des premières AMP au Canada (figure 1), est en effet intimement liée à la volonté de la société de favoriser le rétablissement de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent (ESL).

Pour souligner le 20^e anniversaire de la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, le présent article fait un survol de la situation de la population de bélugas de l'ESL et présente un historique des principales initiatives visant à protéger son habitat. Certaines initiatives du passé sont revisitées à la lumière de la situation actuelle du béluga. En mettant un accent sur les connaissances scientifiques disponibles sur les portions de son habitat essentiel (figure 1A; MPO, 2012) à l'intérieur et en périphérie du parc marin, nous présentons ensuite une synthèse des connaissances récentes sur l'habitat essentiel dans une perspective de conservation. En particulier, nous examinons les éléments clés de l'exercice de caractérisation de l'habitat du béluga selon une approche écosystémique (Mosnier et collab., 2016; MPO, 2016a), qui couvre la portion estuaire du Saint-Laurent. La portion du fjord du Saguenay est complétée avec des données à plus fine échelle d'un suivi du béluga et du trafic maritime effectué à l'embouchure et à la baie Sainte-Marguerite (figure 1C et D) (Conversano et collab., 2017).

Nous proposons ensuite une discussion sur des considérations importantes à prendre en compte en matière de conservation des habitats du béluga de l'ESL. Les besoins de protection de cette population emblématique sont encore d'actualité et font l'objet de 3 initiatives axées sur les habitats : le projet de conservation et de restauration (CoRe) de Parcs Canada au parc marin, intitulé *Mieux cohabiter avec le béluga*; les travaux du Groupe bilatéral sur les aires marines protégées Canada-Québec (GBAMP); et le Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent (MPO, en préparation). L'objectif du présent article est d'alimenter ces activités vouées à progresser au cours des prochaines années.

Le béluga : porte-étendard des actions pour restaurer le Saint-Laurent

Décimée par la chasse, la population de bélugas de l'ESL passa d'un effectif initial estimé entre 7 800 et 10 000 individus en 1866, à environ 1 000 individus en 1985 (Hammill et collab., 2007; MPO, 2005; Reeves et Mitchell, 1984). À la fin des années 1970, la chasse au béluga était devenue socialement mal perçue (Sergeant et Hoek, 1988) et la population a été protégée de la chasse et du dérangement en 1979 par la Loi sur les Pêcheries de l'époque (Règlement concernant la protection du béluga).

Située à la limite sud de la répartition mondiale de l'espèce (Brodie, 1989) et vivant en permanence dans l'estuaire à mi-chemin entre les Grands Lacs et le golfe du Saint-Laurent (figure 1B), la population de bélugas de l'ESL a été exposée à toutes les pressions que peuvent exercer les activités humaines

sur les mammifères marins (voir MPO, 2012 pour une revue). En contrepartie, ses habitudes côtières, sa précarité et son apparence charismatique ont rendu le béluga visible dans l'espace public. En raison du fort capital de sympathie dont il bénéficie depuis les années 1980, le béluga devient le catalyseur de la demande citoyenne de restaurer les écosystèmes du Saint-Laurent. Ainsi, au cours des 40 dernières années, l'espèce est devenue un symbole de l'état de santé du Saint-Laurent et, dans une perspective plus large, une icône de la protection de l'environnement.

Vladykov (1944) a été le premier chercheur à décrire la répartition de la population de bélugas de l'ESL dans les années 1930, rapportant des concentrations estivales aux embouchures des rivières Saguenay et Manicouagan. La péninsule de Manicouagan a été cependant abandonnée par les bélugas dans les décennies qui suivirent (Pippard et Malcolm, 1978; Sergeant et Brodie, 1975). Une période de chasse intensive dans les années 1930 et 1940 (Reeves et Mitchell, 1984) aurait fort probablement réduit le nombre de bélugas dans ce secteur. Selon Sergeant et Brodie (1975), c'est à la suite des développements hydroélectriques de 1959 à 1978, qui auraient modifié les conditions écologiques du secteur, que le béluga aurait abandonné cette aire de concentration estivale. Ce constat a été l'un des éléments déclencheurs de la volonté de protéger ce qui restait de la population qui fréquentait encore l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay. C'est à la suite de travaux de recherche démontrant que le béluga était dans une situation précaire (Pippard, 1985a; Pippard et Malcom, 1978) que Léone Pippard devint l'instigatrice d'un mouvement pour la création du parc marin (Pippard, 1990; Pippard, 1991).

Lancé en 1988, c'est dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent (PASL) que le projet de créer un parc marin a connu un véritable envol. Le projet d'établir le parc marin était donc intégré dans une programmation d'actions globales ayant comme objectif l'amélioration de la restauration des écosystèmes du Saint-Laurent. Certains volets du PASL visaient spécifiquement la réduction des apports en contaminants, alors que l'établissement du parc marin visait la conservation de la biodiversité, et notamment du béluga. Le contrôle du dérangement visé par la création du parc marin était identifié comme un enjeu essentiel à la conservation de la population (Gouvernement du Canada et du Québec, 1989; Prescott et Gauquelin, 1990). Au milieu des années 1980, les excursions aux baleines et la navigation de plaisance étaient en plein essor. La volonté exprimée était de rehausser la protection du béluga, tout en s'assurant de la durabilité de ces activités économiques liées au tourisme et du rayonnement de la région. C'est donc au terme de plus de 20 ans de pressions venant du milieu régional, de consultations et de négociations que le parc marin a été créé en 1998 (Dionne, 2001; Maltais et Pelletier, 2018; Ménard et collab., 2007). Ainsi, le béluga peut être considéré comme une espèce « parapluie », car c'est l'ensemble des écosystèmes d'une partie représentative du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent qui s'est vu conférer le statut de protection par la création du parc marin.

Portrait de la situation de la population de bélugas du Saint-Laurent

Depuis l'arrêt de la chasse, la population de bélugas est restée stable jusqu'au début des années 2000 et aurait ensuite connu un déclin d'environ 1 % par année (Mosnier et collab., 2014). L'estimation la plus récente de la population, sujette à révision en raison du raffinement des facteurs de correction en cours (MPO, données non publiées), est de 889 individus (intervalle de confiance à 95 % : 672-1167 individus, Mosnier et collab., 2014). L'effectif actuel représenterait donc un faible pourcentage de la population estimée en 1866 qui aurait pu atteindre jusqu'à 10 000 bélugas (Hammill et collab., 2007; Mosnier et collab., 2014).

Les multiples menaces limitant l'accroissement de cette population, telles qu'identifiées au programme de rétablissement (MPO, 2012), agissent vraisemblablement de manière cumulative et synergique. Les 4 menaces les plus préoccupantes sont les contaminants; le dérangement anthropique; la réduction de l'abondance, de la qualité et de la disponibilité de proies; et les autres dégradations des habitats (MPO, 2012). À ceci viennent s'ajouter les effets des changements climatiques sur les écosystèmes du Saint-Laurent, qui pourraient profondément modifier les conditions de vie de cette espèce typiquement arctique (Galbraith et collab., 2015; MPO, 2012; Plourde et collab., 2014).

Malgré des efforts considérables réalisés au cours des 20 dernières années en matière de conservation (voir le bilan ci-dessous), l'état de la population s'est dégradé : sa tendance est en déclin (Mosnier et collab., 2014), la proportion de jeunes a diminué par un facteur d'environ 3 entre les années 1990 (15,1 à 17,8 % de jeunes) et les années 2000 (3,3 à 8,4 % de jeunes), et la mortalité des veaux et des femelles, dont 15 % sont attribuées aux dystocies et complications post-partum, est en hausse depuis la dernière décennie (Lair, 2016; Lair, 2017; Lair et collab., 2014). Les dystocies (difficulté à donner naissance) sont un phénomène nouveau dans cette population (Lair et collab., 2014). L'examen des carcasses de bélugas depuis 1983 indique que les adultes meurent plus jeunes depuis 2000 et que les femelles sont responsables de cette tendance (Lesage et collab., 2014). Conséquemment, la mortalité des veaux dépendants aurait augmenté au cours des dernières années (Lair et collab., 2014). La diminution de la proportion des jeunes individus dans la population et la perte de femelles reproductrices compromettraient ainsi l'accroissement de la population.

Les événements de mortalité accrue de veaux de 2008, 2010 et 2012, alors que le nombre de veaux annuellement rapporté était de 3 à 5 fois celui observé auparavant (Lesage et collab., 2014), ont eu l'effet de drapeaux rouges signalant que la population était en situation plus précaire que ne l'indiquaient les connaissances disponibles. Un important exercice (MPO, 2014a) a déclenché la révision du statut de la population, qui est passée de menacée à en voie de disparition (COSEPAC, 2014). La tendance observée depuis 2008, qui suggère une diminution du taux de survie des veaux dans cette population ainsi qu'un taux de mortalité plus élevé chez les femelles

adultes, s'est poursuivie au cours des dernières années (Lair, 2016; Lair 2017; Lair, 2018).

Bilan des mesures de conservation des habitats

Le tableau 1 présente une chronologie des principales études sur la répartition spatiale, les initiatives et les mesures de gestion visant la protection de l'habitat du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent à partir de 1978, lors de la publication des premiers travaux de Pippard et Malcom (1978) pour le compte de Parcs Canada, jusqu'en 2018. Il permet de constater l'ampleur des efforts réalisés sur une période de 40 ans pour la conservation des habitats du béluga. Notamment, 3 des 4 menaces à préoccupation élevée citées précédemment (contamination, dérangement et autres modifications de l'habitat) (MPO, 2012) sont prises en compte par : la réduction des apports de contaminants toxiques (Lebeuf et collab., 2014) dans le cadre du PASL (1988 et phases subséquentes); l'adoption du Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent¹ (RAM) en 2002 et sa révision en 2017; l'interdiction de toute activité pétrolière et gazière dans le Saint-Laurent en amont de l'île d'Anticosti en 2011 en vertu de la Loi limitant les activités pétrolières et gazières². Une mesure de gestion des pêches interdisait déjà l'utilisation de chaluts à panneaux pour éviter la remise en suspension des contaminants dans les sédiments dans une zone en amont du fjord du Saguenay, adjacente au parc marin. En 2017, le MPO a désigné cette zone comme « refuge marin ». Ce refuge marin permet de protéger certaines proies du béluga qui peuvent se développer dans cette portion du fjord du Saguenay, où la présence de frayères de capelan et d'éperlan a été documentée (Lesueur 2004). Outre cette dernière mesure de gestion, la menace de réduction de l'abondance, de la qualité et de la disponibilité de proies pour le béluga n'a pas été spécifiquement traitée. Par exemple, le projet de Zone de protection marine (ZPM) dans l'estuaire du Saint-Laurent, dont les objectifs de conservation sont la protection de mammifères marins et de leurs proies, ne s'est pas encore concrétisé. De plus, malgré la suggestion de Plourde et collab. (2014) indiquant que la dégradation à long terme de l'habitat, en particulier quant à la disponibilité du hareng à l'échelle du GSL, pourrait contribuer à expliquer l'absence de rétablissement de cette population, la gestion des pêches au hareng dans le golfe du Saint-Laurent ne prend pas en compte les besoins alimentaires du béluga de l'ESL.

Bilan des approches spatiales visant à réduire le dérangement des bélugas

Puisque l'établissement du parc marin vise, entre autres, la réduction du dérangement résultant de la navigation, nous portons ici une attention particulière aux approches spatiales dont l'objectif est d'atténuer cette menace dans l'habitat du béluga. Le trafic maritime, particulièrement celui lié au tourisme,

1. DORS/2002-76. <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2002-76/index.html>

2. <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2011C13F.PDF>

Tableau 1. Chronologie des principales études, initiatives et mesures de gestion visant la protection de l’habitat du béluga de l’estuaire du Saint-Laurent de 1978 à 2018.

Année	Titre et auteurs	Portée
1978	Le beluga (<i>Delphinapterus leucas</i>) : observations sur sa distribution, sa population et ses habitats essentiels dans le Saint-Laurent et le Saguenay (Pippard et Malcolm)	Description de l’aire de répartition du béluga, identification des habitats considérés essentiels et premières recommandations de protection des habitats.
1985	Patterns of movement of St.Lawrence White Whales (Pippard)	Description des patrons de déplacement des bélugas et des variables environnementales pouvant les expliquer.
1986-1987	Plan de conservation des bélugas et autres cétacés du Saint-Laurent (MPO)	Mise en place de mesures volontaires pour exclure les bélugas et certains habitats des excursions aux baleines et des activités de plaisance.
1988-1990	Directive s’appliquant à l’observation des bélugas et des cétacés du Saint-Laurent (MPO)	
1991	Directive aux plaisanciers et capitaines de navires d’excursion pour prévenir tout dérangement et harcèlement des baleines (MPO)	
1990	Gouvernements du Canada et du Québec	Signature de l’entente Canada-Québec pour l’établissement du parc marin et délimitation de son territoire, donnant suite aux recommandations du Forum International pour l’avenir du béluga de 1988.
1988-1993	Plan d’action interministériel pour favoriser la survie du béluga du Saint-Laurent (MPO et EC)	Inscription de la création du parc marin dans les mesures pour prévenir le dérangement et dans le but de conserver une portion de l’habitat du béluga.
1993	Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent : synthèse 1986 à 1992 (Michaud)	Description de la répartition géographique estivale de la population et des différents types de troupeaux (selon leur composition en adultes et jeunes) et identification de 18 aires de fréquentation intensive.
1995	Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent (MPO et WWF)	Premier plan de rétablissement pour un mammifère marin au Canada. Actions critiques : identifier les endroits fréquentés par les bélugas et les protéger.
1998	Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Gouvernements du Canada et du Québec)	Entrée en vigueur des 2 lois (provinciale et fédérale) créant officiellement le parc marin. Interdiction de toute forme de prospection et d’exploitation des ressources aux fins de production minière ou énergétique (loi provinciale).
1998	Moratoire sur le nombre de permis d’accostage au quai de Baie-Sainte-Catherine (Parcs Canada)	Parcs Canada impose un moratoire sur le nombre de bateaux pouvant utiliser le quai pour les opérations régulières afin de limiter le trafic maritime à l’embouchure du Saguenay.
1998	Projet de zone de protection marine (ZPM) Estuaire du Saint-Laurent (MPO)	Initiation d’un projet de 6000 km ² adjacent au parc marin dont les objectifs de conservation sont la protection des mammifères marins et de leurs proies.
2000	La population de bélugas du Saint-Laurent est désignée menacée au Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats (Gouvernement du Québec)	Une fois les caractéristiques servant à identifier son habitat définies, le Québec pourra dresser un plan de protection de cet habitat.
2001	Plan de conservation des écosystèmes du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Dionne)	Priorités de conservation : secteurs affichant une fréquentation intensive d’espèces en péril, dont le béluga. Analyse servant à la définition du zonage du parc marin prévu dans les lois.
2002	Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (RAM) (Gouvernement du Canada)	Limitation du nombre de permis d’excursions en mer et définition des comportements à adopter, dont une distance de 400 m à respecter des mammifères marins menacés ou en voie de disparition, comme le béluga et le rorqual bleu.
2004-2005	Consultations publiques sur le projet de ZPM Estuaire du Saint-Laurent (MPO)	Examen du projet par le Groupe bilatéral sur les aires marines protégées Canada-Québec (GBAMP).
2005	Ateliers de travail multisectoriels sur la proposition de zonage du parc marin (Parcs Canada et Parcs Québec)	Consultations des intervenants régionaux sur la proposition de zonage.
2006-2007	Projet pilote béluga-baie Sainte-Marguerite (Parcs Canada et Parcs Québec)	Proposition de zonage de la baie avec les intervenants du milieu. Secteur à éviter sur une base volontaire.
2010	Plan directeur du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Gouvernements du Canada et du Québec)	Présentation du plan de zonage qui identifie des zones de préservation intégrales, dont la plupart correspondent à des aires de fréquentation intensive du béluga selon Michaud, 1993.
2010	Avis sur la désignation de l’habitat essentiel des bélugas du Saint-Laurent (<i>Delphinapterus leucas</i>) (MPO)	Avis scientifique sur l’utilisation et les caractéristiques de l’habitat pouvant être considérées dans le cadre de la désignation de l’habitat essentiel des bélugas du Saint-Laurent.
2010-2011	Formation de l’Alliance Éco-Baleine (Ménard et collab.)	Des entreprises d’excursions aux baleines, le GREMM, la Sépaq et Parcs Canada s’allient pour définir des pratiques écoresponsables pour l’observation des baleines dans le parc marin et renforcer la protection et la sensibilisation à l’égard du béluga.
2010	Secteur d’opération inclus dans les conditions de permis d’activité en mer au parc marin (Parcs Canada)	Spécification du secteur d’opération en amont de Petit-Saguenay dans les conditions de certains permis, afin d’éviter l’accroissement des excursions entre la baie-Sainte-Marguerite et l’embouchure du Saguenay.

M A M M I F È R E S M A R I N S

Année	Titre et auteurs	Portée
2011	Loi limitant les activités pétrolières et gazières (Gouvernement du Québec)	Interdiction de l'activité pétrolière et gazière dans le Saint-Laurent en amont de l'île d'Anticosti et sur les îles se trouvant dans cette section du Saint-Laurent. Les mammifères marins et le parc marin où ces activités sont déjà interdites ont été évoqués comme justification.
2011	A threatened beluga (<i>Delphinapterus leucas</i>) population in the traffic lane: Vessel-generated noise characteristics of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park (McQuinn et collab.)	Identification de l'embouchure du Saguenay comme le lieu le plus bruyant de l'habitat du béluga et de la rive sud de l'estuaire comme un lieu relativement silencieux. Les pneumatiques à coque rigide représentent la principale source de bruit dans le spectre audible estimé des bélugas. Leur contribution à la dégradation de l'habitat acoustique du béluga est importante, car ils circulent à proximité des bélugas et par leur nombre.
2012	Programme de rétablissement du béluga (<i>Delphinapterus leucas</i>), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada préparé en vertu de la Loi sur les espèces en péril au Canada (MPO)	Désignation de l'habitat essentiel du béluga comme étant l'aire de répartition estivale des groupes composés d'adultes accompagnés de nouveau-nés et de juvéniles.
2012	Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay-St. Lawrence Marine Park hub (Gervaise et collab.)	Les niveaux de bruit à l'embouchure du Saguenay excèdent le niveau ambiant naturel moyen 90 % du temps. Le jour, le potentiel de communication du béluga serait réduit à moins de 30 % de sa valeur normale dans des conditions de bruit naturelles, et il serait réduit à moins de 15 % pendant 25 % du temps.
2012	Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds (Lemieux-Lefebvre et collab.)	Identification de 28 aires de forte résidence (AFR) du béluga dans l'estuaire du Saint-Laurent et dans le Saguenay.
2013	Zones de préservation intégrales incluses dans les conditions de permis d'activité en mer au parc marin (Parcs Canada)	Interdiction d'accès aux zones de préservation intégrales (ex: la baie Sainte-Marguerite) aux des détenteurs de permis émis en vertu du RAM.
2014	Répercussions de la déviation du trafic maritime dans l'estuaire du Saint-Laurent sur le béluga (<i>Delphinapterus leucas</i>) (MPO)	Avis scientifique produit à la demande du Groupe de travail sur le transport maritime et la protection des mammifères marins (G2T3M) recommandant le passage des navires marchands dans le chenal Laurentien au nord de l'île Rouge afin de minimiser l'impact du bruit dans un secteur sensible, au sud de cette île, hautement fréquenté par les troupeaux de bélugas composés de femelles et de jeunes.
2016	Formation d'un groupe de travail estuaire (GTE) par le Groupe bilatéral sur les aires marines protégées Canada-Québec (GBAMP) (Gouvernements du Canada et du Québec)	Groupe de travail pour l'identification d'aires marines protégées dans l'estuaire du Saint-Laurent, où le béluga est une espèce prioritaire.
2016	Définition et caractérisation de l'habitat du béluga (<i>Delphinapterus leucas</i>) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique (Mosnier et collab.)	Utilise les données de 35 survols d'inventaire de la population effectués de 1990-2009 dans l'estuaire, exclut le Saguenay. Les analyses montrent qu'en été les bélugas peuvent se trouver dans la quasi-totalité de l'estuaire du Saint-Laurent, dans un réseau de 36 zones de concentration entre lesquelles ils peuvent se déplacer au cours d'une même journée.
2017	Modifications au Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent (Gouvernement du Canada)	Entrée en vigueur de nouvelles mesures de protection s'appliquant au béluga, dont la première mesure de protection spécifique à une aire de forte résidence du béluga: limite de 15 nœuds à l'embouchure du Saguenay du 1er mai au 31 octobre. Possibilité d'établir des secteurs d'exclusion temporaire, interdisant tout accès non autorisé. Obligation de naviguer à une vitesse entre 5 et 10 nœuds et maintenir un cap en présence de bélugas dans un rayon d'un demi-mille marin.
2017	Annnonce de l'intention des gouvernements de formaliser une entente de collaboration Canada-Québec pour l'établissement d'un réseau d'aires marines protégées au Québec (Gouvernements du Canada et du Québec). L'entente est signée en mars 2018	Poursuite des travaux du groupe de travail estuaire (GTE) ayant comme principal mandat de proposer des scénarios de conservation pour l'estuaire, où le béluga est une espèce prioritaire; répond à l'engagement du Plan directeur du parc marin de mettre sur pied un comité de travail sur l'agrandissement du parc marin pour évaluer les propositions du milieu.
2017	Une mesure de gestion des pêches qui interdit l'utilisation de chaluts à panneaux pour éviter la remise en suspension des contaminants dans les sédiments en amont du fjord du Saguenay, désigné comme étant un « refuge marin » (MPO)	Protection de l'habitat du béluga et évitement de la remise en suspension des contaminants présents dans les sédiments en amont du Saguenay et protection de certaines proies, notamment en protégeant les frayères à capelan et éperlan.
2017	Arrêté visant l'habitat essentiel du béluga (<i>Delphinapterus leucas</i>) population de l'estuaire du Saint-Laurent (MPO)	Interdiction, en vertu de la LEP, de toute destruction de l'habitat essentiel, mais pas des activités proprement dites.
2017	Caractérisation de l'utilisation de l'embouchure du Saguenay et de la baie Sainte-Marguerite par le béluga du Saint-Laurent et par le trafic maritime de 2003 à 2016. (Conversano et collab.)	Analyse des données d'observation terrestre et recommandations sur les mesures de gestion visant à réduire le dérangement dans ces aires de forte résidence du béluga.
En prép.	Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent (MPO)	Le bruit est identifié comme facteur pouvant détruire l'habitat essentiel du béluga. Objectif de réduire l'impact du bruit sur les mammifères marins en péril dans l'estuaire du Saint-Laurent et dans le Saguenay.
2018	Projet du programme CoRe (conservation et restauration): Mieux cohabiter avec le béluga (Parcs Canada)	Protéger et restaurer l'environnement sonore des habitats clés des baleines en péril dans le parc marin, en particulier le béluga, par des approches spatiales de conservation. En vertu du RAM, la baie Sainte-Marguerite devient le premier habitat du béluga où un secteur d'exclusion temporaire est établi en été.

à connu une croissance fulgurante au cours des 30 dernières années dans la région du parc marin (Chion et collab., 2009; Ménard et collab., 2014). Le dérangement anthropique résultant de la navigation est considéré comme l'une des causes possibles du déclin du béluga de l'ESL (MPO, 2014a). La principale préoccupation pour la population de bélugas à l'égard des activités récréotouristiques maritimes vient du fait qu'environ

75 % des sorties en mer (plaisance et excursions) s'effectuent en juillet et août, durant le pic de la période de mise bas et de soin des nouveau-nés (Gosselin et collab., 2007; Ménard et collab., 2014). Les nombreuses infrastructures d'accès nautiques, dont 8 marinas, 27 quais et une vingtaine de rampes de mises à l'eau de divers types situés en bordure de l'habitat essentiel rendent facilement accessibles les aires de forte résidence (AFR) du béluga.

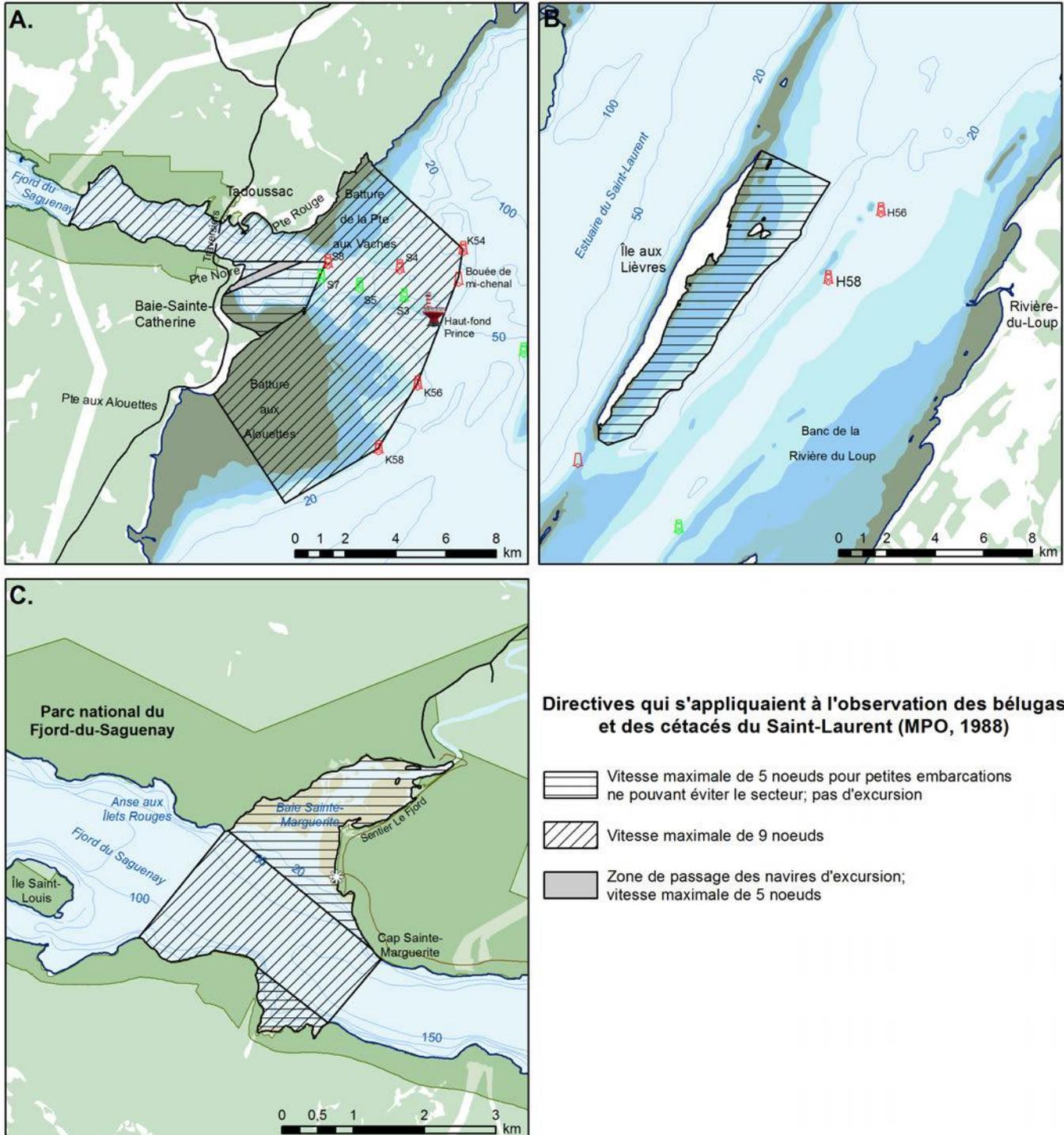


Figure 2. Directives qui s'appliquaient à l'observation des bélugas et des cétacés du Saint-Laurent dans le Plan de conservation des bélugas et autres cétacés du Saint-Laurent pour prévenir le dérangement du béluga (adapté de MPO, 1988).

En 1986, le ministère des Pêches et Océans publiait le « Plan de conservation des bélugas et autres cétacés du Saint-Laurent pour prévenir le dérangement du béluga » (MPO, 1986), comportant des limites de vitesse et des mesures volontaires pour exclure des excursions aux baleines les secteurs suivants : la baie Sainte-Marguerite, la baie Sainte-Catherine et un secteur au sud de l'île aux Lièvres (figure 2). Par la suite, la directive aux plaisanciers et capitaines de navires d'excursion pour prévenir tout dérangement et harcèlement des baleines (MPO, 1991) déterminait « des habitats critiques » où les excursions aux baleines seraient exclues, soit la baie Sainte-Catherine, la baie Sainte-Marguerite, l'anse Saint-Étienne et le sud de l'île aux Lièvres (figure 3). La directive délimitait également 17 « habitats estivaux », où toute embarcation ne pouvant les éviter devait circuler à une vitesse maximale de 5 nœuds et faire preuve d'une vigilance accrue. De plus, en 1991, on voyait l'ajout de directives pour favoriser l'observation à partir des sites terrestres de Pointe-Noire et de Cap-de-Bon-Désir.

Ces mesures volontaires ont graduellement été mises à l'écart au milieu des années 1990, à l'exception de celles visant à favoriser l'observation terrestre. La priorité à ce moment était de faire avancer le dossier d'établir le parc marin. L'ampleur du défi, considérant qu'il n'existait pas à l'époque de lois permettant aux gouvernements du Canada et du Québec de créer conjointement une aire marine protégée, était immense. Les limites du futur parc marin qui avaient été proposées en consultation publique ont été largement agrandies en 1993 dans l'estuaire moyen, passant de 750 à 1245 km². Cette augmentation de 40 % de la superficie permettait de couvrir une plus grande partie de l'habitat du béluga. Cependant, la portion d'estuaire adjacente à la rive sud n'était pas couverte, car la politique sur les aires marines nationales de conservation de Parcs Canada de l'époque y aurait interdit toute forme de chasse, activité prisée dans les marais de la rive sud pour la sauvagine.

Avec l'établissement du parc marin en 1998, la priorité a été mise sur l'encadrement des excursions en mer qui connaissaient un développement non contrôlé, qui pouvait nuire non seulement aux baleines mais à l'industrie elle-même (Tittely, 1996). Après l'adoption du Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (RAM) en 2002, – un outil unique au Canada, développé de concert avec les intervenants concernés pour répondre aux besoins

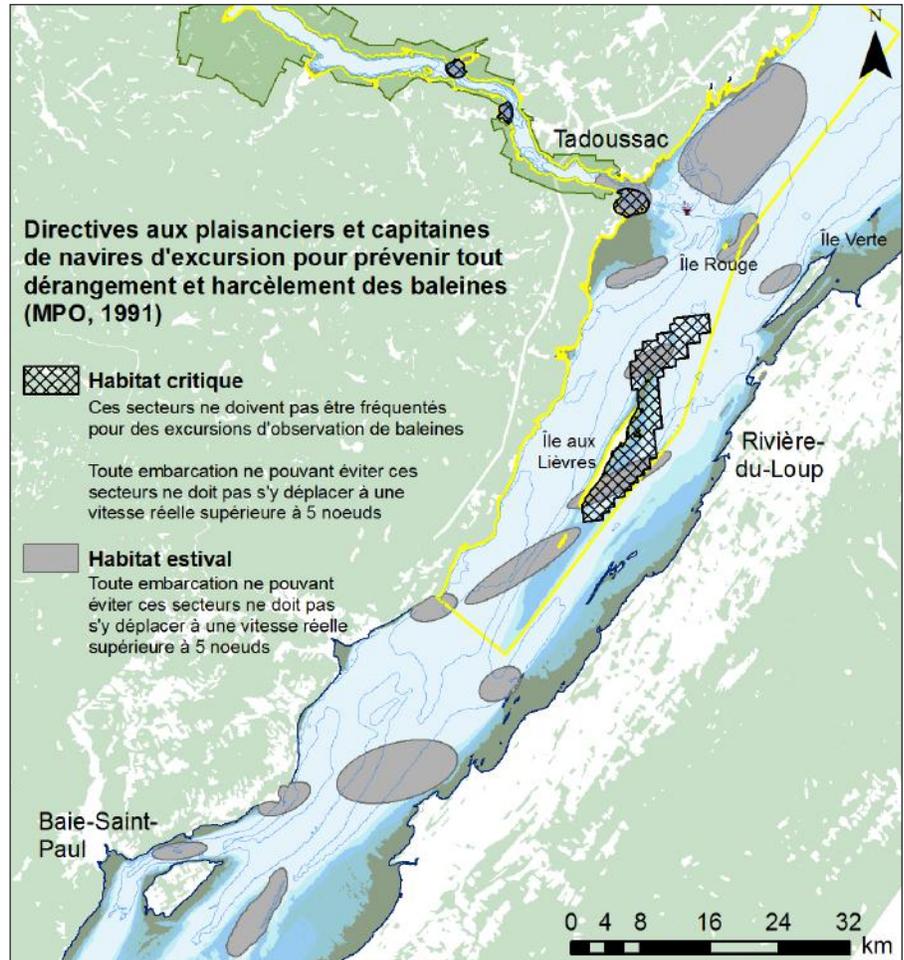


Figure 3. Directives qui s'appliquaient aux plaisanciers et capitaines de navires d'excursion pour prévenir tout dérangement et harcèlement des baleines (adapté de MPO, 1991).

locaux – le nombre de permis d'excursions dans le parc marin a été limité. De plus, la distance minimale à respecter de 400 m des espèces menacées ou en voie de disparition, comme le béluga, qui faisait partie d'une directive volontaire (MPO, 1991), a été formalisée légalement. Pour compléter les mesures réglementaires prévues au RAM, des entreprises d'excursion en mer, Parcs Canada, la Sépaq et le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) se sont unis en 2010 dans le cadre de l'Alliance Éco-Baleine afin de sensibiliser le public à la conservation et limiter les impacts des activités d'observation sur les baleines (Ménard et collab., 2011). Les membres de l'Alliance Éco-Baleines ont d'ailleurs fortement soutenu la mise en œuvre d'une campagne de sensibilisation visant à réduire le dérangement du béluga, déployée en 2015 par Pêches et Océans Canada et Parcs Canada de concert avec des partenaires régionaux.

Malgré les gains majeurs en matière de conservation apportés par le RAM de 2002, celui-ci ne comportait pas de mesures visant à prévenir le dérangement dans des habitats spécifiques. C'est par le biais du zonage du parc marin, en développement de 2005 à 2010, que la protection des habitats

devait se réaliser (figure 4). Les zones de préservation intégrale, auxquelles tout accès devait être interdit advenant l'adoption d'un règlement sur le zonage, correspondent pour la plupart à des aires de fréquentation intensive du béluga identifiées par Michaud (1993). La baie Sainte-Marguerite, en raison de son importance pour le béluga et les communautés côtières, a fait l'objet d'un projet pilote en 2006-2007 pour définir un zonage spécifique avec les intervenants du milieu. Un secteur à éviter sur une base volontaire par les excursionnistes, les plaisanciers et les kayakistes rappelait les mesures qui avaient été mises en place par le ministère des Pêches et Océans (MPO) de 1986 à 1993. En 2013, toutes les zones de préservation intégrale délimitées au plan de zonage (3% de la superficie du parc) sont devenues des zones d'exclusion obligatoire dans les conditions des permis d'entreprises opérant dans le parc marin. Bien que, pour certaines de ces zones, l'objectif ait été de prévenir le dérangement du béluga par la présence physique des embarcations, l'atténuation du bruit n'était pas spécifiquement considérée. Cet enjeu a pris une importance grandissante à l'échelle mondiale pour la conservation des habitats des cétacés (Williams et collab., 2015b) au moment où le zonage proposé était en chantier.

La réduction du bruit généré par la navigation dans les habitats du béluga a commencé à être prise en compte dans le cadre de la gestion du quai de Baie-Sainte-Catherine, situé à l'embouchure du Saguenay. La réfection de ce quai en 1992 avait fait l'objet d'une controverse concernant l'accroissement

du trafic maritime dans l'habitat du béluga à l'embouchure. Pour limiter les transits des bateaux, Parcs Canada a instauré un moratoire sur le nombre de permis d'accostage en 1998. Une analyse du nombre d'amarrages au quai de Baie-Sainte-Catherine a démontré que le nombre avait diminué de 54% de 2006 à 2015 (Parcs Canada, données non publiées). L'effet combiné des mesures de gestion visant à limiter le nombre de permis d'amarrage au quai ainsi que la réduction des bateaux effectuant des excursions dans le parc marin à la suite de décisions d'entreprises a contribué à réduire le trafic maritime à l'embouchure du Saguenay. De plus, à la suite des travaux de Gervaise et collab. (2012) à l'embouchure du Saguenay, la Société des Traversiers du Québec aurait inclus dans le devis de construction des nouveaux traversiers entre Baie-Sainte-Catherine et Tadoussac des technologies pour les rendre moins bruyants et envisager de réduire le bruit des rampes de débarquement. Avec une capacité de charge plus importante, le nombre de traversées sera diminué, ce qui devrait contribuer à réduire le bruit à l'embouchure. La notion de préservation des zones de silence pour le béluga a été introduite en 2014, en réponse à un avis scientifique sur les répercussions de la déviation du trafic maritime dans l'ESL (MPO, 2014b). Les mesures de protection volontaires adoptées par l'industrie du transport maritime, destinées à réduire les risques de collision avec les rorquals à la tête du chenal Laurentien, ont inclus la recommandation de privilégier le passage dans le chenal Laurentien au nord de l'île Rouge pour prévenir

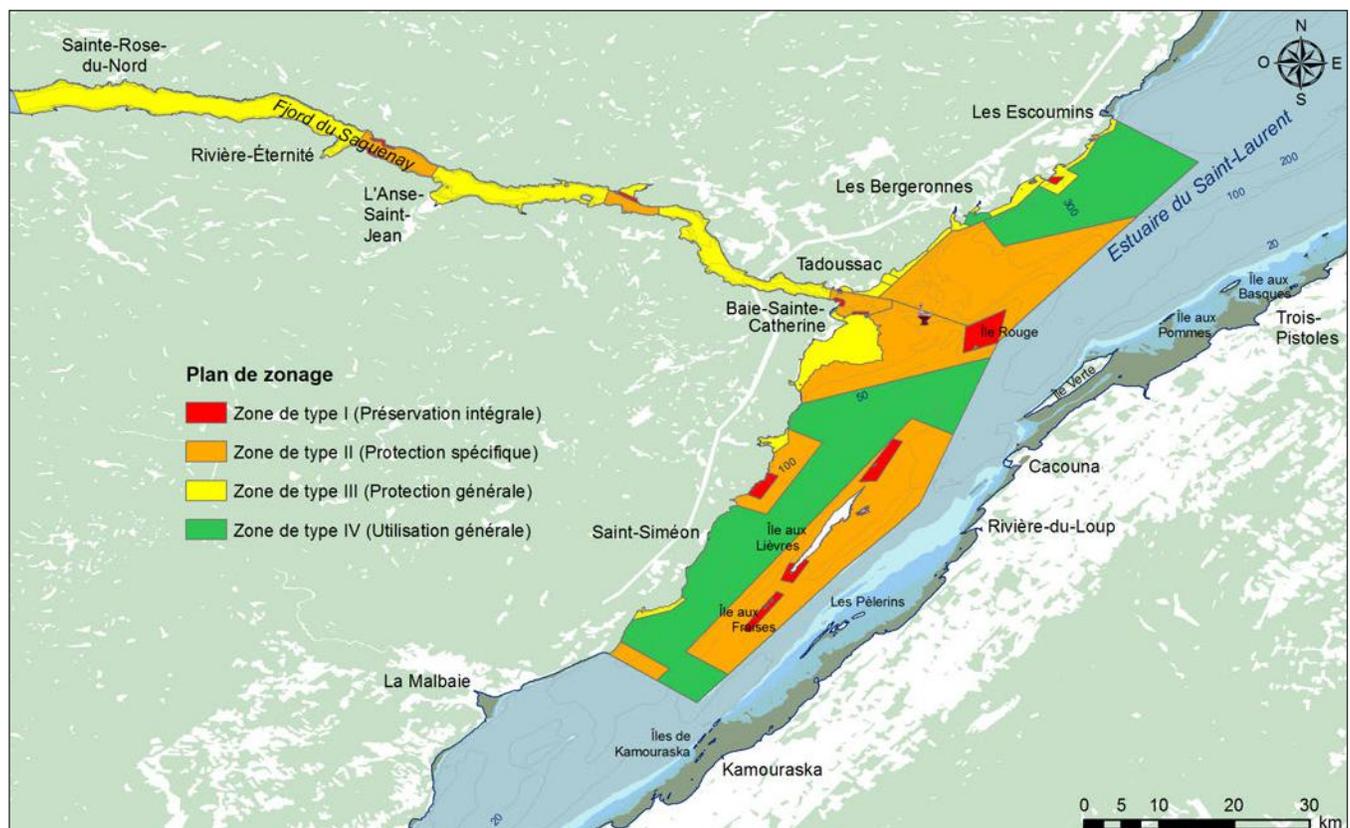


Figure 4. Plan de zonage proposé pour le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent en 2010.

l'augmentation du bruit dans l'habitat du béluga sur la rive sud. Considéré comme un habitat sensible pour les femelles et les jeunes, l'évitement du secteur au sud de l'île Rouge faisait déjà l'objet d'une recommandation similaire dans le Plan de rétablissement du béluga (MPO et WWF, 1995). Cette question faisait l'objet de débat depuis plusieurs années et c'est à la suite de l'avis du MPO (2014b) que le Groupe de travail sur le transport maritime et la protection des mammifères marins (G2T3M) a formulé cette recommandation pour la marine marchande (figure 5). L'avis précise que l'augmentation de la navigation au sud de l'île Rouge accroîtrait l'empreinte acoustique et aurait comme effet de diminuer grandement le nombre de zones à l'abri du bruit pour les femelles et les jeunes (MPO, 2014b). De plus, un exercice de modélisation du trafic maritime, qui a pris en compte le bruit émis par des navires (McQuinn et collab., 2011), suggère que la réduction de vitesse à la tête du chenal Laurentien pourrait réduire le

niveau de bruit cumulatif auquel sont exposés les bélugas dans l'estuaire moyen (Chion et collab., 2017), un secteur également fréquenté par des femelles et des jeunes.

En 2017, les modifications au RAM sont entrées en vigueur. Celles-ci comprennent de nouvelles mesures de protection spécifiques au béluga, dont une limite de vitesse de 15 nœuds dans l'embouchure du fjord du Saguenay s'appliquant à toutes les embarcations du 1^{er} mai au 31 octobre (figure 1C). Cette mesure vise à atténuer l'impact du trafic maritime dans l'embouchure, notamment les risques de collisions, à l'endroit où le trafic maritime est le plus intense dans l'habitat essentiel du béluga (Chion et collab., 2009). La réduction de vitesse permet également de faire certains gains, quoique modestes, en ce qui concerne le bruit (Gervaise et collab., 2012; McQuinn et collab., 2011). Les modifications du RAM viennent également réglementer les conditions de permis qui peuvent définir les restrictions quant aux

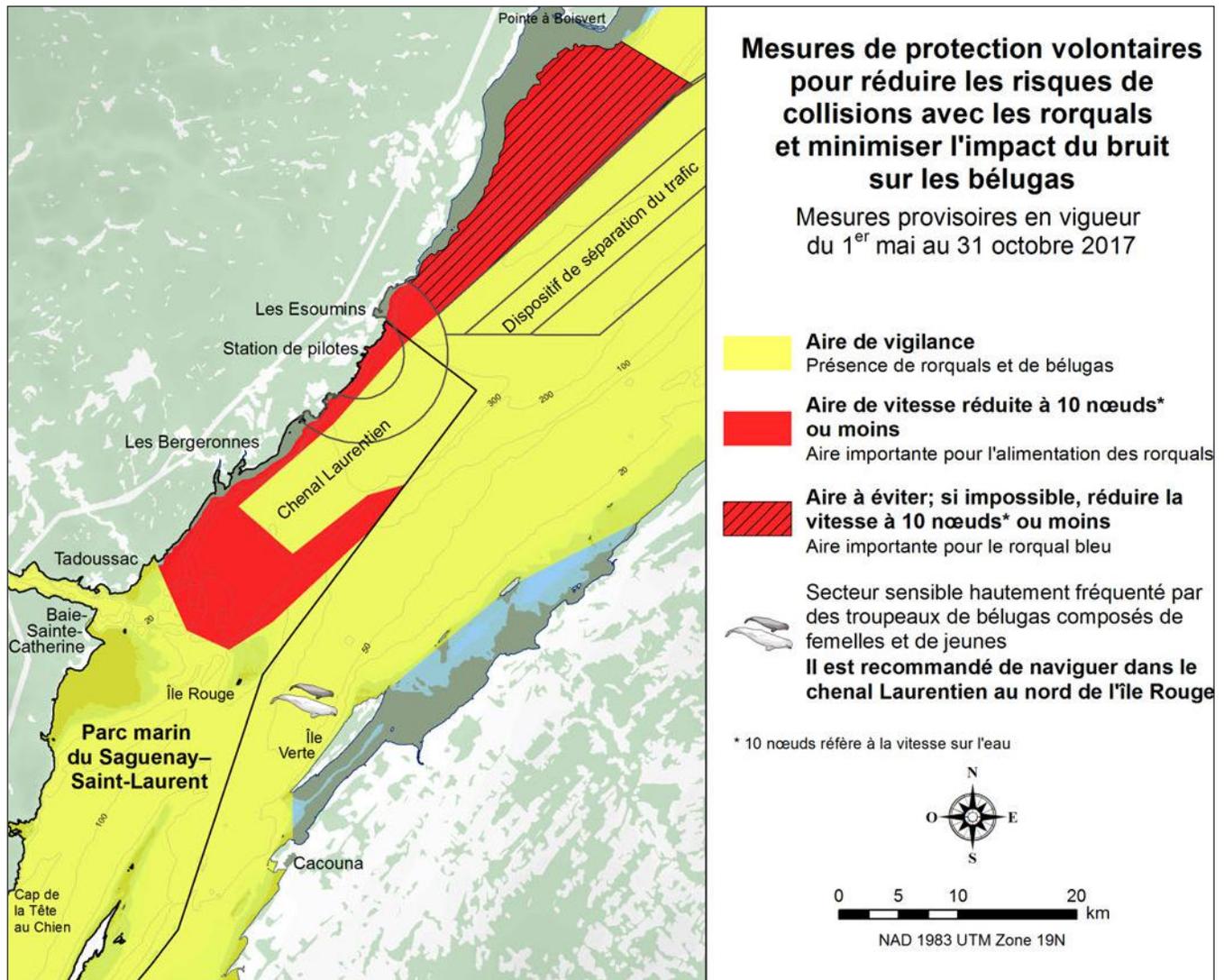


Figure 5. Carte des mesures de protection volontaires proposées par le Groupe de travail sur le transport maritime et les mammifères marins (G2T3M) pour réduire les risques de collisions avec les rorquals et minimiser les effets du bruit sur les bélugas (en vigueur du 1^{er} mai au 31 octobre depuis 2014).

lieux et aux périodes où des activités assujetties peuvent se pratiquer. De plus, ce règlement permet la désignation de « secteurs d'exclusion temporaires », notamment pour la protection des écosystèmes du parc ou de leurs composantes. Il s'agit du premier outil réglementaire disponible au parc marin s'appliquant à tous les navigateurs pour interdire temporairement de circuler dans un secteur pendant une période de 60 jours, renouvelable au besoin, au cours d'une même année. Cet outil pourra servir à protéger des secteurs à des moments où le béluga est particulièrement sensible, comme durant la période des naissances.

Connaissances clés sur la répartition et l'habitat essentiel dans une perspective de conservation

L'aire de répartition estivale actuelle du béluga de l'ESL (2800 km²) représente environ 35 % de l'aire de répartition historique décrite par Vladykov (1944). Plusieurs études placent le centre de distribution géographique de la population en été à la hauteur de l'embouchure du fjord du Saguenay; elles rapportent que les troupeaux de femelles et de jeunes se rassemblent dans l'estuaire moyen, le chenal sud de l'estuaire maritime et le fjord du Saguenay jusqu'à la baie Sainte-Marguerite (Michaud, 1993; Mosnier et collab., 2016; Pippard et Malcolm, 1978; Sergeant et Hoek, 1988;). Cette région, désignée habitat essentiel du béluga, correspond à l'aire de répartition estivale des groupes composés d'adultes accompagnés de nouveau-nés et de juvéniles (figure 1A; MPO, 2012). Le territoire du parc marin couvre environ 37 % de l'habitat essentiel désigné, y compris le centre de distribution géographique et la portion fjord du Saguenay. Intégrées à l'intérieur de l'aire de répartition estivale se trouvent des aires de forte résidence dans lesquelles les animaux passent plus de temps (Laurin, 1982; Lemieux Lefebvre et collab., 2012; Michaud, 1993; Mosnier et collab., 2010; 2016; Pippard, 1985b; Pippard et Malcolm 1978; Sergeant, 1986). À plus fine échelle, certaines études ont traité d'aires de forte résidence spécifiques, en particulier dans le fjord du Saguenay (Busque, 2006; Caron et Sergeant, 1988; Chadenet, 1997; Conversano, 2013; Conversano et collab., 2017; Ménard, 1997).

Les plus récentes connaissances clés sur l'habitat essentiel du béluga sont présentées ci-dessous dans une perspective de conservation des habitats, particulièrement à l'égard du dérangement. D'abord, nous traitons de l'estuaire du Saint-Laurent en référence aux travaux de Mosnier et collab. (2016), puis à ceux de Conversano et collab. (2017) pour aborder le fjord du Saguenay. Pour ces deux portions de l'habitat essentiel, nous présentons des informations récentes disponibles sur la répartition spatiale des bélugas, sur la composition des troupeaux, sur les proies et sur le trafic maritime.

Estuaire du Saint-Laurent

Mosnier et collab. (2010) ont comparé 3 études portant spécifiquement sur l'identification de zones de concentration et de fréquentation intensive du béluga (Lemieux Lefebvre et collab., 2012; Michaud, 1993; Pippard et Malcolm, 1978; figure 6A). Il faut prendre en compte que ces études ont utilisé

des méthodes différentes au cours d'une période de plus de 30 ans : relevés en mer, relevés aériens et suivis télémétriques. Néanmoins, des patrons d'aires de concentration récurrentes ressortent (figure 6A). Dans le cadre de l'Initiative de recherche écosystémique (IRÉ) du MPO, les données de 35 inventaires aériens (7 photographiques et 28 visuels) effectués de 1990 à 2009 (Gosselin et collab., 2014) ont été rassemblées afin d'examiner l'effet des variables environnementales disponibles et du trafic maritime sur la répartition spatiale du béluga (Mosnier et collab., 2016; MPO, 2016a). En été, le béluga utilise l'ensemble de l'estuaire sur une largeur d'environ 20-30 km et une distance de 150 km. Mosnier et collab. (2016) ont identifié 36 zones de concentration dans lesquelles en moyenne 50 % de la population peut se trouver à un moment donné (figure 6B). Au cours d'une même journée, les bélugas se déplacent entre ces aires de concentration. Dans une perspective de conservation, la répartition spatiale des veaux, certainement accompagnés de femelles, présente un intérêt particulier. Les 7 relevés photographiques effectués dans l'estuaire ont permis d'identifier des zones de concentration de veaux (0-1 an) (figure 6C). Celles-ci sont réparties un peu partout sur les deux rives de l'estuaire moyen et le plateau de la rive sud de l'estuaire maritime. Notons que les zones de concentration de veaux les plus étendues se trouvent dans l'estuaire moyen : sur les battures aux Loups Marins; sur toute la largeur de l'estuaire entre Gros cap à l'Aigle et Kamouraska; sur le versant est du cap au Saumon; sur la région à l'est de Saint-Siméon jusqu'au cap de la Tête au Chien et sur les 2 rives de l'île aux Lièvres; et dans une section allant de la batture aux Alouettes jusqu'à Cacouna et Rivière-du-Loup. Ces zones de concentration de veaux correspondent à la région que Michaud (1993) avait identifiée comme étant le secteur fréquenté par des troupeaux d'adultes et de jeunes. De plus petites zones de concentration de veaux se trouvent en aval de l'embouchure du Saguenay, soit à la tête du chenal Laurentien et sur le plateau de la rive sud, ce qui correspond à des secteurs de troupeaux mixtes décrits par Michaud (1993). Les secteurs de plus haute densité de trafic maritime décrits par Chion et collab. (2009) sont situés à l'embouchure du Saguenay et au-dessus du chenal Laurentien (figure 6D), notamment pour le trafic découlant des excursions d'observation de mammifères marins (figure 6E).

Répartition spatiale du béluga et variables environnementales

Mosnier et collab. (2016) ont analysé 22 zones de concentration du béluga sur les 36 décrites précédemment où des données environnementales étaient disponibles dans l'ESL. Ils ont fait ressortir 3 variables environnementales expliquant les aires de concentration du béluga : 1) la densité du lançon (*Ammodytes* sp.) près du fond; 2) la dureté du sédiment, qui est associée à la présence du lançon au fond, car ce poisson requiert des sédiments sablonneux pour s'enfouir; 3) les variations spatiales et temporelles de vitesse et de direction du courant de surface, pouvant créer des gyres et des fronts. L'influence du lançon sur la distribution

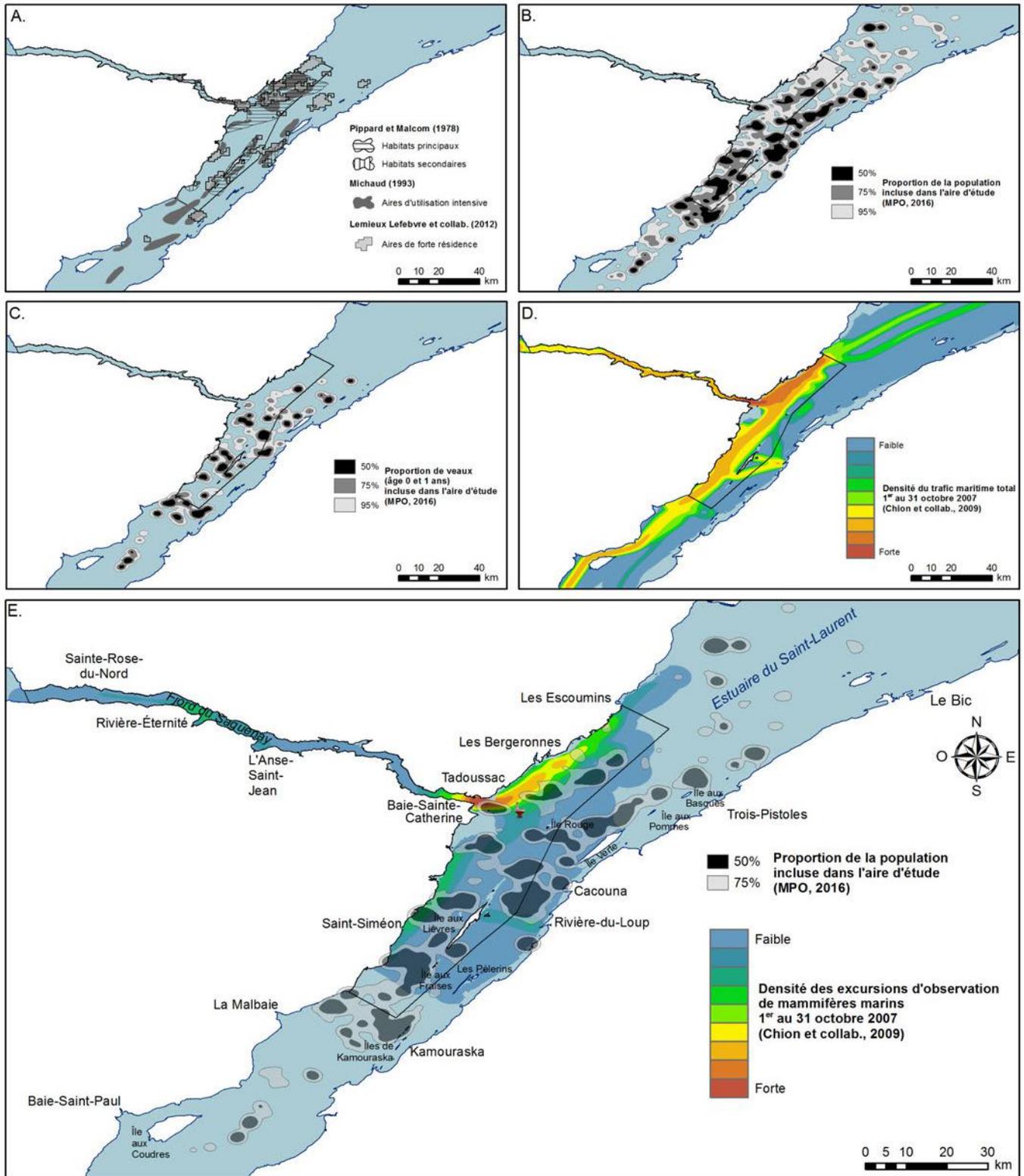


Figure 6. A) Superposition des habitats principaux et secondaires identifiés par Pippard et Malcolm (1978), des aires d'utilisation intensive identifiées par Michaud (1993) et des aires de forte résidence identifiées par Lemieux Lefebvre et collab. (2012). B) Aires contenant 50, 75 et 95 % de la population de bélugas telle que définie par la méthode des kernels appliquée aux résultats de 35 inventaires aériens systématiques effectués de 1990 à 2009 dans l'estuaire du Saint-Laurent uniquement (Mosnier et collab., 2016). C) Aires contenant 50, 75 et 95 % de la population de veaux et de juvéniles de bélugas telle que définie par la méthode des kernels appliquée aux observations de 7 inventaires photographiques (1990, 1992, 1995, 1997, 2000, 2003 et 2009) effectués dans l'estuaire du Saint-Laurent uniquement (Mosnier et collab., 2016). D) Densité relative du trafic maritime total estimé du 1^{er} mai au 31 octobre 2007 (Chion et collab., 2009). E) Superposition du panneau B et de la densité relative des excursions en mer d'observation de mammifères marins estimée du 1^{er} mai au 31 octobre 2007 (Chion et collab., 2009).

spatiale des femelles et des jeunes dans l'estuaire corrobore les travaux de Vladykov (1946) sur la diète du béluga chassé en 1938 et 1939, principalement sur le banc de Manicouagan. Le lançon, le capelan (*Mallotus villosus*) et les vers néréis (*Nereis virens*) constituaient les proies dominantes pour les femelles et les jeunes dont Vladykov a étudié les contenus stomacaux. La méthode utilisée par Laroque et collab. (2011, cité dans Mosnier et collab., 2016) est bien adaptée à une espèce comme le lançon, associée au fond marin. Elle n'est cependant pas bien adaptée pour documenter le lançon en milieu pélagique, alors qu'il est probablement plus disponible aux prédateurs comme le béluga. Quoique du lançon ait été détecté au fond un peu partout dans l'aire d'étude, il est plus abondant dans le secteur entre le sud-est de l'île aux Lièvres et Cacouna ainsi que sur le plateau de la rive sud en aval de l'île Verte. Soixante-dix-sept pour cent des sites où des lançons ont été détectés étaient caractérisés par des fonds meubles et des profondeurs de moins de 75 m. Pour le capelan, Dutil et collab. (2009) et Laroque et collab. (2011, cité dans Mosnier et collab., 2016) rapportent que la biomasse de capelan dans l'estuaire est plus importante en eaux peu profondes.

Pour la diète des femelles et des jeunes bélugas, Vladykov (1946) a documenté une dominance de capelan en juin et en juillet, durant la période de fraie, près des côtes dans l'ESL. Cette période correspond au début de la période des naissances de bélugas. Toujours selon Vladykov (1946), en août et septembre, soit pendant la période où la mise bas se poursuit, la diète des femelles et des jeunes était dominée par le lançon. Dans le fjord, Laroque et collab. (2011, cité dans Mosnier et collab., 2016) et Dutil et collab. (2009) ont détecté du lançon au fond dans la baie Sainte-Marguerite et dans le fond du premier bassin à la hauteur du cap et de l'anse de la Boule, qui sont deux AFR du béluga identifiées par Lemieux Lefebvre et collab. (2012). Dutil et collab. (2009) ont détecté du lançon dans la baie Sainte-Catherine et il est également observé dans la baie de Tadoussac, soit par transparence dans l'eau ou cherchant à s'enfouir dans le sable (Nadia Ménard, observation personnelle). Pour ce qui est du hareng, Vladykov (1946) en a rapporté très peu dans la diète du béluga, possiblement en raison que la chasse au béluga se faisait loin des aires de fraie dans l'ESL. Ce poisson peut être important pour les femelles et les jeunes de béluga dans l'ESL. C'est une proie à haute valeur énergétique et possiblement facile à chasser en raison de la réduction des stratégies de fuites chez les poissons lors de la fraie (Pitcher et Parrish, 1993). Le hareng utiliserait l'estuaire moyen pour la fraie en mai-juin et en septembre-octobre dans des eaux peu profondes (Lévesque, 2017; Monro et collab., 1998). Le lançon, le capelan et le hareng sont des espèces de poissons pélagiques typiques de l'ESL, présentes à tous les stades de vie de la larve à l'adulte (Laroque et collab., 2011, cité dans Mosnier et collab., 2016; Lévesque 2017; Monro et collab., 1998; Ouellet et collab., 2013; Robert et collab., UQAR, données non publiées). Ces espèces représentent certainement une des variables environnementales clés de la présence des femelles et des jeunes bélugas dans l'ESL en été. L'allaitement,

qui s'étend sur une période d'environ 2 ans chez le béluga, est l'activité la plus exigeante du point de vue énergétique dans le cycle de vie d'un mammifère, suivie de la grossesse (Williams et collab., 2013; Williams et collab., 2017). L'accès à ces proies en eaux peu profondes est donc critique pour les femelles accompagnées de veaux. Ceux-ci dépendent entièrement du lait maternel pendant leur première année et ne commencent à chasser qu'à leur deuxième année (Matthews et Ferguson, 2015). Il existe peu d'information quant à l'abondance des poissons de fourrage dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les plus récentes données disponibles (Dutil et collab., 2009; Laroque et collab., 2011, cité dans Mosnier et collab., 2016; Lévesque, 2017) indiquent néanmoins que les poissons pélagiques susceptibles de faire partie de la diète des femelles et des jeunes dans l'habitat essentiel sont encore présents.

Outre leur disponibilité, une autre préoccupation concernant les proies du béluga est la réduction de l'efficacité de la chasse qui peut résulter de l'effet de masquage occasionné par le bruit d'origine anthropique, comme la navigation (Erbe et collab., 2016; MPO, 2014a; Williams et collab., 2017). Le trafic maritime est plus intense dans la portion nord de l'ESL, notamment dans le parc marin. La rive sud offre davantage de lieux avec un niveau de trafic maritime moindre (figure 6D et E). La tête du chenal Laurentien et l'embouchure du Saguenay (voir la section sur le fjord du Saguenay ci-dessous) sont utilisées par tous les types de bateaux, mais, hormis le traversier Tadoussac–Baie-Sainte-Catherine, ce sont les excursions d'observation en mer qui contribuent le plus au trafic dans ces secteurs durant l'été (Chion et collab., 2009; Conversano et collab., 2017; Ménard et collab., 2014). Dans l'estuaire moyen, Ménard et collab. (2014) ont documenté une hausse du trafic liée aux excursions de 2003 à 2012. Ce secteur était peu concerné par ce type d'activité avant le démarrage d'une entreprise ayant opéré jusqu'à 4 bateaux à partir de Saint-Siméon en 2004, dont les activités ont cessé en 2015, et d'une autre opérant un bateau à partir de Kamouraska en 2005. Les bélugas étaient significativement plus ciblés par les excursions dont le port d'attache est situé dans l'estuaire moyen que par celles dont le port est à l'embouchure du Saguenay et dans l'estuaire maritime (moins de 15 % des espèces de cétacés ciblés) (Martins, 2016; Martins et collab., 2018; Ménard et collab., 2014; Michaud et collab., 2010). De plus, la répartition spatiale des bateaux d'excursion ciblant le béluga chevauche les AFR du béluga de part et d'autre de Saint-Siméon, à Kamouraska, à Rivière-du-Loup, à l'embouchure du Saguenay et à la tête du chenal Laurentien.

Fjord du Saguenay

Pour la portion fjord du Saguenay, les informations disponibles sur les bélugas et les bateaux sont à plus fine échelle que celles présentées par Mosnier et collab. (2016) pour l'ESL. Le fjord est beaucoup plus étroit que l'ESL, avec une largeur variant de 1,5 à 3 km dans sa portion aval allant de l'embouchure (EMB) à la baie Sainte-Marguerite (BSM). Ces sites sont les deux principales AFR du béluga documentées

dans le fjord du Saguenay (Conversano et collab., 2017; Lemieux Lefebvre et collab., 2012; Michaud, 1993; Pippard et Malcolm, 1978). La proximité de plusieurs quais et marinas (Baie-Sainte-Catherine, Tadoussac, Anse-de-Roche, L'Anse-Saint-Jean) et la présence d'un circuit récréotouristique pour les kayakistes tout le long du fjord du Saguenay favorisent les cooccurrences entre les bélugas et les embarcations dans ces 2 AFR. Les résultats présentés ci-dessous portent sur des suivis à fine échelle effectués par Parcs Canada dans ces 2 aires entre 2003 et 2016, tirés de Conversano et collab. (2017).

C'est à partir du site terrestre de Pointe-Noire, à l'embouchure du Saguenay, que Pippard et Malcolm (1978), Laurin (1982) ainsi que Caron et Sergeant (1988) ont effectué les premières observations sur l'utilisation de l'embouchure du fjord par le béluga. Ces derniers avaient observé une chute de 60 % du taux de passage des bélugas à l'embouchure du fjord sur une période de 4 ans (1982-1986). Ils avaient attribué cette baisse de fréquentation à l'accroissement du trafic maritime et en particulier de la navigation de plaisance, qui avait connu une forte augmentation après la construction de la marina de Tadoussac en 1980. Pippard (1985a) avait également émis l'hypothèse que la construction de la marina pouvait être la cause de l'abandon de la baie de Tadoussac par le béluga. Inspiré par les travaux de ces pionniers et en réponse à une recommandation de Caron et Sergeant (1988), Parcs Canada a initié, lors de la création du parc marin en 1998, un programme de suivi systématique de la fréquentation de l'embouchure du Saguenay par les bélugas et le trafic maritime. Ce suivi est basé sur des observations récoltées par des balayages visuels systématiques (aux 5 minutes, 6 heures/jour, 5 jours/semaine, de juin à août, en moyenne) effectués à partir de Pointe-Noire à l'aide de jumelles télémétriques avec boussole (pour une description de la méthodologie, voir Conversano, 2013). Le but du suivi est de décrire les patrons spatio-temporels d'utilisation de cette AFR du béluga afin de mettre en place des mesures de conservation adaptées. En 2003, pour les mêmes raisons que celles décrites précédemment pour l'EMB, ce suivi a été étendu à la BSM, située à 25 km en amont de l'EMB, en juillet et août.

Résultats

Les principaux résultats des suivis des bélugas et du trafic maritime à l'EMB et à BSM pertinents pour la conservation de ces habitats, notamment leur utilisation spatiale par les bélugas, le taux de présence des bélugas et des embarcations, la composition des troupeaux de béluga, la composition et l'intensité du trafic maritime ainsi que l'effet potentiel des mesures de conservation actuellement proposées sont présentés ci-dessous.

Répartition spatiale des bélugas à l'embouchure du Saguenay et à la baie Sainte-Marguerite

À l'EMB, la répartition spatiale globale des observations de bélugas effectuées de 2003 à 2016 occupe l'ensemble du bassin, mais est plus dense au centre de celui-ci,

particulièrement en face de Pointe-Noire (figure 7A). Les observations sont moins fréquentes dans la baie Sainte-Catherine et dans la baie de Tadoussac. Les 3 zones de préservation intégrale du zonage actuellement proposé à l'EMB ne couvrent que 23 % des observations de bélugas (% d'individus observés à l'intérieur des zones). L'EMB étant un secteur étroit où le trafic maritime est intense et la répartition spatiale des bélugas étendue, les possibilités d'y établir des zones de protection sont limitées. Les considérations essentielles à l'égard du libre passage de la navigation et de la sécurité limitent l'étendue des zones de protection. En contrepartie, la mise en place en 2017 d'une limite de vitesse à 15 nœuds s'étendant sur l'ensemble de l'EMB et les nouvelles dispositions du RAM prévoyant le maintien d'une vitesse entre 5 et 10 nœuds en présence de bélugas à un demi-mille marin de toute embarcation motorisée favoriseraient la diminution des risques de collision et du bruit dans le secteur. Notons que la zone de préservation en face de Pointe-Noire a été identifiée à la fois pour couvrir une partie de l'aire de concentration des bélugas à l'embouchure et pour concilier l'observation terrestre effectuée au site d'observation et d'interprétation de Pointe-Noire. Dans le même esprit, la zone de préservation en face de la pointe de l'Islet vise essentiellement à concilier la navigation, qui est plus intense du côté de Tadoussac (figure 7B), et l'observation terrestre des mammifères marins.

À la BSM, les bélugas sont principalement observés à l'intérieur de la baie et beaucoup moins dans la portion fjord face à la baie (figure 7C). De 2003 à 2016, 86 % des bélugas observés (et jusqu'à 94 % en 2015) se trouvaient à l'intérieur de la zone de préservation intégrale proposée sur le plan du zonage du parc marin (Conversano et collab., 2017; Gouvernement du Canada et Gouvernement du Québec, 2010). La zone de préservation intégrale est également l'endroit où l'on observe les plus fortes densités d'embarcations (figure 7D). Le nombre d'embarcations à l'intérieur de cette zone augmente légèrement lorsque les bélugas sont présents, traduisant un effet d'attraction ou de rétention des bélugas envers les utilisateurs de la baie (Conversano et collab., 2017). À l'EMB, il n'y a aucune différence dans la répartition spatiale des embarcations selon la présence ou l'absence de bélugas dans l'aire d'étude.

Taux de présence des bélugas à l'embouchure du Saguenay et à la baie Sainte-Marguerite

À l'EMB, sur l'ensemble des observations effectuées de juin à août de 2003 à 2016, les bélugas étaient présents 86 % des jours d'observation (du lundi au dimanche) et 48 % du temps total d'observation (entre 6 h et 20 h) (tableau 2). Des pics ont été atteints certaines années avec la présence de bélugas dans 100 % des jours d'observation et durant 76 % du temps total d'observation (tableau 2). À la BSM, le taux moyen de présence des bélugas en juillet et août, pour les années couvertes par un échantillonnage systématique, est de 66 % des jours d'observation et de 44 % du temps total d'observation (tableau 2). Des pics de

présence ont été atteints certaines années avec 86 % des jours et 82 % du temps total d'observation (tableau 2).

Le taux de présence de bélugas varie beaucoup d'une année à l'autre aux deux sites (figure 8). On ne peut pas déceler une tendance globale, à la hausse ni à la baisse, de la présence de bélugas, toutes classes d'âge confondues, de 2003 à 2016 pour ces sites (figure 8). Les sections suivantes présentent des résultats par classe d'âge.

Composition des troupes

La BSM a été décrite par plusieurs auteurs comme un lieu important pour les femelles et les jeunes (Busque, 2006; Chadenet, 1997; Conversano et collab., 2017; Ménard, 1997; Pippard et Malcolm, 1978). Selon Conversano et collab. (2017), seulement 9 % des troupes observés à la BSM de 2003 à 2016 sont composés uniquement d'adultes (n = 16),

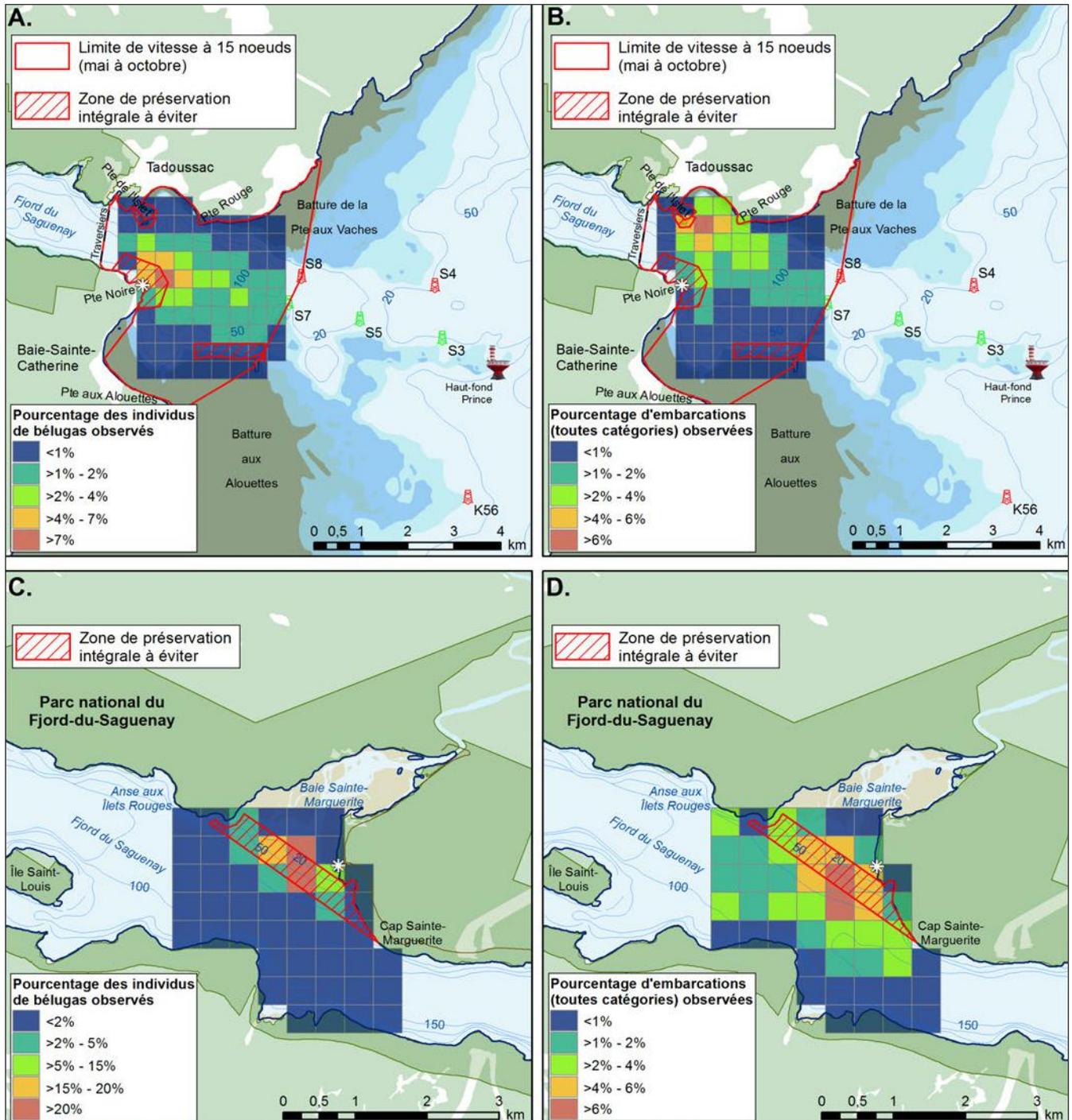


Tableau 2. Taux de présence des bélugas, exprimé en % de jours d'observation et en % de périodes de 30 min d'observation avec présence de bélugas, à l'embouchure du Saguenay (EMB, de juin à août) et à la baie Sainte-Marguerite (BSM, en juillet et août) pour chaque année de 2003 à 2016 et pour l'ensemble des années (moyenne des valeurs annuelles ± intervalle de confiance à 95 %), et effort d'échantillonnage pour chaque année et pour l'ensemble des années (somme des valeurs annuelles).

Site	Variable	Année														
		2003	2004	2005	2006	2007	2008*	2009*	2010*	2011	2012	2013*	2014	2015	2016	Moyenne*
EMB	% de jours avec présence de bélugas	50,0	90,6	97,4	100,0	92,5	75,6	87,2	88,2	95,1	83,7	91,2	82,2	95,3	73,9	85,9 ± 6,8
	% de périodes de 30 min avec présence de bélugas	13,9	54,5	76,0	63,7	50,9	37,3	44,6	55,4	58,0	46,5	68,8	35,5	47,3	20,3	48,1 ± 4,6
	nombre de jours d'observation	48	53	38	44	40	41	47	51	41	43	34	45	43	46	614
	nombre de périodes de 30 min d'observation	539	517	342	488	409	391	464	523	421	439	365	549	482	516	6445
	nombre de balayages visuels	1526	1723	1432	2019	1512	1249	1541	1901	1485	1593	1477	1780	1722	1499	22 459
BSM	% de jours avec présence de bélugas	68,8	62,5	73,7	61,9	85,7	60,0	70,6	80,0	nd	nd	77,8	58,6	55,2	57,7	65,5 ± 7,0
	% de périodes de 30 min avec présence de bélugas	58,3	32,1	49,4	35,8	82,2	53,8	59,6	66,7	nd	nd	100,0	42,5	37,1	12,8	43,8 ± 14,2
	nombre de jours d'observation	32	32	38	21	21	15	17	5	nd	nd	9	29	29	26	274
	nombre de périodes de 30 min d'observation	218	349	326	81	73	65	52	15	nd	nd	12	240	394	149	1974
	nombre de balayages visuels	1650	1381	1271	583	485	365	372	86	nd	nd	266	1230	1218	673	9580

* Les moyennes interannuelles de la baie Sainte-Marguerite (BSM) ont été calculées en excluant les données de 2008 à 2013 en raison du faible taux d'échantillonnage de ces années.

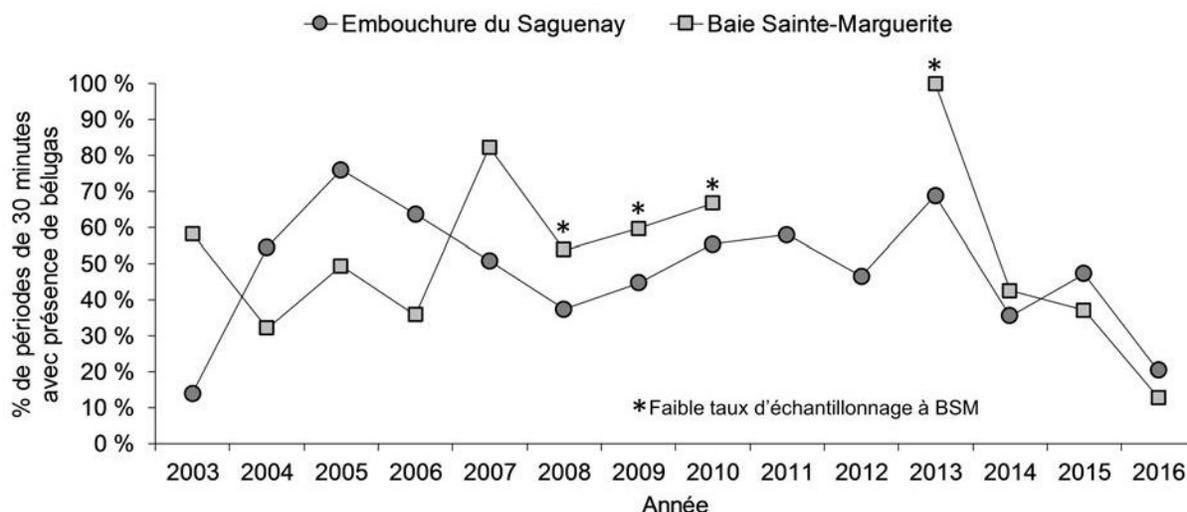


Figure 8. Évolution interannuelle du taux de présence de bélugas (% de périodes de 30 min d'observation avec présence d'animaux) à l'embouchure du Saguenay (de juin à août) et à la baie Sainte-Marguerite (en juillet et août) de 2003 à 2016 (Conversano et collab., 2017).

91 % des troupes étant composés d'adultes et de jeunes ($n = 164$) et 49 % d'adultes et jeunes avec nouveau-nés ($n = 89$) (tableau 3). Les données de l'EMB ne permettent pas de calculer la proportion des types de troupes de la même manière qu'à BSM, étant donné que celle-ci est calculée en présumant que l'ensemble des bélugas observés à la BSM lors d'une même journée d'observation (d'une durée de 6 h) appartient à un même troupeau, les bélugas arrivant et repartant généralement tous ensemble une seule fois dans la période d'observation. Au contraire, à l'EMB, on observe généralement le va-et-vient de plusieurs groupes de bélugas dans la même journée, ceux-ci ne pouvant donc être attribués avec certitude à un seul et même troupeau comme c'est le cas à BSM. Les proportions du nombre d'individus en fonction de la classe d'âge sont cependant similaires aux 2 sites, avec 81 % d'adultes, 11 à 12 % de juvéniles et 7 à 8 % de veaux (0-1 an) en moyenne en juillet et en août de 2014 à 2016. Les proportions de veaux ne sont pas comparables pour les années antérieures à 2014, en raison d'une divergence méthodologique aux deux sites pour cette catégorie d'âge. Toutefois, on peut observer une baisse significative de la proportion de jeunes (juvéniles et veaux confondus) aux deux sites pour la période de 2003 à 2016 (figure 9), celle-ci passant de 29 % (moyenne 2003-2011) à 21 % (moyenne 2012-2016) à l'EMB et de 34 % (moyenne 2003-2010) à 18 % (moyenne 2013-2016) à la BSM (test non paramétrique de Wilcoxon, $p < 0,0001$).

Trafic maritime

À l'EMB, les traversiers entre Baie-Sainte-Catherine et Tadoussac sont en dehors de l'aire d'étude visible de Pointe-Noire, mais représentent la principale source de trafic maritime (Chion et collab., 2009) et de bruit qui lui est associé (Gervaise et collab., 2012). Excluant les traversiers, les données de Conversano et collab. (2017) couvrant les années 2003 à 2016 montrent que de juin à août, 96 % du trafic maritime à l'EMB est composé de 3 principales catégories : les bateaux d'excursion en mer (38 %), les bateaux de plaisance (29 %) et les kayaks (29 %). Le reste est composé d'embarcations de recherche scientifique ou d'une autorité maritime (3 %), des navires marchands (0,3 %), de motomarines (0,3 %, interdites dans le parc marin depuis 2017 en vertu du RAM), de bateaux de croisière internationale (0,03 %) et d'autres types d'embarcations (0,5 %).

Dans l'aire d'étude de la BSM, 91 % du trafic maritime observé en juillet et août est composé de bateaux de plaisance (49 %) et de kayaks (42 %), les autres types d'embarcations étant les bateaux d'excursion, de recherche ou d'une autorité maritime (6 %), les motomarines (0,6 %), les navires marchands (0,4 %) ou d'autres types d'embarcations (< 2 %) (Conversano et collab., 2017). Il est à noter que les bateaux de recherche peuvent accéder à la zone de préservation intégrale uniquement selon les termes d'un permis scientifique émis par Parcs Canada alors que l'accès y est interdit aux détenteurs de permis d'excursion depuis 2013.

Tableau 3. Nombre et proportion des troupes de bélugas observés à la baie Sainte-Marguerite de 2003 à 2016 en juillet et en août selon la composition des classes d'âge (adulte, jeune = juvénile, veau de 1 an ou nouveau-né).

	Troupes d'adultes		Troupes d'adultes et jeunes		Troupes d'adultes et jeunes avec nouveau-nés	
	n	%	n	%	n	%
2003	3	14	19	86	3	14
2004	3	15	17	85	11	55
2005	2	7	26	93	15	54
2006	2	17	10	83	8	67
2007	2	11	16	89	11	61
2008	1	11	8	89	5	56
2009	0	0	12	100	6	50
2010	0	0	4	100	4	100
2011	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2012	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2013	1	14	6	86	3	43
2014	0	0	17	100	12	71
2015	1	6	15	94	1	6
2016	1	7	14	93	10	67
Total	16	9	164	91	89	49

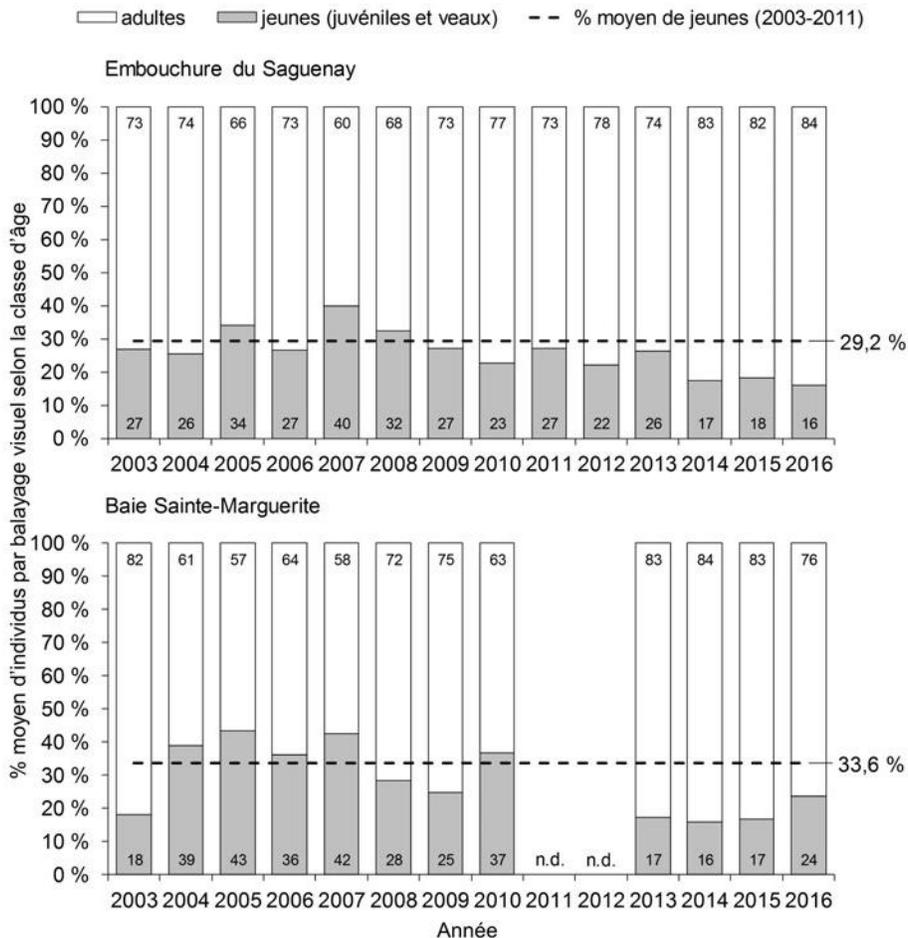


Figure 9. Proportions moyennes des classes d'âge « adulte » et « jeunes » (juvéniles et veaux regroupés) observées chez les bélugas à l'embouchure du Saguenay et à la baie Sainte-Marguerite en juillet et août chaque année de 2003 à 2016 (Conversano et collab., 2017).

Le nombre moyen d'embarcations est nettement plus élevé à l'EMB (de juin à août : $2,6 \pm 0,4$ bateaux/balayage visuel, avec intervalle de confiance à 95 %) qu'à la BSM (en juillet et août : $1,1 \pm 0,3$ bateau/balayage visuel). Jusqu'à 38 embarcations ont été observées simultanément à l'EMB et 23 à la BSM (embarcations motorisées et non motorisées confondues).

À l'EMB, le nombre moyen d'embarcations a augmenté de 2003 à 2005 et est par la suite resté relativement stable jusqu'en 2012, pour ensuite diminuer progressivement jusqu'à son minimum en 2016 (figures 10 et 11). Le nombre moyen de bateaux avec permis observés à l'EMB (dont 93 % sont des permis d'excursion) a connu un pic en 2005 et a diminué progressivement après 2012, atteignant son minimum en 2016. Le nombre moyen de plaisanciers a connu un pic en 2012 et a ensuite diminué progressivement, atteignant également son minimum en 2016, tout comme le nombre moyen de kayaks. Ainsi, on observe une diminution nette du trafic maritime global à l'EMB, passant d'une moyenne de 3,1 embarcations par balayage visuel entre 2003 et 2012 à un nombre moyen

de 0,8 embarcation par balayage en 2016. À la BSM, le nombre moyen d'embarcations est relativement stable pour les périodes dont l'effort d'échantillonnage est comparable (2003 à 2007 et 2014 à 2016), mis à part la baisse observée pour les kayaks.

Cooccurrences de bélugas et de bateaux

En juillet et en août, lorsque des bélugas sont présents, des bateaux sont aussi présents en moyenne 76 % du temps dans l'ensemble du secteur de l'EMB (jusqu'à 91 % en 2003) et 44 % du temps dans l'ensemble de l'aire d'étude de la BSM (jusqu'à 70 % en 2016) (Conversano et collab., 2017). La plus grande cooccurrence de bateaux et de bélugas à l'EMB s'explique par la plus grande intensité du trafic maritime dans ce secteur. Cependant, les cooccurrences à 400 m ou moins (présence simultanée de bateaux et de bélugas à une distance de 400 m ou moins l'un de l'autre) sont plus fréquentes à la BSM, particulièrement chez les plaisanciers, et le maximum de cooccurrences a été observé en 2016 (Conversano et collab., 2017). À l'EMB, la plupart des cooccurrences à moins de 400 m entre les bateaux et les bélugas sont occasionnées par les bateaux avec permis (dont 93 % sont des bateaux

d'excursion), qui représentent la plus grande portion du trafic. Ces cooccurrences ont considérablement diminué à partir de 2006, soit 4 ans après l'entrée en vigueur RAM en 2002, mais elles ont connu des hausses de 2007 à 2010 ainsi qu'en 2015. Les cooccurrences à moins de 400 m entre les plaisanciers et les bélugas ont diminué après 2003 à l'EMB, mais elles ont connu des hausses en 2010, en 2012 et en 2016 (Conversano et collab., 2017).

Bien que la méthodologie n'ait pas été conçue pour étudier de manière approfondie les effets du trafic maritime sur le comportement des bélugas, les résultats obtenus par Conversano et collab. (2017) ont mis en évidence l'existence d'effets significatifs du trafic maritime sur le comportement et la présence des bélugas à l'EMB et à la BSM. Parmi ceux-ci on note une diminution significative ($p < 0,05$) du nombre de veaux observés en fonction du nombre d'embarcations (test de corrélation non paramétrique de Spearman effectué sur les séries annuelles de balayages visuels systématiques, coefficient de corrélation pouvant atteindre des valeurs de $\rho = -0,23$ à

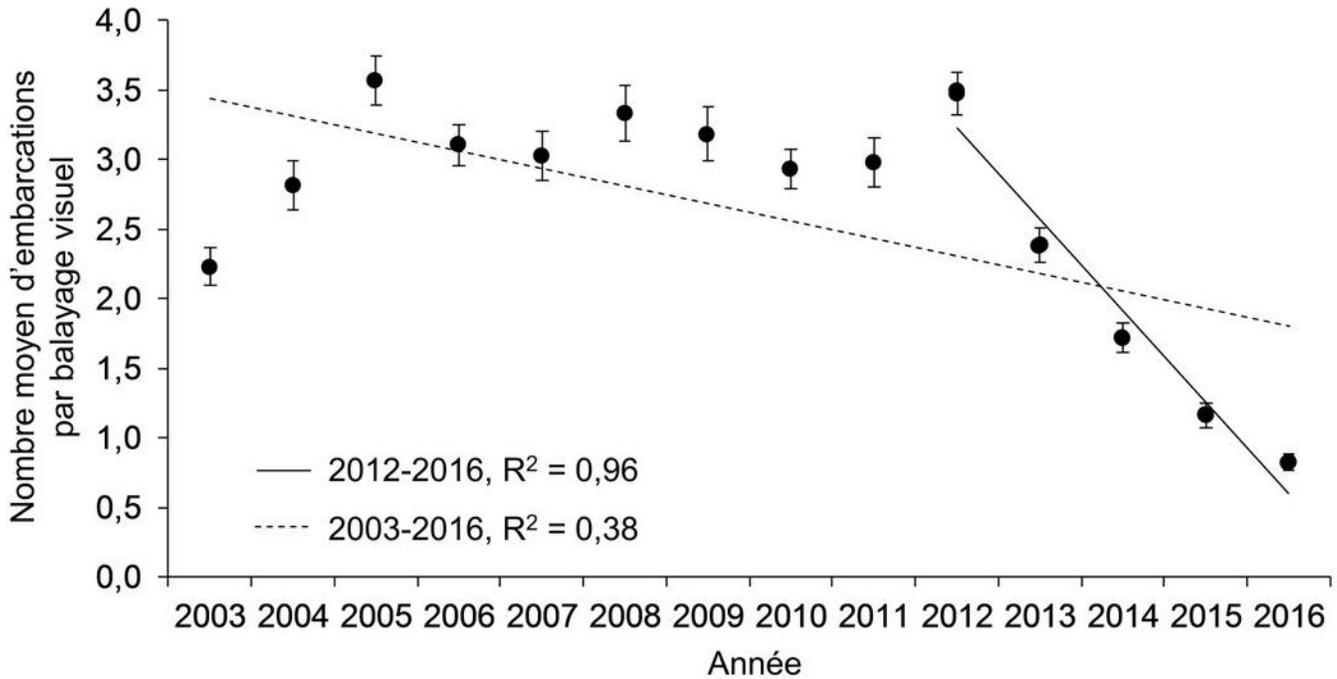


Figure 10. Évolution interannuelle du nombre moyen d'embarcations par balayage visuel observé (nombre d'embarcations présentes simultanément) à l'embouchure du Saguenay au cours des mois de juin à août de 2003 à 2016, avec intervalles de confiance à 95 % (barres d'erreur), et droites de régression linéaire pour les périodes 2003 à 2016 et 2012 à 2016 (Conversano et collab., 2017).

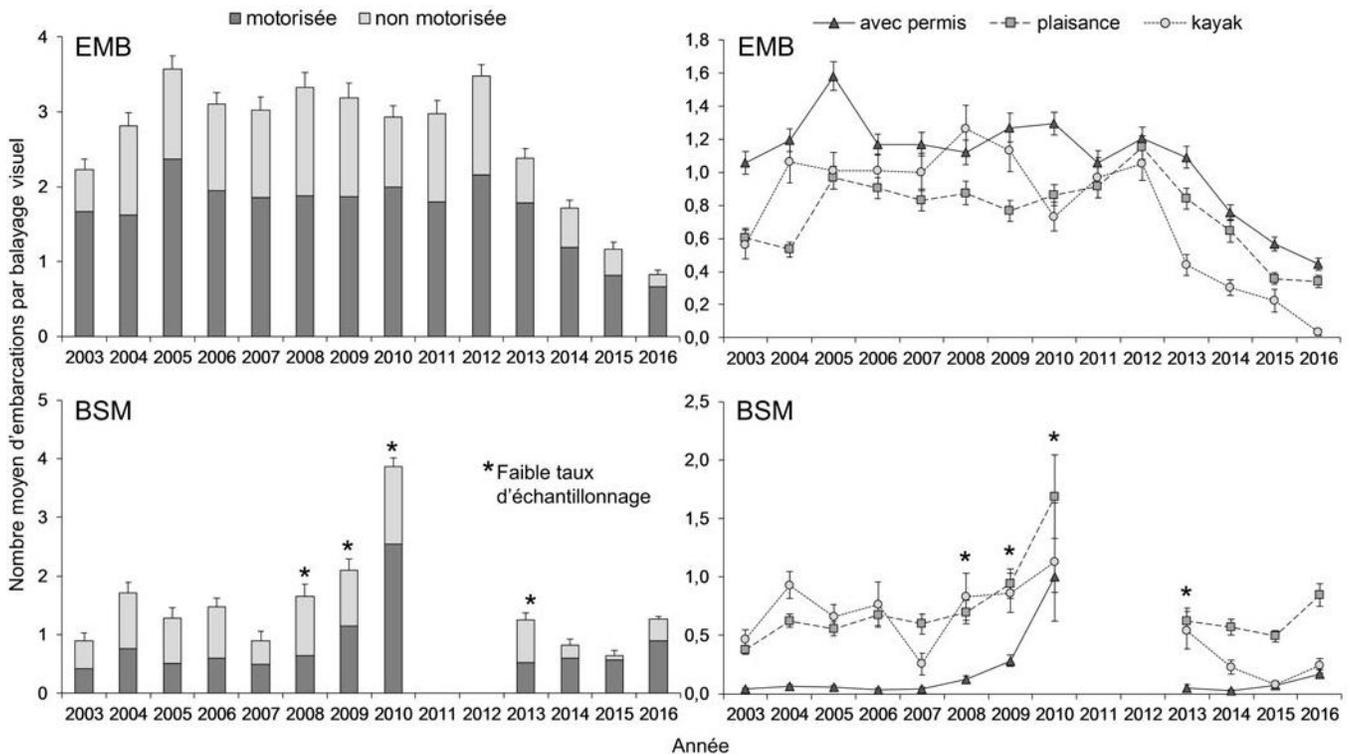


Figure 11. Nombre moyen d'embarcations observées par balayage visuel (\pm IC 95 %) à l'embouchure du Saguenay (EMB, de juin à août) et à la baie Sainte-Marguerite (BSM, en juillet et août) pour chaque année de 2003 à 2016, avec embarcations regroupées par type de propulsion (à droite) et par type d'utilisateur (à gauche) (Conversano et collab., 2017).

l'EMB en 2004 [$n = 1\,790$ balayages] et de $\rho = -0,36$ à la BSM en 2016 [$n = 690$]). Cette corrélation négative entre le nombre de veaux et le nombre de bateaux est plus marquée lorsqu'on considère uniquement les embarcations en observation dirigée de bélugas ($\rho = -0,40$ à BSM en 2016). Également, des corrélations négatives significatives ont été mises en évidence entre le nombre de bateaux et la proportion de bélugas présentant un comportement associable à l'alimentation à l'EMB ($\rho = -0,17$ en 2007, $n = 1\,512$ balayages), ainsi que la proportion de bélugas présentant un comportement associable au repos ou à l'allaitement à la BSM ($\rho = -0,14$ pour toutes les embarcations et $\rho = -0,24$ pour seulement les embarcations en observation dirigée de bélugas, en 2016).

Discussion

Considérations sur les besoins de conservation

L'aire de répartition du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent s'est contractée par rapport à ce que décrit Vladykov (1944), phénomène observé chez d'autres populations de bélugas en voie de disparition (Rugh et collab., 2010). L'aire actuelle représente aujourd'hui 65 % de la répartition historique annuelle et 35 % de la répartition historique estivale. Le déclin initial de la population est grandement imputé à la chasse. Cependant, les effets de la dégradation des habitats sur les paramètres démographiques de la population de bélugas, plus subtils et graduels que ceux de la chasse, sont beaucoup moins bien compris. Quoique l'explication du délaissement des bancs de Manicouagan n'ait pas été formellement établie, le résultat est qu'une portion importante de l'habitat du béluga, dont des secteurs jadis fréquentés par des femelles et des jeunes, a été érodée et que la population se concentre désormais dans une fraction de son aire de répartition estivale. Le potentiel de rétablissement, qui repose sur les femelles et les jeunes, dépend donc de la protection accrue de l'habitat essentiel du béluga (MPO, 2012). Considérant tous les facteurs limitant la croissance de la population de bélugas du Saint-Laurent (MPO, 2014a), 2 stratégies pouvant se traduire en gains en conservation à court et moyen terme pour favoriser son rétablissement émergent :

1. La gestion des pêches pour prendre en compte les besoins alimentaires du béluga, protéger les aires de fraies et prévenir la remise en suspension de contaminants persistants par des engins de pêche remorqués sur les fonds. Un exemple d'action concrète de cette stratégie serait de gérer les stocks de harengs, qui sont pêchés dans le golfe du Saint-Laurent mais qui viennent frayer dans l'estuaire, pour prendre en compte les besoins alimentaires des bélugas, notamment les femelles gestantes et lactantes ainsi que leurs jeunes. Un autre exemple serait la gestion des engins de pêche remorqués sur le fond pour prévenir la remise en suspension des sédiments contaminés en interdisant les chaluts benthiques, à l'image de ce qui est fait dans le refuge marin de l'amont du fjord (figure 1).
2. La réduction du dérangement par la navigation dans l'habitat des femelles et des jeunes, afin de minimiser la perturbation des activités des animaux par la présence de bateaux et par le bruit. Pour protéger les cétacés des effets du dérangement, la priorité doit être accordée aux lieux de reproduction et de soins des jeunes, puisque ceux-ci représentent l'avenir du rétablissement de la population (Lien, 2001; Tyne et collab., 2014). En ce qui concerne les pêches, il n'existe actuellement pas de portrait de l'impact potentiel de ces activités sur le béluga. Plourde et collab. (2014) suggèrent que la baisse des poissons démersaux et du hareng de printemps dans le golfe du Saint-Laurent, qui résulte des pêches, pourrait figurer parmi les facteurs ayant mené au déclin de la population depuis le début des années 2000. Dans le cadre de l'initiative de recherche écosystémique (Mosnier et collab., 2016; MPO, 2016b), l'effet potentiel des activités de pêches n'est pas examiné. Williams et collab. (2017), dans le cadre d'une analyse de viabilité de la population pour quantifier les facteurs limitant le plus probablement le rétablissement des bélugas de l'ESL, suggèrent que la disponibilité des proies est le facteur ayant contribué le plus aux changements observés dans les décès de veaux, possiblement en raison de changements dans la condition des femelles. Elle serait suivie de la réduction de l'efficacité de l'alimentation par l'effet de masquage du bruit et de la présence des biphényles polychlorés (BPC). Williams et collab. (2017) recommandent une gestion des pêches visant à maintenir ou à rehausser la biomasse des proies et à favoriser la survie des veaux. Il est raisonnable de présumer que les périodes critiques pour les femelles et les veaux sont la gestation et la lactation, alors que les besoins énergétiques des femelles sont à leur maximum. Ces activités, ainsi que la mise bas, ont lieu fort probablement principalement dans l'habitat essentiel de la population (MPO, 2012). En contrepartie, en raison de la réduction des poissons démersaux comme la morue, l'écosystème du Saint-Laurent repose davantage sur les petites espèces fourragères comme le capelan, le hareng et l'éperlan (Bui et collab., 2010; Savenkoff et collab., 2007). Cette situation pourrait être considérée comme favorable au béluga, en particulier les femelles et les jeunes, qui consomment principalement ces types de proies selon Vladykov (1946). Cependant, l'étude de Vladykov date de plus de 70 ans, et les études contemporaines sur les proies principales du béluga, dont les poissons de fourrage comme le capelan, le lançon et le hareng dans l'habitat essentiel sont très fragmentaires et portent essentiellement sur l'écologie larvaire. En ce qui a trait à la gestion des pêches en rapport avec le béluga, les initiatives sont très minimales actuellement. Néanmoins, une volonté d'établir des liens entre la gestion des pêches et le béluga a été énoncée en 2017 par le MPO, lorsqu'il a reconnu que l'interdiction des chaluts à panneaux en amont du fjord du Saguenay, en vigueur depuis plusieurs années, contribuait à la conservation de certaines proies et à limiter la remise en suspension de sédiments contaminés. Cette mesure s'applique à l'extérieur de l'habitat essentiel du béluga, et

une recommandation visant à interdire les engins de pêche mobiles dans l'estuaire moyen est inscrite au Programme de rétablissement de la population (MPO, 2012).

En ce qui concerne la réduction du dérangement, les résultats obtenus à fine échelle à l'embouchure du Saguenay et à la baie Sainte-Marguerite sont précieux pour mieux comprendre les effets potentiels du trafic maritime sur le comportement des femelles et des veaux dans des AFR. La baisse du nombre de jeunes observée depuis 2012 dans les troupeaux de bélugas fréquentant les deux secteurs reflète probablement la diminution de la proportion de jeunes au sein de la population même. Cependant, un évitement des habitats par les femelles et les jeunes ne peut pas être exclu. La baie de Tadoussac a été abandonnée par les bélugas (Rémi Hovington, communication personnelle; Pippard, 1985a), possiblement après la construction de la marina et de l'augmentation du trafic maritime touristique en été. Ailleurs dans le monde, l'abondance de dauphins a diminué dans des endroits plus soumis au trafic maritime de bateaux d'excursions et, dans une moindre mesure, de bateaux de recherche (Bejder et collab., 2006).

De plus, les corrélations négatives observées entre le nombre d'embarcations et le nombre de veaux d'une part, et la réduction, lorsque le trafic maritime est plus intense, du comportement d'alimentation à l'embouchure du Saguenay et du comportement de repos et possiblement d'allaitement à la baie Sainte-Marguerite, d'autre part, suggèrent un dérangement par les embarcations. L'évitement de certains secteurs, en présence de bateaux, observé chez les groupes avec des veaux pourrait être considéré comme une forme de réaction contre les prédateurs (Frid et Dill, 2002). La baisse de veaux observée lors des périodes de plus grand achalandage maritime pourrait également refléter un comportement visant à éviter les collisions. En effet, Nowacek et collab. (2001) ont noté une augmentation du temps de plongée chez les femelles de grands dauphins multipares avec leurs veaux. Il n'en demeure pas moins que la baisse significative du trafic maritime à l'embouchure du Saguenay observée depuis 2014 et la réduction de vitesse à 15 nœuds en vigueur depuis 2017 représentent des gains pour le béluga dans ce secteur de trafic intense. Les bélugas sont reconnus pour leur forte fidélité à des sites précis. On peut donc s'attendre à ce qu'ils n'abandonnent pas les secteurs au trafic maritime intense comme l'embouchure du Saguenay, considéré comme un site essentiel pour l'alimentation et comme un passage obligé entre les habitats du fjord et de l'estuaire (Conversano, 2013; Laurin, 1982; Pippard et Malcom, 1978). Pour illustrer la force de cet attachement à des aires précises, Caron et Smith (1990) ont démontré que l'espèce affichait une ténacité à fréquenter les mêmes aires dans l'Arctique même lorsque les individus étaient fortement dérangés par les activités de chasse traditionnelle inuite. Lorsque des animaux privilégient certains endroits ou régions particuliers, comme c'est le cas chez le béluga, ils deviennent plus vulnérables aux perturbations (Lien, 2001) ou aux accidents environnementaux (Williams et collab., 2009).

Les bélugas de l'ESL forment une petite population résidente et côtière. Le dérangement répété et chronique dans les habitats des femelles et des jeunes, qui représentent les individus les plus vulnérables de la population, peut limiter son potentiel de rétablissement (Ménard et collab., 2014; MPO, 2014a). Chez les mammifères domestiques, le dérangement a été identifié comme un facteur menant à des complications lors de la naissance (Lair et collab., 2014). Il a été suggéré que le dérangement des femelles durant la période de mise bas peut accroître les risques de complications à la naissance, comme les dystocies (Lair et collab., 2014; Ménard et collab., 2014; MPO, 2014a), et nuire aux activités d'allaitement qui peuvent se dérouler près de la surface, comme l'illustrent les séquences filmées par drone de bélugas dans le parc marin (Robert Michaud, communication personnelle) et sur de nombreuses espèces de cétacés dans le monde. L'évitement physique des embarcations peut séparer les mères de leur veau, dont la capacité de nage est réduite, et accroître les dépenses énergétiques afin d'éviter, par exemple, une collision (Nowacek et collab., 2001). Bejder et collab. (2006) ont noté que le dérangement pouvait avoir des conséquences dévastatrices sur des petites populations de cétacés résidentes, isolées et en voie de disparition. La population de bélugas du Saint-Laurent répond à tous ces critères de préoccupation. Dans le même sens, Corkeron (2004) suggère que, puisque les dauphins côtiers sont des animaux grégaires qui vivent dans des aires restreintes, le dérangement répété par des bateaux devient en soi une forme de dégradation de l'habitat. Le béluga est exposé de manière chronique au bruit et au dérangement découlant des activités de navigation récréative, des excursions d'observation des mammifères marins et de la navigation commerciale, en particulier pendant l'été dans les portions du parc marin de l'estuaire maritime et aval du fjord du Saguenay (Chion et collab., 2009; Gervaise et collab., 2012; McQuinn et collab., 2011; Ménard et collab., 2014; MPO, 2014b). Le bruit peut non seulement interférer avec la communication entre les individus, qui est vitale notamment entre les mères et les jeunes, mais il peut également réduire l'efficacité de la chasse par un effet de masquage (MPO, 2014b; Williams et collab., 2017).

Recommandation d'une approche spatiale

Les approches spatiales pour protéger l'habitat des cétacés sont de plus en plus mises de l'avant dans le monde (Gormley et collab., 2012; Hoyt, 2005; Lusseau et Higham, 2004; Notarbartolo di Sciarra et collab., 2016). Ces approches sont considérées comme des outils efficaces permettant aux cétacés d'accomplir leurs activités vitales. De plus, la recherche démontre que le bruit de la navigation se prête bien à des mesures d'atténuation spatiale (Williams et collab., 2015b). En raison de la fidélité des bélugas de l'ESL à des sites particuliers en été, les approches spatiales sont bien adaptées au respect des besoins vitaux associés aux naissances et aux soins des jeunes. Rappelons que les premières tentatives de mettre en place des

approches spatiales pour réduire le dérangement du béluga de l'ESL remontent à 1986 (MPO, 1986). La création du parc marin représente en soi une approche spatiale pour encadrer les activités d'observation en mer. Cependant, à ce jour, aucun habitat du béluga ne bénéficie encore de mesures de protection strictes à l'égard du dérangement pouvant résulter de tout type d'embarcation. Avec la préoccupation grandissante des effets du bruit sur les mammifères marins à l'échelle mondiale (Williams et collab., 2015a), la notion de « zones de silence » ou de « refuges acoustiques » a commencé à être considérée pour la protection du béluga. L'encadrement ou la limitation des activités de plaisance et touristiques, en particulier celles effectuées avec des petites embarcations produisant du bruit susceptible d'interférer le plus avec les fréquences utilisées par le béluga (McQuinn et collab., 2011), pourrait contribuer à la préservation de ces zones de tranquillité, surtout dans des endroits peu profonds. Les troupeaux de femelles accompagnées de veaux et de juvéniles ont une préférence pour les eaux moins profondes (Michaud, 1993; Mosnier et collab., 2010), possiblement en raison de l'accès à des proies clés (Dutil et collab., 2009; Laroque et collab., 2011, cité dans Mosnier et collab., 2016; Monro et collab., 1998).

Dans une perspective de gestion de l'espace maritime, nous proposons de prendre en compte les considérations associées au libre passage des bateaux sur les routes de navigation les plus utilisées et les lieux privilégiés par les activités touristiques existantes pour cerner les secteurs où des gains sont possibles en matière de conservation des habitats du béluga. En s'inspirant de l'approche des « sites de possibilité » (*opportunity sites*) proposée par Williams et collab. (2015b), on peut dégager des secteurs où le trafic maritime est moindre et non obligatoire, et qui présentent un très haut potentiel de conservation pour les femelles et les jeunes. La rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, où la marine marchande et la navigation touristique sont moins importantes qu'au nord de l'estuaire, offre le plus grand potentiel en matière de conservation. La portion de l'estuaire moyen du parc marin, où les excursions qui ciblaient particulièrement les bélugas ont cessé d'opérer en 2015, offre un potentiel considérable pour limiter le dérangement par ces activités et par le bruit dans des fréquences sonores importantes pour l'espèce (McQuinn et collab., 2011). Selon Hoyt (2010), pour préserver la tranquillité des baleines, un tiers de la superficie des aires marines protégées devrait être exclu de l'observation des baleines durant un tiers du temps. La portion couvrant l'estuaire moyen est le secteur le plus naturel du parc marin, où des processus de reproduction se déroulent non seulement pour le béluga, mais aussi pour les oiseaux et les poissons. Sa conservation offre donc un potentiel important pour l'ensemble de la biodiversité marine.

À plus fine échelle, la limite de vitesse à 15 nœuds à l'embouchure du Saguenay et les nouvelles dispositions du RAM concernant le béluga, en vigueur depuis 2017, devraient favoriser une diminution des situations conflictuelles dans le secteur de l'embouchure, où le trafic maritime demeure élevé malgré la baisse observée dans les dernières années. L'établissement de secteurs d'exclusion temporaire en période

estivale permettrait de réserver des lieux de quiétude, tels que la baie Sainte-Marguerite, dans des endroits critiques pour le béluga. Les approches spatiales de conservation qui tiennent compte à la fois des endroits où la navigation doit avoir lieu pour des considérations de sécurité et socio-économiques, mais qui prennent aussi en compte les besoins des bélugas, notamment les femelles et les jeunes en été, favoriseront une véritable cohabitation entre les activités anthropiques et le béluga. Nous croyons que l'accès aux proies clés, notamment les poissons de fourrage, ainsi qu'à des lieux de quiétude durant les périodes critiques pour les femelles et les jeunes, pourraient améliorer la résilience de la population face aux dégradations de son habitat, notamment celles résultant des changements climatiques.

Conclusion

Plus que toute autre espèce au Québec, le béluga a permis de progresser vers la restauration et la conservation des écosystèmes du Saint-Laurent et du Saguenay. Les préoccupations au sujet de son déclin ont servi de catalyseur pour que les gouvernements et la population concrétisent des actions pour réduire les apports de contaminants persistants et établir une des premières aires marines protégées au Canada.

Plus présent que jamais dans l'espace public et politique, le béluga est une véritable force tranquille. La volonté de rétablir la population a permis de remettre en question des projets de développement industriel et elle continue d'être au cœur des mesures de conservation dans l'ESL. À l'heure où des petites populations de cétacés disparaissent entièrement à des vitesses fulgurantes (p. ex., le vaquita [*Phocoena sinus*] au Mexique, et de nombreuses espèces de dauphins de rivière), le rétablissement du béluga du Saint-Laurent représente une véritable occasion de se démarquer à l'échelle mondiale en matière de conservation de la biodiversité marine. La future génération de bélugas du Saint-Laurent dépend de la manière dont nous réussirons à cohabiter avec cette espèce emblématique dans l'un des plus majestueux estuaires du monde.

Remerciements

Cet article est dédié à Léone Pippard, figure de proue de la conservation des bélugas du Saint-Laurent et de l'établissement du parc marin, et à nos enfants. Les auteurs tiennent également à remercier Émilien Pelletier, Robert Michaud, Véronik de la Chenelière, Isabelle Gauthier, Pierre Beaufile, Sarah Duquette, Véronique Lesage, Christiane Albuquerque Martins, Ian McQuinn, Valérie Busque, Stéphane Lair, Richard Laroque, Pascale Lacouline et Maryline Thorne. Nous désirons également remercier Michel Boivin et Suzan Dionne, qui ont grandement contribué à définir les premières mesures de conservation au parc marin dans un esprit de concertation avec lequel nous travaillons encore. Merci à l'équipe de rédaction du *Naturaliste Canadien*, notamment Pierre Périnet et Denise Tousignant, ainsi que les 2 réviseurs anonymes qui ont permis de bonifier cet article. ◀

Références

- BEJDER, L., A. SAMUELS, H. WHITEHEAD et N. GALES, 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour*, 72 (5) : 1149-1158.
- BRODIE, P.F., 1989. The white whale, *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776). Dans : RIDGWAY, S.H. et R. HARRISON (édit.), *Handbook on marine mammals*, Academic Press, London, 4 : 119-144.
- BUI, A.O.V., P. OUELLET, M. CASTONGUAY et J.C. BRÊTHES, 2010. Ichthyoplankton community structure in the northwest Gulf of St. Lawrence (Canada): past and present. *Marine Ecology Progress Series*, 412 : 189-205.
- BUSQUE, V., 2006. Utilisation de la baie Sainte-Marguerite par le béluga du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*) et les embarcations nautiques : rapport des saisons 2003 à 2005. Rapport présenté au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, Parcs Canada et la Société des établissements de plein air du Québec, Comité ZIP-Saguenay, Saguenay, 51 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Busque-2006_etude-des-blugas-a-la-baie-Sainte-Marguerite_2003-2005.pdf.
- CARON, L.M.J. et D.E. SERGEANT, 1988. Yearly variation in the frequency of passage of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) at the mouth of the Saguenay River, Quebec, over the past decade. *Le Naturaliste canadien*, 115 : 111-116.
- CARON, L.M.J. et T.G. SMITH, 1990. Philopatry and site tenacity of belugas, *Delphinapterus leucas*, hunted by Inuit at the Nastapoka Estuary, eastern Hudson Bay. Dans : SMITH, G., D.J. ST. AUBIN et J.R. GERACI (édit.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 224 : 69-79.
- CHADENET, V., 1997. Fréquentation et bilan d'activité du béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent dans la baie Sainte-Marguerite. Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Université Laval, Québec, 75 p.
- CHION, C., S. TURGEON, R. MICHAUD, J.-A. LANDRY et L. PARROTT, 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2007. Rapport présenté à Parcs Canada, 86 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Chion-et-al2009_Portrait-de-la-navigation-dans-le-parc-marin-du-Saguenay-Saint-Laurent-2007.pdf.
- CHION, C., D. LAGROIS, J. DUPRAS, S. TURGEON, I.H. MCQUINN, R. MICHAUD, N. MÉNARD et L. PARROTT, 2017. Underwater acoustic impacts of shipping management measures: Results from a social-ecological model of boat and whale movements in the St. Lawrence River Estuary (Canada). *Ecological Modelling*, 354 : 72-87.
- CONVERSANO, M., 2013. Utilisation d'un habitat particulier par le béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent : Fréquentation interannuelle, saisonnière, circadienne et tidale de l'embouchure du Saguenay. Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 191 p.
- CONVERSANO, M., S. TURGEON et N. MÉNARD, 2017. Caractérisation de l'utilisation de l'embouchure du Saguenay et de la baie Sainte-Marguerite par le béluga du Saint-Laurent et par le trafic maritime entre 2003 et 2016. Analyse des données d'observation terrestre et recommandations sur les mesures de gestion visant à réduire le dérangement dans les aires de haute résidence du béluga dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Parcs Canada, Tadoussac, 122 p. Disponible en ligne à : <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Conversano-et-al-2017Caractrisation-de-lutilisation-EMB-et-BSM.pdf>.
- CORKERON, P.J., 2004. Whale watching, iconography, and marine conservation. *Conservation Biology*, 18 (3) : 849-849.
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 2014. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent, au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 73 p. Disponible en ligne à : http://www.sararegistry.gc.ca/document/default_f.cfm?documentID=2755.
- DIONNE, S. (sous la direction de), 2001. Plan de conservation des écosystèmes du parc marin Saguenay–Saint-Laurent. Parcs Canada, parc marin Saguenay–Saint-Laurent, Québec, 538 p. Disponible en ligne à : <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Plan-de-conservation-des-ecosystemes-du-parc-marin-du-Sag-St-L-2001.pdf>.
- DUTIL, J.-D., C. NOZÈRES, P.-M. SCALLON-CHOUIARD, L. VAN GUELPEL, D. BERNIER, S. PROULX, R. MILLER et C. SAVENKOFF, 2009. Poissons connus et méconnus des fonds marins du Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 133 (2) : 70-82.
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada, 2017. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Aires protégées au Canada, 24 p. Disponible en ligne à : https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/main/indicateurs-indicators/5fabe1cd-8908-4bb5-b893-1161b6d05778/canadasprotectedareas_fr.pdf.
- ERBE, C., C. REICHMUTH, K. CUNNINGHAM, K. LUCKE et R. DOOLING, 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 103 (1-2) : 15-38. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.12.007.
- FRID, A. et L.M. DILL, 2002. Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology*, 6 (1) : 11.
- GALBRAITH, P.S., J. CHASSÉ, P. NICOT, C. CAVERHILL, D. GILBERT, B. PETTIGREW, D. LEFAIVRE, D. BRICKMAN, L. DEVINE et C. LAFLEUR, 2015. Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2014. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2015/032, v + 82 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/359694.pdf>.
- GERVAISE, C., Y. SIMARD, N. ROY, B. KINDA et N. MÉNARD, 2012. Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub. *Journal of the Acoustical Society of America*, 132 : 76-89. doi:10.1121/1.4728190.
- GORMLEY A.M., E. SLOOTEN, S. DAWSON, R.J. BARKER, W. RAYMENT, S. DU FRESNE et S. BRÄGER, 2012. First evidence that marine protected areas can work for marine mammals. *Journal of Applied Ecology*, 49 : 474-480.
- GOSELIN, J.-F., M.O. HAMMILL et V. LESAGE, 2007. Comparison of photographic and visual abundance indices of belugas in the St Lawrence Estuary in 2003 and 2005. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2007/025, ii + 27p.
- GOSELIN, J.-F., M.O. HAMMILL et A. MOSNIER, 2014. Summer abundance indices of St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*) from a photographic survey in 2009 and 28 line transect surveys from 2001 to 2009. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2014/021, 51 p. Disponible en ligne à : <http://publications.gc.ca/site/fra/468637/publication.html>.
- GOVERNEMENT DU CANADA et GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 1989. Entente d'harmonisation et de concertation pour la dépollution, la protection, la restauration et la conservation du fleuve Saint-Laurent entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec (voir annexes A à D pour le Plan d'action Saint-Laurent), 32 p.
- GOVERNEMENT DU CANADA et GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 2010. Plan directeur du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. 84 p. Disponible en ligne à : http://parcmarin.qc.ca/wp-content/uploads/2016/04/Saguenay-St-Laurence_Marine_Park_Management_Plan_2010-1.pdf.
- HAMMILL, M.O., L.N. MEASURES, J.-F. GOSELIN et V. LESAGE, 2007. Lack of recovery in St. Lawrence Estuary beluga. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2007/026, 23 p.
- HOYT, E. 2005. Marine protected areas for whales, dolphins, and porpoises: A world handbook for cetacean habitat conservation. Earthscan, Londres, 512 p.
- HOYT, E., 2010. Schéma de développement des sites d'observation des baleines et de dauphins. Humane Society International, Washington, D.C., 29 p.

- LAIR, S., 2016. Collecte et examen de carcasses de bélugas du Saint-Laurent : Rapport d'opération 2015 présenté à Parcs Canada, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, 21 p. Disponible en ligne à : <http://prod-sitecore/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Lair-S,-d-,2016,-d-,Collecte-et-examen-de-carcasses-de-belugas-2015.pdf>.
- LAIR, S., 2017. Collecte et examen de carcasses de bélugas du Saint-Laurent : Rapport final 2016 présenté à Parcs Canada, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, 54 p. Disponible en ligne à : <http://prod-sitecore/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Lair-S,-d-,2017,-d-,Collecte-et-examen-de-carcasses-de-belugas-2016.pdf>.
- LAIR, S., 2018. Collecte et examen de carcasses de bélugas du Saint-Laurent : Rapport d'opération 2017 présenté à Parcs Canada, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, 19 p. Disponible en ligne à : <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Lair-S-2018-Collect-et-examen-de-carcasses-de-belugas-2017.pdf>.
- LAIR, S., D. Martineau et L.N. Measures, 2014. Causes of mortality in St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*) from 1983 to 2012. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2013/119, 36 p. Disponible en ligne à : <https://pdfs.semanticscholar.org/2582/320291ebf224aa499e095baadb808f98aa4.pdf>.
- LAURIN, J., 1982. Étude écologique et éthologique de la population de bélugas, *Delphinapterus leucas*, du fjord du Saguenay, Québec. Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Université de Montréal, Montréal, 145 p.
- LEBEUF, M., L. MEASURES, M. NOËL, M. RAACH et S. TROTTIER, 2014. A twenty-one-year temporal trend of persistent organic pollutants in St. Lawrence Estuary beluga. *Canada Science of the Total Environment*, 485-486 : 377-386.
- LESUEUR, C. 2004. Localisation des frayères à éperlan arc-en-ciel de la rivière Saguenay : Rapport de fin de projet (1995-2003). Rapport du Comité ZIP Saguenay au ministère des Pêches et des Océans Canada, à la Société de la faune et des parcs du Québec et au Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, 28 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Lesueur-2004_Localisation-des-frayeres-a-eperlans-rapport-de-fin-de-projet-1995-2003_leger.pdf.
- LEMIEUX Lefebvre, S., R. MICHAUD, V. LESAGE et D. BERTEAUX, 2012. Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. *Marine Ecology Progress Series*, 450 : 243-257.
- LESAGE, V., L. Measures, A. Mosnier, S. Lair, R. Michaud et P. Béland. 2014. Mortality patterns in St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*), inferred from the carcass recovery data, 1983-2012. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2013/118, iv + 23 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/361254.pdf>.
- LÉVESQUE, L., 2017. Émergences, aires de concentration et croissance des larves de hareng atlantique (*Clupea harengus*) dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 106 p.
- LIEN, J., 2001. Les principes de conservation justifiant la réglementation de l'observation des baleines au Canada par le ministère des Pêches et des Océans : une approche prudente. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2363, 38 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/259974.pdf>.
- LOI SUR LE PARC MARIN DU SAGUENAY-SAINTE-LAURENT, L.C. 1997, c.37. Disponible en ligne à : <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/S-1.3/>.
- LOI SUR LE PARC MARIN DU SAGUENAY-SAINTE-LAURENT, L.Q. 1997, c. P-8.1 Disponible en ligne à : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/P-8.1>.
- LUSSEAU, D. et J.E.S. HIGHAM, 2004. Managing the impacts of dolphin-based tourism through the definition of critical habitats: The case of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in Doubtful Sound, New Zealand. *Tourism Management*, 25 : 657-667.
- MALTAIS, B. et E. PELLETIER, 2018. Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent : création et gestion participative inédite au Canada. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 4-17.
- MARTINS, C.C.A., 2016. Les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent et en périphérie : Portrait 2011-2015; Évolution de l'activité 1994-2015; Espèces en péril. Rapport final, Tryphon Océans, Tadoussac, Québec, présenté à Parcs Canada et au Groupe de Recherche et Éducation sur les Mammifères Marins (GREMM), 67 p + iii annexes. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Martins-2016_Rapport_AOM_1994_2015.pdf.
- MARTINS, C.C.A., S. TURGEON, R. MICHAUD et N. MÉNARD, 2018. Suivi des espèces ciblées par les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent de 1994 à 2017. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 65-79.
- MATTHEWS, C.J.D. et S.H. FERGUSON, 2015. Wearing age variation in beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Journal of Mammalogy*, 92 (2) : 425-437. doi:10.1093/jmammal/gyv046.
- MCQUINN, I.H., V. LESAGE, D. CARRIER, G. LARRIVÉE, Y. SAMSON, S. CHARTRAND, R. MICHAUD et J. THERIAULT, 2011. A threatened beluga (*Delphinapterus leucas*) population in the traffic lane: Vessel-generated noise characteristics of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park, Canada. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130 : 3661-3673.
- MÉNARD, N., 1997. État des connaissances sur l'utilisation de la baie Sainte-Marguerite par les bélugas (*Delphinapterus leucas*) et sources potentielles de dérangement engendré par les activités nautiques. Parcs Canada, parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, 13 p. Disponible en ligne à : <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Menard-1997-etat-connaissances-belugas-bsm.pdf>.
- MÉNARD, N., M. PAGÉ, V. BUSQUE, I. CROTEAU, R. PICARD et D. GOBEL, 2007. Rapport sur l'état du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent 2007. Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, Tadoussac, Québec, ISBN: 978-0-662-07782-4, 65 p. + annexes. Disponible en ligne à : <http://prod-sitecore/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/MnardNetcollab2007RapportsurletatduparcmarinduSagStLaurent20072DPI.pdf>.
- MÉNARD, N., V. DE LA CHENELIÈRE, N. BERGERON et J.-L. PROVANCHER, 2011. L'observation des baleines dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Guide des pratiques écoresponsables pour les capitaines/naturalistes en mer. Édition 2011, Alliance Éco-Baleine, Québec, 27 p. Disponible en ligne à : http://www.eco-baleine.ca/pdf/Guide_ecoresponsable2011.pdf.
- MÉNARD, N., R. MICHAUD, C. CHION et S. TURGEON, 2014. Documentation of maritime traffic and navigational interactions with St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*) in calving areas between 2003 and 2012. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2014/003, 25 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/360873.pdf>.
- Michaud, R., 1993. Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent; synthèse 1986 à 1992. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1906, 28 p. Disponible en ligne à : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/145880.pdf>.
- MICHAUD, R., M. MOISAN, V. DE LA CHENELIÈRE, S. DUQUETTE et M.-H. D'ARCY, 2010. Les activités d'observation en mer des mammifères marins (AO3M) dans l'estuaire du Saint-Laurent : zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent et parc marin du Saguenay-Saint-Laurent – Portrait 2005-2010. Rapport final, Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, Tadoussac, 34 p. Disponible en ligne à : http://gremm.org/docs/Michaud_et_al_2010.pdf.

- MONRO, J., D. GAUTHIER et J.A. GAGNÉ, 1998. Description d'une frayère de hareng (*Clupea harengus*) à l'île aux Lièvres dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2239, 34 p. Disponible en ligne à : <http://publications.gc.ca/site/fra/461806/publication.html>.
- MOSNIER, A., V. LESAGE, J.-F. GOSSSELIN, S. LEMIEUX LEFEBVRE, M.O. HAMMILL et T. DONIOL-VALCROZE, 2010. Information relevant to the documentation of habitat use by St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*), and quantification of habitat quality. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2009/098, 35 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/339783.pdf>.
- MOSNIER, A., T. DONIOL-VALCROZE, J.-F. GOSSSELIN, V. LESAGE, L.M. MEASURES et M.O. HAMMILL, 2014. An age structured Bayesian population model for St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*). Secrétariat canadien de consultation scientifique du ministère des Pêches et Océans, Document de recherche 2013/127, 39 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/360989.pdf>.
- MOSNIER, A., R. LAROCQUE, M. LEBEUF, J.-F. GOSSSELIN, S. DUBÉ, V. LAPOINTE, V. LESAGE, D. LEFAVRE, S. SENNEVILLE et C. CHION, 2016. Définition et caractérisation de l'habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique. Secrétariat canadien de consultation scientifique du ministère des Pêches et des Océans, Document de recherche 2016/052, 93 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2016/2016_052-fra.html.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 1986. Plan de conservation des bélugas et autres cétacés du Saint-Laurent. Région du Québec, 6 p.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 1988. Directive s'appliquant à l'observation des bélugas et des cétacés du Saint-Laurent. Région du Québec, 22 p.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 1991. Directive aux plaisanciers et capitaines de navires d'excursion pour prévenir tout dérangement et harcèlement des baleines. Région du Québec, 16 p. Disponible en ligne à : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/187490fre.pdf>.
- [MPO] Ministère des Pêches et des Océans, 2005. Compte rendu de la réunion portant sur l'évaluation du potentiel de rétablissement des populations de béluga (*Delphinapterus leucas*) du détroit de Cumberland, de la baie d'Ungava, de l'est de la baie d'Hudson et du Saint-Laurent. 5-7 avril. Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Compte rendu 2005/011, 86 p.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2009. Avis sur la désignation de l'habitat essentiel des bélugas du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*). Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Avis scientifique 2009/070, 9 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/339957.pdf>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 p. Disponible en ligne à : http://www.registrelep.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_st_laur_beluga_0312_f.pdf.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2014a. Situation du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Avis scientifique 2013/076, 19 p. Disponible en ligne à : <http://publications.gc.ca/site/eng/464105/publication.html>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2014b. Répercussions de la déviation du trafic maritime dans l'estuaire du Saint-Laurent sur le béluga (*Delphinapterus leucas*): le Secteur des sciences à l'appui de la gestion des risques. Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Avis scientifique 2014/004, 9 p. Disponible en ligne à : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/352156.pdf>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2016a. Initiative de Recherche Écosystémique (IRÉ): avis intégré sur l'habitat estival du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Avis scientifique 2016/030, 13 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/361046.pdf>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, 2016b. Effets des activités de dragage sur le béluga du Saint-Laurent et son habitat. Secrétariat canadien de consultation scientifique du Ministère des Pêches et des Océans, Réponse des Sciences 2016/033, 18 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40610974.pdf>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS, en prép. Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent. Série de Plans d'action de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS et [WWF] WORLD WILDLIFE FUND, 1995. Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Préparé par l'équipe de rétablissement du béluga du Saint-Laurent, 73 p.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA, G., E. HOYT, R. REEVES, J. ARDRON, H. MARSH, D. VONGRAVEN et B. BARR, 2016. Place-based approaches to marine mammal conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 26: 85-100.
- NOWACEK, S.M., R.S. WELLS et A.R. SOLOW, 2001. Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. Marine Mammals Science, 17: 673-688.
- OUELLET, P., A.O.V. BUI, D. LAVOIE, J. CHASSE, N. LAMBERT, N. MENARD et P. SIROIS, 2013. Seasonal distribution, abundance, and growth of larval capelin (*Mallotus villosus*) and the role of the Lower Estuary (Gulf of St. Lawrence, Canada) as a nursery area. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences, 70: 1508-1530. doi:10.1139/cjfas-2013-0227.
- PIPPARD, L., 1985a. Status of the St. Lawrence River population of beluga, *Delphinapterus leucas*. Canadian Field-Naturalist, 99: 438-450.
- PIPPARD, L., 1985b. Patterns of movement of St. Lawrence white whales. A technical report presented to the Canadian Wildlife Service and Parks Canada, 234 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Pippard-1985_Patterns-of-movement-of-the-Saint-Lawrence-white-whale.pdf.
- PIPPARD, L., 1990. Towards a better marine park. A brief concerning the boundaries for the boundaries of the Saguenay Marine Park. Presented to the Harmonization Committee, Public Hearings, December 1990, Canadian Ecology Advocates, 34 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Pippard-1990_Towards-a-Better-Marine-Park-December-1990.pdf.
- PIPPARD, L., 1991. The making of the Saguenay Marine Park: A case study. Canadian Ecology Advocates, 19 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Pippard-1991_The-making-of-Saguenay-Marine-Park_A-case-study.pdf.
- PIPPARD, L. et H. MALCOLM, 1978. Le béluga (*Delphinapterus leucas*). Observations sur sa distribution, sa population et ses habitats essentiels dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Parcs Canada, Ottawa, Contrat 76-190, 161 p. Disponible en ligne à : <http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/PippardetMalcom1978WhitewhalesObservationontheirdistributionpopulationandcriticalhabitats.pdf>.
- PITCHER, T.J. et J.K. PARRISH, 1993. Functions of shoaling behavior in teleosts. Dans: Pitcher, T.J. (édit.). Behavior of teleost fishes, Chapman and Hall, London, p. 363-439.

- PLOURDE, S., P. GALBRAITH, V. LESAGE, F. GRÉGOIRE, H. BOURDAGE, J.-F. GOSSELIN, I. MCQUINN et M. SCARRATT, 2014. Ecosystem perspective on changes and anomalies in the Gulf of St. Lawrence: a context in support to the management of the St. Lawrence beluga whale population. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2013/129, v + 29 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/360987.pdf>.
- PRESCOTT, J. et M. GAUQUELIN, 1990. Pour l'avenir du Béluga. Compte rendu du Forum International pour l'avenir du béluga, Presses de l'Université du Québec, Québec, 345 p.
- REEVES, R.R. et E.D. MITCHELL, 1984. Catch history and initial population size of white whales, *Delphinapterus leucas*, in the river and Gulf of the St Lawrence, eastern Canada. *Le Naturaliste canadien*, 111 : 63-121.
- RUGH DJ, K.E.W. SHELDEN, R.C. HOBBS, 2010. Range contraction in a beluga whale population. *Endangered Species Research*, 12 : 69-75.
- SAVENKOFF, C., D.P. SWAIN, J.M. HANSON, M. CASTONGUAY, M.O. HAMMILL, H. BOURDAGES, L. MORISSETTE et D. CHABOT, 2007. Effects of fishing and predation in a heavily exploited ecosystem: comparing periods before and after the collapse of groundfish in the southern Gulf of St. Lawrence (Canada). *Ecological Modelling*, 204 : 115-128.
- SERGEANT, D.E. 1986. Present status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St. Lawrence Estuary. *Le Naturaliste canadien*, 113 : 61-81.
- SERGEANT, D.E. et P.F. BRODIE, 1975. Identity, abundance, and present status of populations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in North America. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32 : 1047-1054.
- SERGEANT, D.E. et W. HOEK, 1988. An update of the status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St. Lawrence Estuary, *Canada Biology Conservation*, 45 : 287-302.
- SOM, 2007. Étude auprès des plaisanciers naviguant dans le parc marin Saguenay-Saint-Laurent, Rapport final présenté à Parcs Canada, Service de la recherche en sciences sociales, Centre de services du Québec, 63 p.
- TITTLE, L., 1996. Profil de l'industrie des croisières-excursions au Québec en 1996. Association des croisières-excursions du Québec, 41 p. + annexes.
- TYNE, J., N. LONERAGAN et L. BEJDER, 2014. The use of area-time closures as a tool to manage cetacean-watch tourism. Dans : HIGHAM, J., L. BEDJER et R. WILLIAMS (édit.). *Whale-watching: Sustainable tourism and ecological management*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 242-260.
- VLADYKOV, V.D., 1944. Chasse, biologie et valeur économique du Marsouin Blanc ou Béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. *Études sur les mammifères aquatiques*, Département des pêcheries, Québec, 194 p.
- VLADYKOV, V.D., 1946. Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Département des pêcheries de la province de Québec, 129 p.
- WILLIAMS, R., D. LUSSEAU et P. HAMMOND, 2009. The role of social aggregations and protected areas in killer whale conservation: The mixed blessing of critical habitat. *Biological Conservation*, 142 : 709-719.
- WILLIAMS, R., G.A. VIKINGSSON, A. GISLASON, C. LOCKYER, L. NEW, L. THOMAS et P.S. HAMMOND, 2013. Evidence for density-dependent changes in body condition and pregnancy rate of North Atlantic fin whales over four decades of varying environmental conditions. *ICES Journal of Marine Sciences*, 70 : 1273-1280.
- WILLIAMS, R., A.J. WRIGHT, E. ASHE, L.K. BLIGHT, R. BRUINTJES, R. CANESSA, C.W. CLARK, S. CULLIS-SUZUKI, D.T. DAKIN, C. ERBE, P.S. HAMMOND, N.D. MERCHANT, P.D. O'HARA, A.N. RADFORD, S.D. SIMPSON, L. THOMAS et M.A. WALE, 2015a. Impacts of anthropogenic noise on marine life: Publication patterns, new discoveries, and future directions in research and management. *Ocean & Coastal Management*, 115 : 17-24. doi:10.1016/j.ocecoaman.2015.05.021.
- Williams, R., C. Erbe, E. Ashe et C.W. Clark, 2015b. Quiet(er) marine protected areas, *Marine Pollution Bulletin*, 100 (1) : 154-161.
- WILLIAMS, R., R.C. LACY, E. ASHE, A. HALL, C. LEHOX, V. LESAGE, I. MCQUINN et S. PLOURDE, 2017. Predicting responses of St. Lawrence beluga to environmental change and anthropogenic threats to orient effective management actions. Department of Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2017/027, 44 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2017/2017_027-eng.pdf.

Une décennie de suivis acoustiques continus des rorquals bleus, des rorquals communs et du krill dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent de 2007 à 2017

Yvan Simard^{1, 2} et Nathalie Roy¹

Résumé

Pour suivre la fréquentation du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent par le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) et le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) ainsi que la concentration de leur nourriture, le krill, un observatoire acoustique a été opéré de 2007 à 2017 à l'est du parc. L'information nouvelle qu'apportent ces séries temporelles décennales montre que : a) la présence des rorquals est relativement stable, et que les deux espèces ont visité la région chaque année, particulièrement dans la 2^e moitié de l'an, jusqu'à l'apparition des glaces; b) les dates de début et de fin varient, et cette fréquentation saisonnière est plus intense tard en automne qu'au cours de l'été, alors que l'écotourisme d'observation des baleines bat son plein; c) la concentration de krill est élevée (50 % du temps supérieure à 176 t/km²) mais subit d'importantes fluctuations sur de courtes périodes, sans lien particulièrement fort avec des forçages physiques ou biologiques de plus d'un jour, tel celui des marées semi-mensuelles, d'après les analyses de rythmes effectuées. La concentration quotidienne de krill tendait vers un maximum de la mi-décembre à la mi-février. Dans un contexte de réchauffement planétaire, la présence hivernale des rorquals pourrait se prolonger si la période englacée diminue.

MOTS CLÉS : acoustique, décennie, infrasons, krill, rorquals

Abstract

An underwater acoustic observatory, operated between 2007 and 2017 in the eastern part of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park (Québec, Canada), monitored use of the area by blue (*Balaenoptera musculus*) and fin (*Balaenoptera physalus*) whales, and the concentration of their food source, krill. This 10-year time series provided new information showing that over the study period: a) the presence of these rorqual was relatively stable, with both species visiting the area annually, particularly during the second half of the year, until ice formation; b) the start and end dates varied and frequentation was more intense during late fall than summer, when whale-watching ecotourism reaches a peak; and c) the krill concentration was high (> 176 t/km² for 50% of the time), but fluctuated over short periods, with no apparent link to the physical or biological factors longer than 24 hours from rhythmic analysis (e.g., the fortnightly tidal period). The krill concentration tended to reach a maximum between mid-December and mid-February. If global warming shortens the ice cover period, these rorquals may spend more time in the area during winter.

KEYWORDS: acoustics, decade, infrasounds, krill, rorquals

Introduction

Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent est un site naturel canadien exceptionnel de l'Atlantique du Nord-Ouest en raison de ses caractéristiques topographiques, géologiques, océanographiques et biologiques (Drainville, 1968; Locat et Levesque, 2009; Mosnier et collab., 2016; Saucier et Chassé, 2000; Simard, 2009). Habitat pérenne de plusieurs espèces de mammifères marins, résidentes tel le béluga (*Delphinapterus leucas*), ou visiteurs assidus, tels les grands rorquals, le parc marin est une destination achalandée de l'écotourisme mondial d'observation des baleines (O'Connor et collab., 2009). Cette activité saisonnière est fortement concentrée en été, tout comme l'information récoltée sur la fréquentation par les baleines à bord des bateaux d'excursion ou de recherche, d'observations côtières (p. ex., Conversano et collab., 2017; Edds et MacFarlane, 1987) ainsi qu'à partir d'aéronefs (p. ex.,

Gosselin et collab., 2017). Ce constat est aussi vrai pour les informations disponibles sur l'abondance, la distribution et la concentration des espèces de proies dont se nourrissent les baleines dans le parc marin, notamment celles filtrant des concentrations de petits organismes comme le krill ou le capelan (p. ex., Simard et Lavoie, 1999; Simard et collab., 2002).

¹Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada, 850 route de la Mer, Mont-Joli, Québec, Canada G5H 3Z4

yvan.simard@dfo-mpo.gc.ca

nathalie.roy@dfo-mpo.gc.ca

²Institut des Sciences de la Mer, Université du Québec à Rimouski, 310, allée des Ursulines, C.P. 3300, Rimouski, Québec, Canada G5L 3A1

yvan_simard@uqar.ca

Pour contribuer à combler ce manque d'information sur la fréquentation du parc marin par les mammifères marins et sur la concentration de leur nourriture au long de cycles annuels complets, nous avons fait appel aux nouvelles technologies en acoustique sous-marine passive et active.

Un observatoire acoustique a été installé à l'entrée est du parc marin pour détecter les baleines par les sons qu'elles émettent régulièrement et pour mesurer la concentration relative de krill par une forme d'échographie des masses d'eau. Cet observatoire opérant jour et nuit, 7 jours par semaine, beau temps, mauvais temps, a été maintenu depuis l'automne 2007. Le présent travail dévoile les résultats d'une analyse des données récoltées pour cette première période de 10 ans, à l'occasion du 20^e anniversaire de création du parc marin.

Matériel et méthodes

L'observatoire acoustique a été déployé au large des Escoumins, sur le rebord nord du chenal Laurentien (figure 1). Sa configuration verticale comprend une ancre déposée sur le fond, un largueur acoustique (IXblue, Oceano 2500, <https://www.ixblue.com/products/oceano-25005000>) maintenu environ 1,5 m plus haut par des bouées sous-marines, un hydrophone autonome (Multi-Électronique inc., AURAL M2, <http://www.multi-electronique.com/aural.html>) avec bouées de flottaison et un système acoustique autonome Doppler à 4 faisceaux (Teledyne Marine, Workhorse Sentinel ADCP RDI, 300 kHz, <http://www.teledynemarine.com/workhorse-sentinel-adcp>) inséré dans un caisson de flottaison profilé placé de 105 à 125 m sous la surface avec ses faisceaux orientés vers le haut (figure 1, encart). L'observatoire a été déployé à partir du 17 octobre 2007 et a été entretenu annuellement depuis. Les hydrophones enregistraient pendant 15 ou 30 minutes par heure (10 min/h en 2007-08), et les systèmes acoustiques Doppler ultrasoniques mesuraient l'intensité de rétrodiffusion reliée aux concentrations de zooplancton et autres particules dans la colonne d'eau, toutes les 20 ou 30 minutes (figure 2). Chaque année, les séries temporelles accusent des périodes de quelques semaines à quelques mois sans fonctionnement lorsque les piles alimentant les instruments s'épuisaient avant leur remplacement annuel.

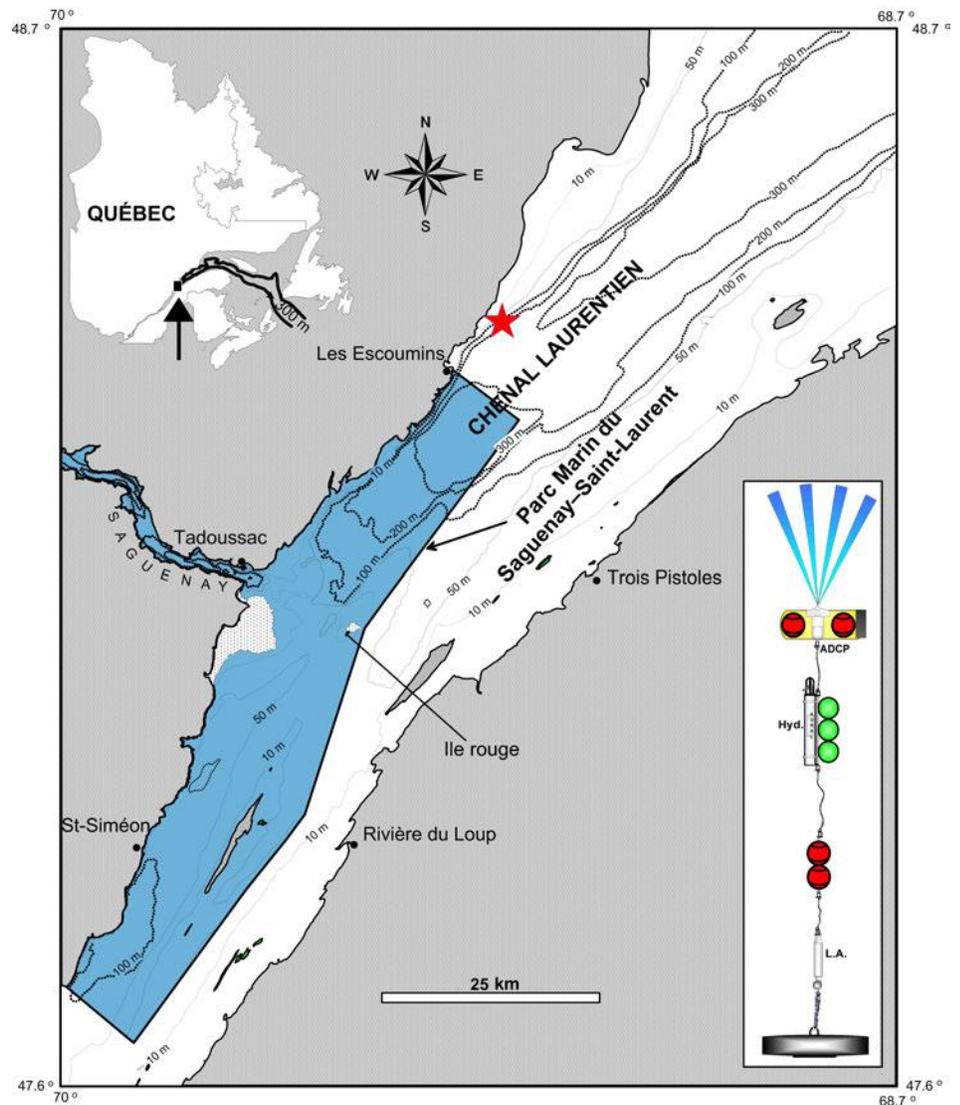


Figure 1. Emplacement de la station des mesures acoustiques (étoile rouge) au large des Escoumins, en aval du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Les lignes pointillées indiquent les isobathes en mètre. En mortaise: schéma de l'observatoire acoustique autonome: ancre, largueur acoustique (L.A.), flotteurs, hydrophone AURAL M2 (Hyd.) muni de flotteurs, caisson flotteur avec courantomètre acoustique Doppler Teledyne Marine RDI Workhorse Sentinel 300 kHz (ADCP).

Les enregistrements des hydrophones ont été l'objet d'analyses à l'aide d'algorithmes de traitement numérique spécialisés pour détecter les infrasons émis régulièrement par les rorquals bleus (p. ex., Berchok et collab., 2006) et les rorquals communs (Watkins et collab., 1987) (figure 3). Ces algorithmes réalisent une séquence d'opérations pour repérer les stéréotypes de ces infrasons spécifiques dans les images temps-fréquence des enregistrements, les spectrogrammes, tels que présentés à la figure 3. Ces détections automatiques sont ensuite vérifiées par un observateur expérimenté afin d'éliminer les détections erronées. Le nombre d'heures contenant des infrasons pour chaque jour est ensuite compté pour construire la série temporelle pluriannuelle de

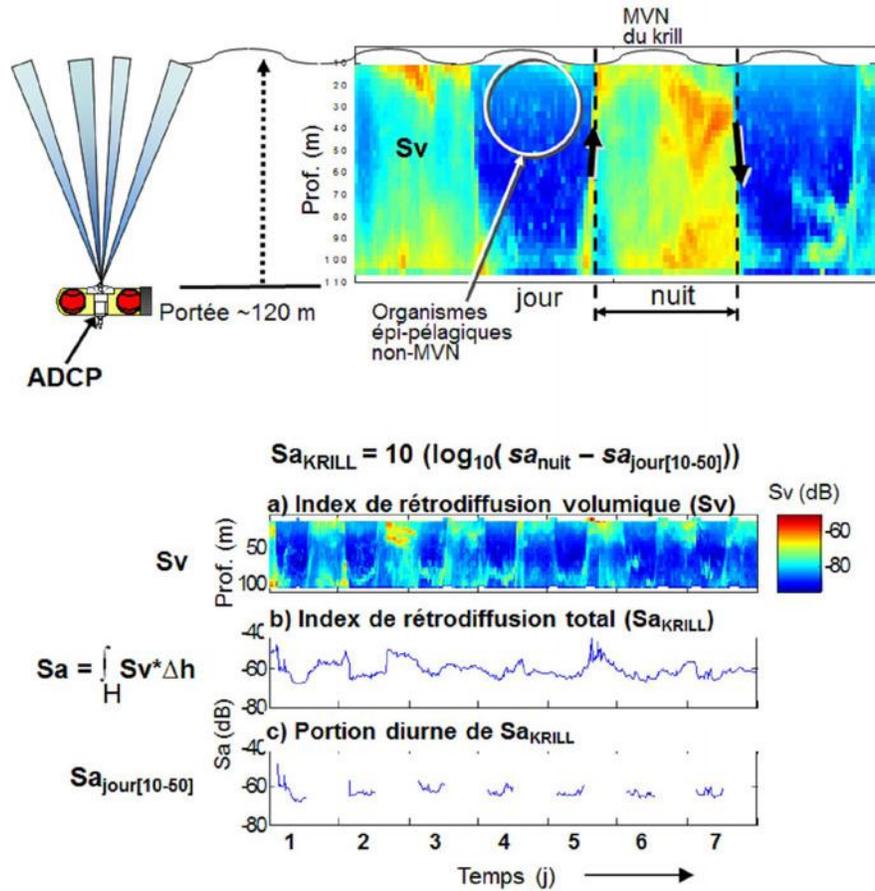


Figure 2. Schéma d'estimation d'un index acoustique d'abondance de krill (Sa_{KRILL}) à partir des données d'intensité de réverbération acoustique (Sv) à 300 kHz provenant d'un courantomètre ADCP. Panneau supérieur : échogramme (index de rétrodiffusion, Sv en dB re 1 m^{-1}) montrant deux cycles de migration verticale nocturne (MVN) du krill au-dessus de l'appareil placé à une profondeur d'environ 110 m. Le cercle indique les échos provenant d'organismes de la couche de la surface jusqu'à 50 m ($sa_{\text{jour}[10-50]}$) n'appartenant pas à ce krill qui effectue des migrations verticales. Panneau inférieur: illustration graphique du calcul de l'index Sa_{KRILL} . Le signal Sv de réverbération acoustique (a) est intégré (en unités linéaires) sur toutes les profondeurs pour donner l'index total sur la colonne d'eau, Sa (en dB) (b). Pour chaque nuit, la portion correspondant aux organismes épipélagiques à 10 à 50 m de profondeur ne migrant pas verticalement ($sa_{\text{jour}[10-50]}$) est estimée à partir de la portion diurne moyenne des 2 jours adjacents (c). Cette dernière est soustraite (en unités linéaires) des valeurs de l'index total mesuré pendant la nuit (sa_{nuit}) pour obtenir un index acoustique d'abondance de krill quotidien (Sa_{KRILL} , en dB) selon la formule indiquée.

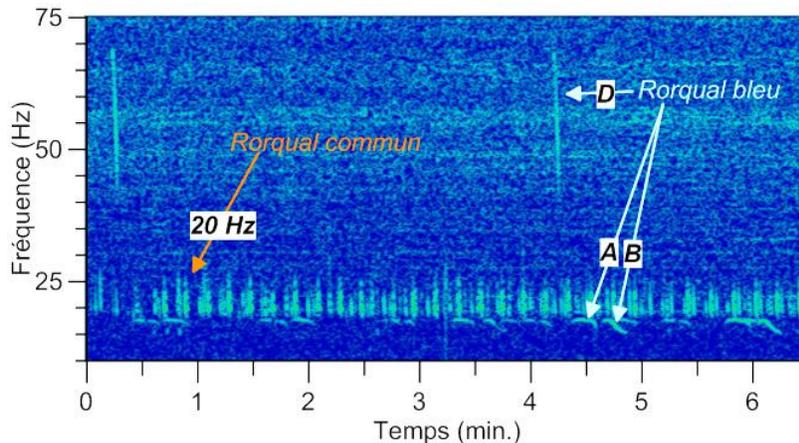


Figure 3. Spectrogramme de 10 à 75 Hz durant 6,5 min illustrant les vocalisations infrasoniques du rorqual commun (20 Hz) et du rorqual bleu (A, B), ainsi que la vocalisation audible de basse fréquence (D) du rorqual bleu.

l'occurrence des détections pour chaque espèce. Plus de détails sur ces méthodes sont disponibles dans Roy et collab. (2018) et Simard et collab. (2016).

Les enregistrements des systèmes acoustiques Doppler ultrasoniques ont été analysés pour calculer un indice de la quantité de krill présente chaque jour dans la zone de l'observatoire. Le protocole utilisé exploite le fait que le krill constitue la plus grande composante du zooplancton dans cette zone, où des agrégations se maintiennent régulièrement sur le rebord du chenal Laurentien (Lavoie et collab., 2000; Simard et Lavoie, 1999; Sourisseau et collab., 2008). La nuit, ce krill effectue des migrations verticales (MVN) depuis les profondeurs vers la surface pour s'alimenter sur le phytoplancton et le zooplancton de petite taille (Simard et collab., 1986). Il devient alors détectable par les faisceaux des systèmes acoustiques Doppler ultrasoniques; l'intensité de rétrodiffusion mesurée par les faisceaux est alors considérablement augmentée (figure 2, et Simard et collab., 2013; Sourisseau et collab., 2008). Nous avons calculé un indice de concentration de krill dans la zone à partir de l'intensité de cette rétrodiffusion ultrasonique nocturne entre 10 m et la profondeur de l'instrument (de 105 à 125 m), sa_{nuit} , dont nous avons soustrait la réverbération diurne due aux organismes qui habitent en permanence la partie supérieure de la colonne d'eau entre 10 m et 50 m (sa_{jour} , figure 2). Cette rétrodiffusion n'est pas due au krill, mais en grande partie à des petits poissons, tel le capelan (Simard et collab., 2002, Sourisseau et collab., 2008). Nous avons converti les données de rétrodiffusion brutes enregistrées par l'appareil en unités physiques d'après Deines (1999). L'indice obtenu, Sa_{KRILL} (figure 2, équation), est exprimé en unités logarithmiques (dB) utilisées en acoustique sous-marine appliquée à l'estimation des biomasses de zooplancton et des poissons (Simmonds et

MacLennan, 2005). Cet indice est ensuite converti en biomasse de krill par km^2 , en utilisant les facteurs estimés pour le krill de cette région à 120 kHz le jour (Simard et Lavoie, 1999; Simard et Sourisseau, 2009; Sourisseau et collab., 2008), corrigés de -8 dB pour prendre en compte la réduction d'indice de rétrodiffusion de ce krill à la fréquence de 300 kHz des systèmes acoustiques ADCP utilisés selon le modèle DWBA (voir Conti et Demer, 2006) ainsi que l'inclinaison des faisceaux par rapport à la verticale (cf. Brierley et collab., 2006; Cochran et collab., 1994). La biomasse de krill, B (en t/km^2), est alors obtenue suivant la formule suivante :

$$B = \frac{Sa_{\text{KRILL}}}{10^{-77/10}}$$

Les séries temporelles d'occurrences des infrasons et de l'index de concentration de krill ont été l'objet d'analyses spectrales (cf. Legendre et Legendre, 1998) pour connaître les périodes de cycles récurrents (ex. : marées semi-mensuelles).

Les dates du début et de la fin de la période de glace pour chaque année proviennent de la climatologie océanique régionale pour l'estuaire du Saint-Laurent (Galbraith et collab., 2017, Fig. 38, p. 51.). Elles correspondent aux dates où le volume de glace franchit le seuil de 5 % du plus grand volume jamais enregistré dans la région.

Résultats

Chaque année, les enregistrements acoustiques depuis le milieu de l'été jusqu'à tard en automne contiennent régulièrement les infrasons des deux espèces de rorquals, qui sont présents chaque heure du jour lors des sommets d'occurrence (figures 4-6). Ces infrasons sont rares, sinon absents, pendant la période hivernale englacée (de la mi-décembre à la fin-mars) dont la durée a varié d'environ 2 à 3,6 mois. L'arrivée de la glace en décembre ou en janvier

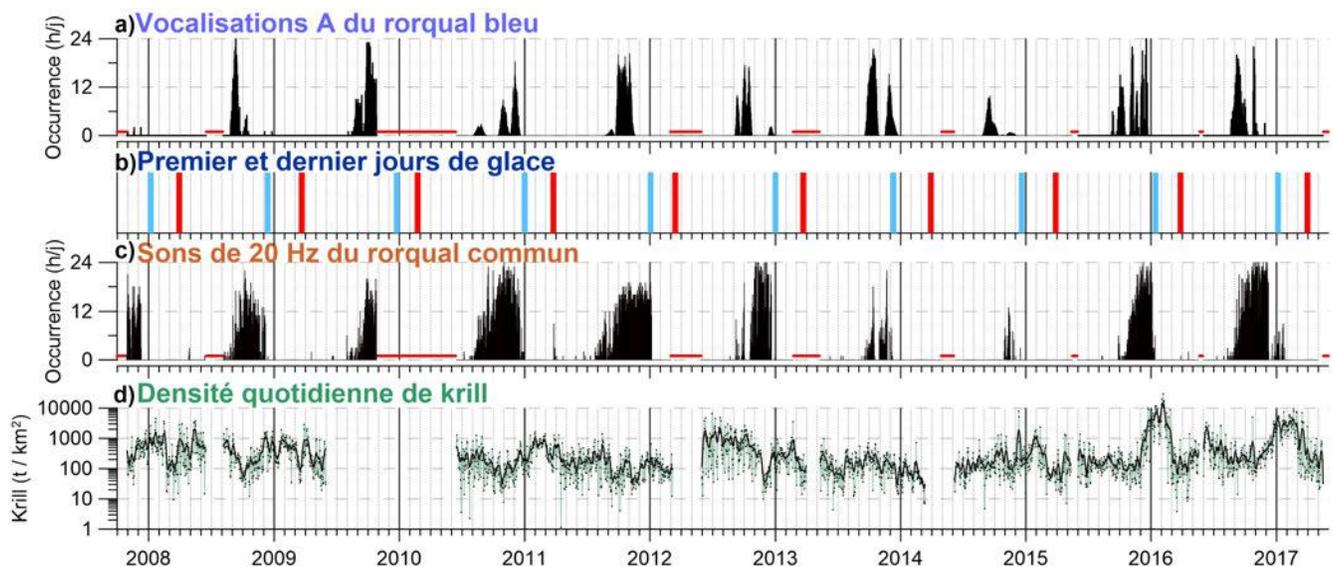


Figure 4. Séries temporelles décennales du nombre d'heures par jour avec présence de vocalisations A de rorqual bleu (a) et de sons de 20 Hz du rorqual commun (c) (traits rouges = absence de données), du premier (bleu) et du dernier (rouge) jours de glace (b); ainsi que de la densité quotidienne de krill estimée (d), avec moyenne mobile hebdomadaire (trait noir).

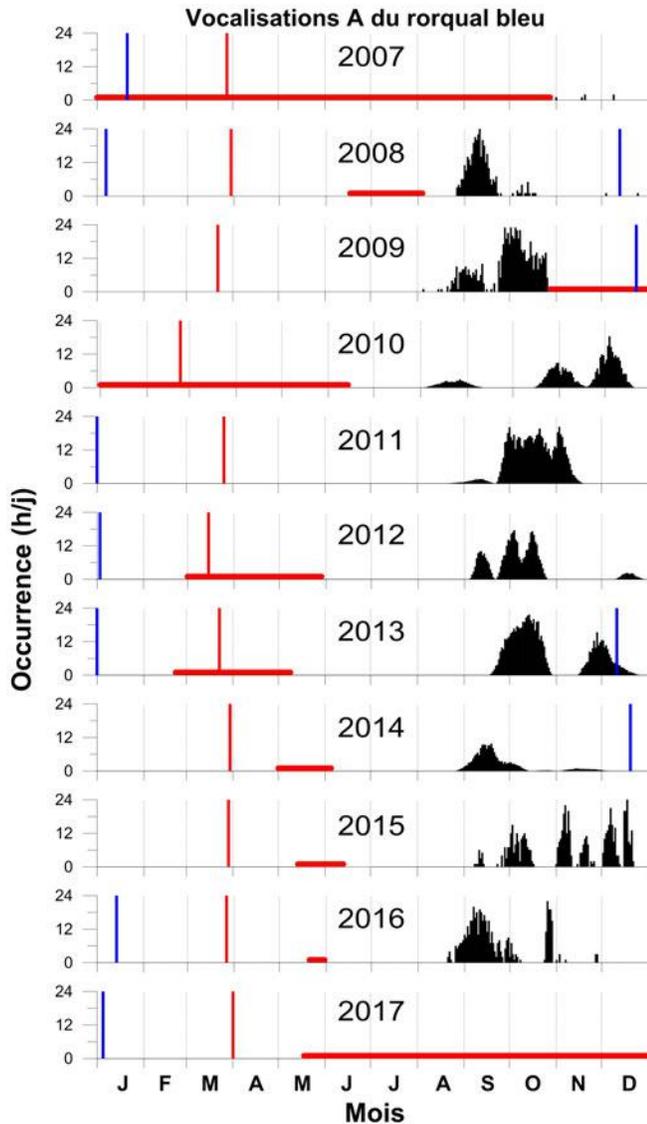


Figure 5. Séries annuelles du nombre d'heures par jour avec présence de vocalisations A du rorqual bleu de 2007 à 2017. Traits horizontaux rouges = absence de données; barres verticales = premier (bleu) et dernier (rouge) jour de glace.

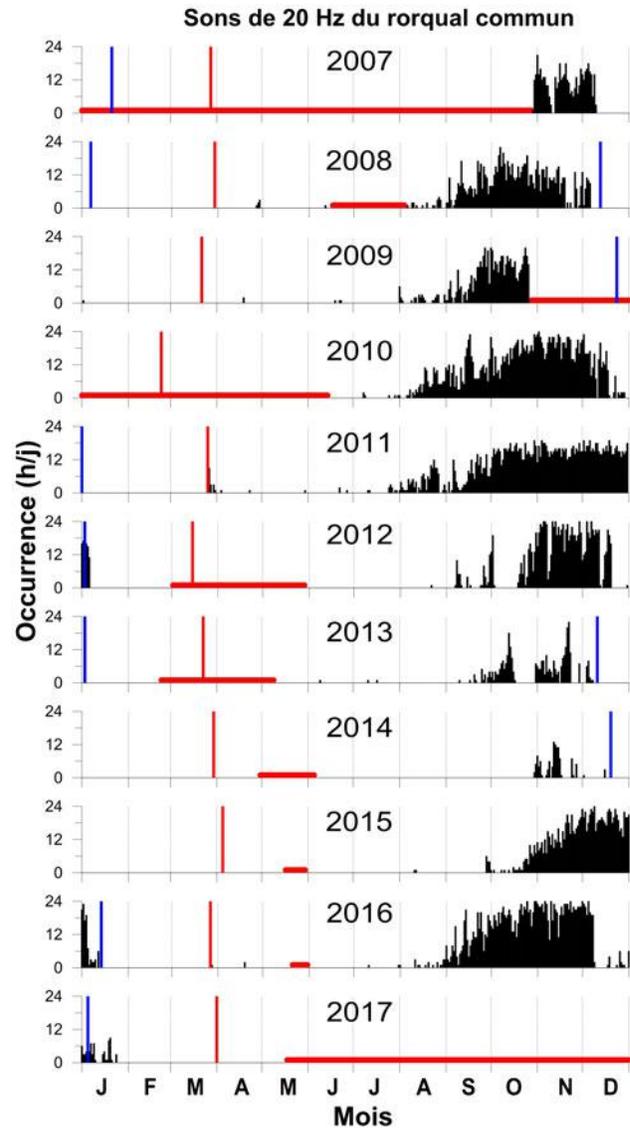


Figure 6. Séries annuelles du nombre d'heures par jour avec présence de sons de 20 Hz de rorqual commun de 2007 à 2017. Traits rouges = absence de données; barres verticales = premier (bleu) et dernier (rouge) jour de glace.

correspond parfois à la disparition abrupte des infrasons des rorquals communs (figures 4 b, c et figure 6, 2010, 2011, 2013, 2016). Des occurrences de courte durée ont été observées certains jours en hiver (figures 6 et 7, sem. 1-3, 9). Les infrasons des rorquals bleus ont en général déjà cessé à l'arrivée de la glace (figure 5). Ces derniers présentent des pics de quelques jours à quelques semaines séparés par des périodes d'absence. Aucun rythme particulier d'occurrence n'a été révélé par l'analyse spectrale de la série temporelle. Les infrasons des rorquals communs montrent une plus grande continuité dans leur occurrence annuelle, bien que des périodes d'absence de quelques semaines aient été notées certaines années de faible occurrence moyenne (figures 4c et 6). Les patrons moyens d'occurrence hebdomadaire indiquent un

maximum d'infrasons des rorquals bleus au début d'octobre (figure 7, semaine 41). Ce maximum est décalé jusqu'après la mi-novembre pour le rorqual commun (figure 7, semaine 46). À ces moments, les infrasons sont présents en moyenne pendant au moins 6 h par jour, plus de 50 % du temps.

Les estimations de biomasse de krill autour de l'observatoire ont montré des valeurs quotidiennes élevées en général, avec une forte variabilité (coefficient de variation = 256 %) (figure 4d). Elles excédaient 176 t/km², 50 % du temps, 442 t/km², 25 % du temps et 1000 t/km², 10 % du temps. Les variations hebdomadaires ont été de 119 ± 88 % (moyenne ± écart-type). L'analyse spectrale de la série n'a révélé qu'une faible récurrence à des périodes de 18 j et de 40 j. En moyenne, la biomasse de krill a été plus forte pendant l'hiver (figure 8).

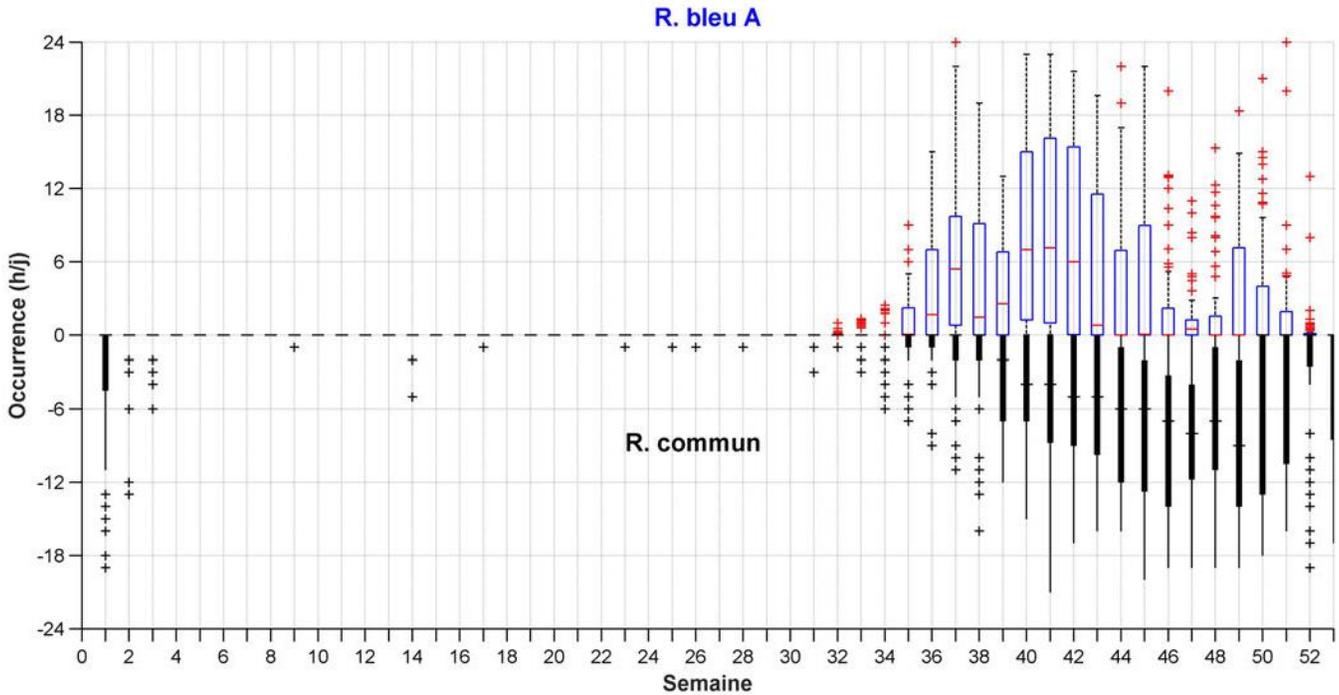


Figure 7. Diagrammes en boîtes à moustaches des statistiques hebdomadaires pluriannuelles du nombre d'heures par jour avec présence de vocalisations A du roqual bleu (haut) et de sons de 20 Hz du roqual commun (bas) de 2007 à 2017. Les boîtes indiquent les valeurs interquartiles (du 25^e au 75^e percentile); la barre centrale indique la médiane, les traits verticaux correspondent à 99 % de la distribution normale et les symboles «+» sont des données extrêmes qui vont au-delà. Notez que l'occurrence est exprimée négativement pour le roqual commun, afin de rehausser la différence avec le roqual bleu.

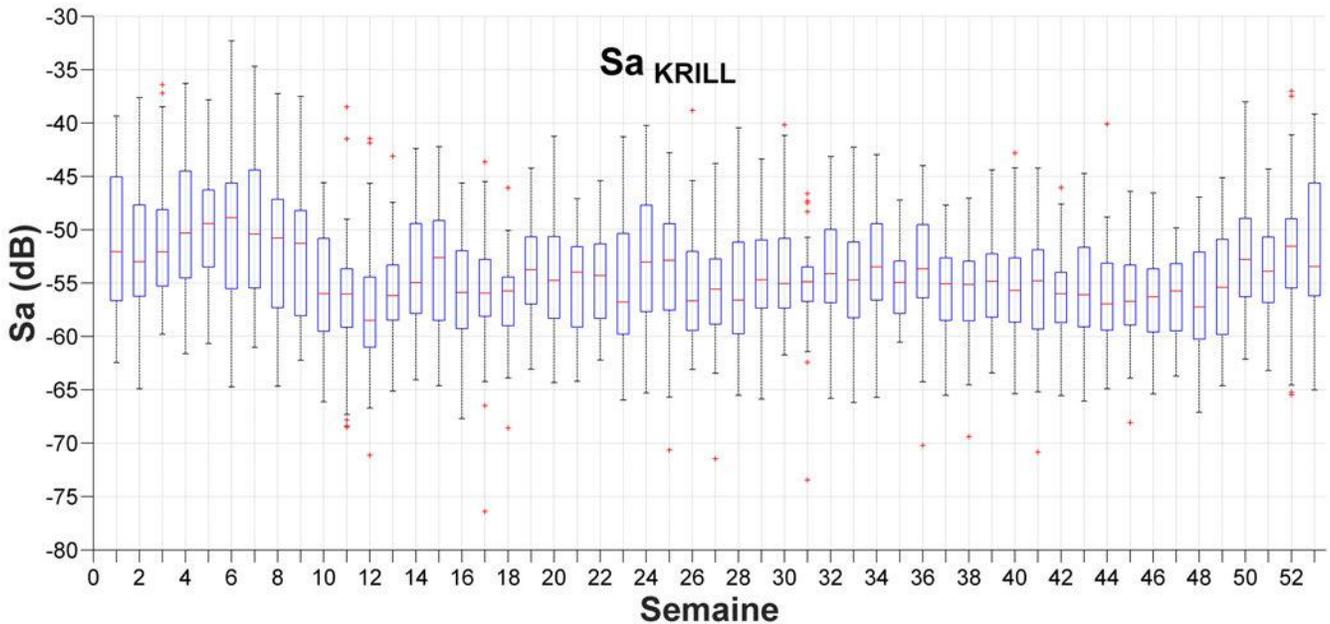


Figure 8. Diagrammes en boîtes à moustaches des statistiques hebdomadaires pluriannuelles de l'index d'abondance acoustique de krill. Autres indications comme à la figure 7.

Discussion

Le présent travail illustre l'intérêt des nouvelles technologies d'acoustique sous-marine comme outil de monitoring des mammifères marins et de leur nourriture dans leurs habitats, comme on l'a proposé pour les nouveaux observatoires océaniques de la décennie (Dushaw et collab., 2009; Handegard et collab., 2009). Aucune autre technologie n'offre présentement cette capacité de suivre en continu la présence des baleines sur de grandes distances, et de « voir » la distribution et la concentration de leur nourriture à toutes les profondeurs, depuis la surface jusqu'au fond. Comme les autres moyens d'observation, l'efficacité de ces technologies acoustiques varie en fonction des conditions biologiques et des limites de l'instrumentation utilisée. Évidemment, seules les baleines qui vocalisent sont détectées. La cadence des vocalises, leur intensité, leur capacité de se propager et la proportion des animaux vocalisant influencent la probabilité de détection (cf. Mellinger et collab., 2007). Heureusement, les rorquals bleus et les rorquals communs sont des espèces favorables à l'emploi de cette technologie pour les suivre, parce qu'ils émettent régulièrement (fréquence d'environ 1 à 6 par minute) de puissants infrasons qui se propagent sur des distances de plus de 100 km (Širovi et collab., 2007; Watkins et collab., 2000). La présence de leurs infrasons indique donc leur présence dans la région. La taille de la région de détection est cependant très grande et inclut la plus grande partie de l'estuaire maritime, entre Tadoussac et Pointe-des-Monts selon les analyses de portée de détection effectuées (Simard et collab., 2016). Les séries temporelles d'infrasons présentées correspondent donc à une région plus grande que celle du parc marin en aval de Tadoussac. Par ailleurs, l'absence d'infrasons n'indique pas l'absence de rorquals, car ceux-ci peuvent être présents sans vocaliser, ou ils peuvent émettre d'autres sons. C'est le cas pour le rorqual bleu, qui émet occasionnellement des sons audibles de type D (figure 3), qui ont été détectés dans la région en hiver alors que les infrasons ne l'étaient pas (Simard et collab., 2016).

Par ailleurs, les systèmes acoustiques Doppler ne sont pas des instruments spécialisés pour la mesure des concentrations de zooplancton, même si plusieurs travaux ont exploité cette capacité de ces instruments conçus pour la mesure des courants et que leur usage en océanographie est répandu (p. ex., Brierley et collab., 2006; Cochrane et collab., 1994; Fielding et collab., 2004; Jiang et collab., 2007; Sourisseau et collab., 2008). L'intensité des échos reçus par l'instrument dépend de la concentration et du type d'obstacles (p. ex., zooplancton, poissons) rencontrés par les signaux ultrasoniques émis par les faisceaux, ainsi que de leurs caractéristiques spécifiques de rétrodiffusion acoustique à 300 kHz. Une méthodologie multifréquence plus élaborée et beaucoup plus coûteuse, par conséquent moins accessible, doit être utilisée pour distinguer les espèces contribuant au signal mesuré (cf. Lavery et collab., 2007; Simmonds et MacLennan, 2005). Dans ce travail, nous avons tiré avantage des caractéristiques particulières de la région, où les sources des échos nocturnes sont nettement dominées par le krill

adulte de deux espèces (*Thysanoessa raschi* et *Meganyctiphanes norvegica*) (Sourisseau et collab., 2008), et où la part des autres contributeurs, principalement de petits poissons comme le capelan (Simard et collab., 2002), peut être estimée par ce qui est mesuré pendant le jour dans les premiers 50 mètres sous la surface. L'indice de biomasse ainsi construit à partir des renseignements des 4 faisceaux fournit une information relative de la variation de concentration de krill à l'observatoire au cours de la série pluriannuelle. Une conversion en unités de biomasse absolue par km² est proposée sur la base des informations extraites de la littérature. Des efforts additionnels de calibration et de comparaison avec d'autres mesures indépendantes seraient requis pour obtenir des valeurs de biomasse plus précises et confirmer celles estimées. Les biomasses obtenues sont considérables, mais leurs valeurs sont vraisemblables d'après les mesures antérieures de cette riche agrégation de krill à la tête du chenal Laurentien (Simard et Lavoie, 1999). La comparaison de l'intensité relative de rétrodiffusion par des systèmes acoustiques Doppler semblables à d'autres stations de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent confirme d'ailleurs la richesse exceptionnelle soutenue de cette région à l'ouest du golfe du Saint-Laurent (Simard et collab., 2013). Les estimations de biomasse calculées représentent le voisinage immédiat de quelques dizaines de km² autour de l'observatoire où le krill est régulièrement déplacé par les courants de marée; elles concernent une région plus grande lorsque l'on considère la concentration hebdomadaire moyenne, qui prend alors en compte un plus grand déplacement horizontal par les courants. Dans tous les cas, la zone représentée par ces estimations de densité de krill est beaucoup plus petite que celle des détections des infrasons, qui est de l'ordre de 5000 km² (Simard et collab., 2016).

En plus de combler le manque de données hors de la saison estivale, l'information nouvelle qu'apportent ces séries temporelles décennales montre que : a) la présence des rorquals est relativement stable et les deux espèces ont visité la région chaque année, particulièrement dans la 2^e moitié de l'année, jusqu'à l'apparition des glaces; b) les dates de début et de fin varient, et cette fréquentation saisonnière est plus intense tard en automne qu'au cours de l'été, alors que l'écotourisme d'observation des baleines bat son plein; c) la concentration de krill est élevée, mais subit d'importantes fluctuations sur de courtes périodes, sans lien particulièrement fort avec des forçages physiques ou biologiques de plus d'un jour, tel celui des marées semi-mensuelles, d'après les analyses de rythmes effectuées. Ceci est conforme aux simulations des apports de krill depuis l'aval, qui montrent que des forçages météorologiques non cycliques agissant à l'échelle du golfe du Saint-Laurent contrôlent ces fluctuations (Lavoie et collab., 2016 et références citées).

La relation entre la concentration de krill mesurée à l'observatoire et l'occurrence des infrasons des rorquals n'était pas évidente, conformément à nos attentes, parce que ces deux types de données représentent des régions très différentes. Des analyses plus élaborées des séries seront requises pour établir

les facteurs contrôlant les fluctuations observées et explorer plus à fond les possibilités de relations entre les rorquals et la concentration locale de krill, notamment par des comparaisons à des échelles spatiales plus similaires en ne retenant que les infrasons reçus avec une forte intensité. Par contre, les liens entre la disparition des infrasons et l'arrivée de la glace sont suffisamment systématiques pour nous permettre d'anticiper que la période de fréquentation intensive pourrait se prolonger en raison du réchauffement planétaire en cours.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au financement de Pêches et Océans Canada et la contribution de la Chaire de Pêches et Océans Canada en acoustique sous-marine et mammifères marins à l'ISMER-UQAR, ainsi que d'une subvention CRSNG-Découvertes à YS. Nous remercions spécialement les techniciens et les équipages des navires de recherche qui ont réalisé les déploiements et services annuels de l'observatoire. Les apports du rédacteur *ad hoc*, Émilien Pelletier, de l'équipe de rédaction de la revue, ainsi que ceux de 2 réviseurs anonymes ont contribué à améliorer le manuscrit. ◀

Références

- BERCHOK, C.L., D.L. BRADLEY et T.B. GABRIELSON, 2006. St. Lawrence blue whale vocalizations revisited: Characterization of calls detected from 1998 to 2001. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120: 2340-2354.
- BRIERLEY, A.S., R.A. SAUNDERS, D.G. BONE, E.J. MURPHY, P. ENDERLEIN, S.G. CONTI et D.A. DEMER, 2006. Use of moored acoustic instruments to measure short-term variability in abundance of Antarctic krill. *Limnology and Oceanography – Methods*, 4: 18-29.
- COCHRANE, N., D.D. SAMEOTO et J.D. BELLIVEAU, 1994. Temporal variability of euphausiid concentrations in a Nova Scotia shelf basin using a bottom-mounted acoustic Doppler current profiler. *Marine Ecology Progress Series*, 107: 55-66.
- CONTI, S.G. et D.A. DEMER, 2006. Improved parameterization of the SDWBA for estimating krill target strength. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 928-935.
- CONVERSANO, M., S. TURGEON et N. MÉNARD, 2017. Caractérisation de l'utilisation de l'embouchure du Saguenay et de la baie Sainte-Marguerite par le béluga du Saint-Laurent et par le trafic maritime entre 2003 et 2016; Analyse des données d'observation terrestre et recommandations sur des mesures de gestion visant à réduire le dérangement dans les aires de haute résidence du béluga dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Parcs Canada, Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, Tadoussac, Québec, 122 p. Disponible auprès du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, 182, rue de l'Église, Tadoussac (QC) G0T 2A0.
- DEINES, K.L., 1999. Backscatter estimation using broadband acoustic Doppler current profilers. Dans: IEEE Sixth Working Conference on Current Measurements, 11–13 March 1997, San Diego, California IEEE, Piscataway, N.J., p. 249–253.
- DRAINVILLE, G., 1968. Le fjord du Saguenay: I. Contribution à l'océanographie. *Le Naturaliste canadien*, 95: 809-855.
- DUSHAW, B., W. AU, A. BESZCZYNSKA-MÖLLER, R. BRAINARD, B.D. CORNUELLE et 23 autres collab., 2009. Community White Paper: A global ocean acoustic observing network. Dans: Hall, J., D.E. Harrison et D. Detlef Stammer (édit.). *Proceedings of OceanObs'09: Sustained ocean observations and information for society* (Vol. 2), Venice, Italy, Sept. 8, p. 21-25.
- EDDS, P.L. et J.A.F. MACFARLANE, 1987. Occurrence and general behavior of balaenopterid cetaceans summering in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 65: 1363-1376.
- FIELDING, S., G. GRIFFITHS et H.S.J. ROE, 2004. The biological validation of ADCP acoustic backscatter through direct comparison with net samples and model predictions based on acoustic-scattering models. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 184-200.
- GALBRAITH, P.S., J. CHASSÉ, C. CAVERHILL, P. NICOT, D. GILBERT, B. PETTIGREW, L. D. LEFAIVRE, D. BRICKMAN, B. PETTIGREW, L. DEVINE et C. LAFLEUR, 2017. Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document, 2014/062 2017/044., vi + 91 p.
- GOSSELIN, J.-F., M.O. HAMMILL, A. MOSNIER et V. LESAGE, 2017. Abundance index of St. Lawrence Estuary beluga, *Delphinapterus leucas*, from aerial visual surveys flown in August 2014 and an update on reported deaths. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document, 2017/019, v + 28 p. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2017/2017_019-eng.html.
- HANDEGARD, N.O., D.A. DEMER, R. KLOSER, P. LEHODEY, O. MAURY et Y. SIMARD, 2009. Community White Paper: Toward a global ocean ecosystem Mid-trophic Automatic Acoustic Sampler (MAAS). Dans: HALL, J., D.E. HARRISON et D. DETLEF STAMMER (édit.). *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society* (Vol. 2), Venice, Italy, Sept. 21-25, 13 p.
- JIANG, S., T.D. DICKEY, D.K. STEINBERG et L.P. MADIN, 2007. Temporal variability of zooplankton biomass from ADCP backscatter time series data at the Bermuda Testbed Mooring site. *Deep-Sea Research Part I: Oceanography Research Papers*, 54: 608-636.
- LAVERY, A.C., P.H. WIEBE, T.K. STANTON, G.L. LAWSON, M.C. BENFIELD et N. COPLEY, 2007. Determining dominant scatterers of sound in mixed zooplankton populations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122: 3304-3326.
- LAVOIE, D., Y. SIMARD et F.J. SAUCIER, 2000. Aggregation and dispersion of krill at channel heads and shelf edges: The dynamics in the Saguenay - St. Lawrence Marine Park. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 1853-1869.
- LAVOIE, D., J. CHASSÉ, Y. SIMARD, N. LAMBERT, P.S. GALBRAITH, N. ROY et D. BRICKMAN, 2016. Large-scale atmospheric and oceanic control on krill transport into the St. Lawrence Estuary evidenced with three-dimensional numerical modelling. *Atmosphere-Ocean*, 54: 299-325.
- LEGENDRE, P. et L. LEGENDRE, 1998. *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 852 p.
- LOCAT, J. et C. LEVESQUE, 2009. Le fjord du Saguenay: une physiographie et un registre exceptionnels. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 22: 135-157.
- MELLINGER, D.K., K.M. STAFFORD, S.E. MOORE, R.P. DZIAK et H. MATSUMOTO, 2007. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. *Oceanography*, 20: 36-45.
- MOSNIER, A., R. LAROCQUE, M. LEBEUF, J.-F. GOSSELIN, S. DUBÉ, V. LAPOINTE, V. LESAGE, D. LEFAIVRE, S. SENNEVILLE et C. CHION, 2016. Définition et caractérisation de l'habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique. Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de Consultation scientifique, Document de Recherche, 2016/052, vi + 99 p. http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/mpo-dfo/Fs70-5-2016-052-fra.pdf.
- O'CONNOR, S., R. CAMPBELL, H. CORTEZ et T. KNOWLES, 2009. Whale watching worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits. Special report prepared by Economists at Large, International Fund for Animal Welfare, Yarmouth MA, 295 p. https://s3.amazonaws.com/ifaw-pantheon/sites/default/files/legacy/whale_watching_worldwide.pdf.

- ROY, N., Y. SIMARD, F. AULANIER et S. GIARD, 2018. Frequentation of the Estuary and Gulf of St. Lawrence by fin whales from multi-year passive acoustic monitoring. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document, 2018/xxx, v + xx p. (en révision)
- SAUCIER, F.J. et J. CHASSÉ, 2000. Tidal circulation and buoyancy effects in the St. Lawrence Estuary. *Atmosphere-Ocean*, 38 : 505-556.
- SIMARD, Y., 2009. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent : processus océanographiques à la base de ce site d'alimentation unique des baleines du Nord-Ouest Atlantique. The Saguenay–St. Lawrence Marine Park: oceanographic process at the basis of this unique forage site of Northwest Atlantic whales. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 22 : 177-197.
- SIMARD, Y. et D. LAVOIE, 1999. The rich krill aggregation of the Saguenay - St. Lawrence Marine Park: hydroacoustic and geostatistical biomass estimates, structure, variability, and significance for whales. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56 : 1182-1197.
- SIMARD, Y. et M. SOURISSEAU, 2009. Diel changes in acoustic and catch estimates of krill biomass. *ICES Journal of Marine Science*, 66 : 1318-1325.
- SIMARD, Y., G. LACROIX et L. LEGENDRE, 1986. Diel vertical migrations and nocturnal feeding of a dense coastal krill scattering layer (*Thysanoessa raschi* and *Meganyctiphanes norvegica*) in stratified surface waters. *Marine Biology*, 91 : 93-105.
- SIMARD, Y., D. LAVOIE et F.J. SAUCIER, 2002. Channel head dynamics: Capelin (*Mallotus villosus*) aggregation in the tidally-driven upwelling system of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park's whale feeding ground. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 : 197-210.
- SIMARD, Y., N. ROY, P. GALBRAITH, D. LAVOIE, J. CHASSÉ, N. LAMBERT et S. PLOURDE, 2013. Transport/échange entre le golfe et l'estuaire, Section 3.4.1 : Approvisionnement de l'estuaire depuis le golfe : courants et transport du krill. Dans : Gagné, J.A. et collab. (édit.). Rapport intégré de l'initiative de recherche écosystémique (IRÉ) de la région du Québec pour le projet : les espèces fourragères responsables de la présence des rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de Consultation scientifique, Document de Recherche, 2013/086. pp. 35-38 + figs. 3.4.1-1 à 3.4.1.3-5. <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/350296.pdf>.
- SIMARD, Y., N. ROY, F. AULANIER et S. GIARD, 2016. Blue whale continuous frequentation of the St. Lawrence system from multi-year PAM time series. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document, 2016/091, v + 14 p. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2016/2016_091-eng.pdf.
- SIMMONDS, E.J. et D.N. MACLENNAN, 2005. Fisheries acoustics: Theory and practice. Second edition. Wiley-Blackwell, Oxford, 456 p.
- ŠIROVI, A., J.A. HILDEBRAND et S.M. WIGGINS, 2007. Blue and fin whale call source levels and propagation range in the Southern Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122 : 1208-1215.
- SOURISSEAU, M., Y. SIMARD et F.J. SAUCIER, 2008. Krill diel vertical migration fine dynamics, nocturnal overturns, and their roles for aggregation in stratified flows. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65 : 574-587.
- WATKINS, W.A., P. TYACK, K.E. MOORE et J.E. BIRD, 1987. The 20 Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 82 : 1901-1912.
- WATKINS, W.A., M.A. DAHER, G.M. REPUCCI, J.E. GEORGE, D.L. MARTIN, N.A. DIMARZIO et D.P. GANNON, 2000. Seasonality and distribution of whale calls in the North Pacific. *Oceanography*, 13 : 62-67.

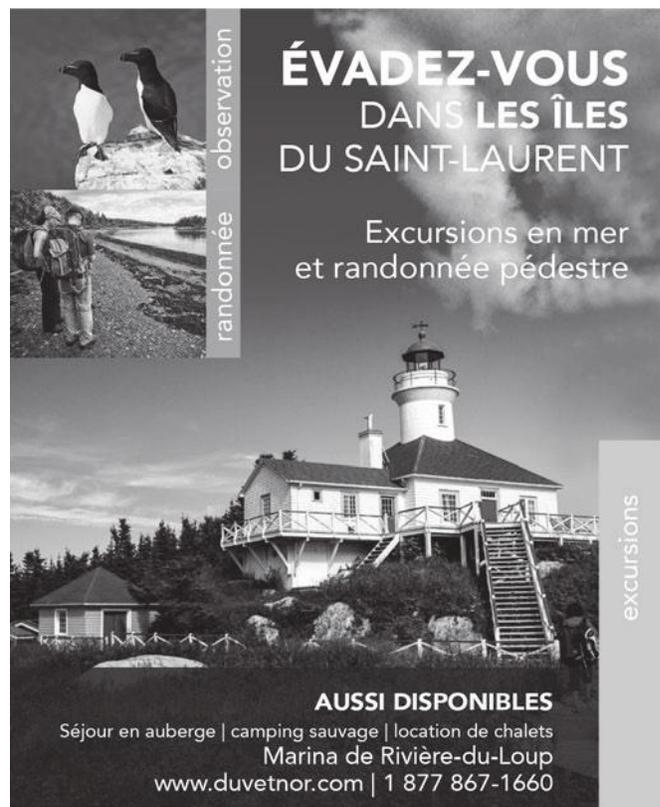


Groupe Hemispheres
L'heure juste en environnement !

QUÉBEC
LÉVIS
MONTRÉAL
ONTARIO

1-866-569-7140
info@hemis.ca
www.hemis.ca

- Évaluation environnementale
- Inventaire floristique et faunique
- Cartographie écologique
- Échantillonnage et surveillance
- Communication et formation



**ÉVADEZ-VOUS
DANS LES ÎLES
DU SAINT-LAURENT**

Excursions en mer
et randonnée pédestre

observation
randonnée
excursions

AUSSI DISPONIBLES
Séjour en auberge | camping sauvage | location de chalets
Marina de Rivière-du-Loup
www.duветnor.com | 1 877 867-1660

Le programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay : un effort collectif

Johanne Gauthier

Résumé

Au début des années 1980, une pêche récréative hivernale aux poissons de fond prend son essor dans le fjord du Saguenay (Québec, Canada). Les adeptes de cette pêche découvrent alors un écosystème unique qui recèle une grande diversité d'espèces de poissons, dont le sébaste atlantique (*Sebastes mentella*), la morue franche (*Gadus morhua*), la morue ogac (*Gadus ogac*) et le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*). Des villages de pêche sont installés sur la banquise entre Saint-Fulgence et L'Anse-Saint-Jean. Cette activité récréotouristique gagne rapidement de l'ampleur, amenant plusieurs intervenants du milieu à se préoccuper de la conservation des ressources et du développement durable de cette pêche. Dans ce contexte, un programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond a été mis en place en 1995. Ce programme est coordonné par Pêches et Océans Canada et réalisé avec la collaboration de nombreux partenaires, y compris Parcs Canada et la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq) — les cogestionnaires du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) — des associations et comités de pêcheurs et Promotion Saguenay. Cet effort collectif a permis de mettre en évidence des changements importants dans l'état des populations de poissons de fond du fjord du Saguenay et a conduit à la mise en œuvre de mesures de gestion pour protéger ces ressources.

MOTS CLÉS : fjord du Saguenay, morue, pêche récréative hivernale, poisson de fond, sébaste

Abstract

In the early 1980s, a winter recreational fishery developed for groundfish in the Saguenay Fjord (Québec, Canada). Fishers discovered a unique ecosystem harboring a wide variety of fish species, including deepwater redfish (*Sebastes mentella*), Atlantic cod (*Gadus morhua*), Greenland cod or ogac (*Gadus ogac*) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). The recreational fishery and an associated tourism activity grew rapidly, with villages of fishing huts being established on the pack ice between Saint-Fulgence and L'Anse-Saint-Jean. This led to concerns among several stakeholders in the community about the conservation of fish stocks and the sustainable development of the fishery. As a result, in 1995, a monitoring program was established. This program is coordinated by Fisheries and Oceans Canada and delivered in collaboration with numerous partners, including Parks Canada and the *Société des établissements de plein air du Québec* (the co-managers of the Saguenay–Saint-Laurent Marine Park), local fishing associations, and Promotion Saguenay. This collective effort has highlighted significant changes in the status of groundfish populations in the Saguenay Fjord and introduced management measures aimed at protecting these resources.

KEYWORDS: cod, groundfish, redfish, Saguenay Fjord, winter recreational fishery

Introduction

Le programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond a comme objectif de fournir des indicateurs de l'état des ressources marines exploitées dans le fjord du Saguenay. Les données recueillies par les différents partenaires et les pêcheurs sont analysées par le secteur des sciences de Pêches et Océans Canada (MPO) et sont présentées tous les deux ans lors d'une revue par les pairs. Le programme de suivi de la pêche est l'une des deux sources d'indicateurs dont dispose le MPO pour faire son évaluation. L'autre source est le relevé de recherche aux filets maillants effectué tous les deux ans dans le fjord, en amont de la limite nord du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) (Bourdages et collab., 2011; Gauthier et collab., 2017). L'objectif de la revue bisannuelle est de déterminer si des changements sont survenus dans l'état des ressources qui pourraient justifier des ajustements aux mesures de gestion en fonction de l'approche

de conservation retenue. Cette réunion se conclut par la formulation d'un avis scientifique sur l'état des ressources (MPO, 2017a). En se basant sur cet avis, le secteur de la gestion des pêches du MPO établit et met en place des mesures de conservation appropriées pour les deux prochaines saisons de pêche hivernale dans le fjord du Saguenay.

La revue régionale est un processus ouvert à tout participant en mesure d'apporter un regard critique sur l'état des ressources évaluées. Lors de la dernière évaluation, ce processus régional a réuni près de 30 participants provenant

Johanne Gauthier est biologiste pour Pêches et Océans Canada à l'Institut Maurice-Lamontagne, à Mont-Joli. Elle travaille sur l'évaluation des stocks de poissons de fond dans la Division des sciences démersales et benthiques.

Johanne.Gauthier@dfo-mpo.gc.ca

du secteur des sciences et du secteur de la gestion des pêches du MPO, du gouvernement du Québec, de Parcs Canada ainsi que des représentants de pêcheurs récréatifs, de promoteurs et de Promotion Saguenay (MPO, 2017b).

L'objectif de la présente publication est de dresser un portrait de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay, de présenter les principaux résultats du programme de suivi et de souligner l'effort collectif investi dans cette initiative.

Pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay

Historique

La pêche récréative hivernale — communément appelée ou pêche blanche ou pêche sur la glace — aurait d'abord été pratiquée par les Amérindiens, puis par les coureurs des bois et les premiers colons afin d'assurer leur

survie (Talbot, 1992). De nos jours, la pratique de la pêche blanche n'est plus un moyen de subsistance, mais une activité récréative très populaire. D'après l'historien Russel Bouchard, le véritable commencement de la pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay coïnciderait avec la crise économique de 1982-1983 (Bouchard, 2008a). Dans l'attente d'une reprise économique, des citoyens de La Baie (actuel arrondissement de la ville de Saguenay) se seraient mis à taquiner le poisson sur la glace. Ils auraient alors connu le plaisir de ce passe-temps et celui de la découverte d'un écosystème unique qui recèle une grande diversité d'espèces de poissons. Entre l'hiver 1984-1985 et celui de 1989-1990, le nombre de cabanes installées sur la banquise est passé de 387 à 1 501 (Talbot, 1992). La pêche blanche était alors en plein essor. L'engouement pour cette activité avait conquis le Saguenay, et des cabanes étaient installées sur la banquise entre L'Anse-Saint-Jean et Saint-Fulgence (figure 1). De cette période, on rapporte des

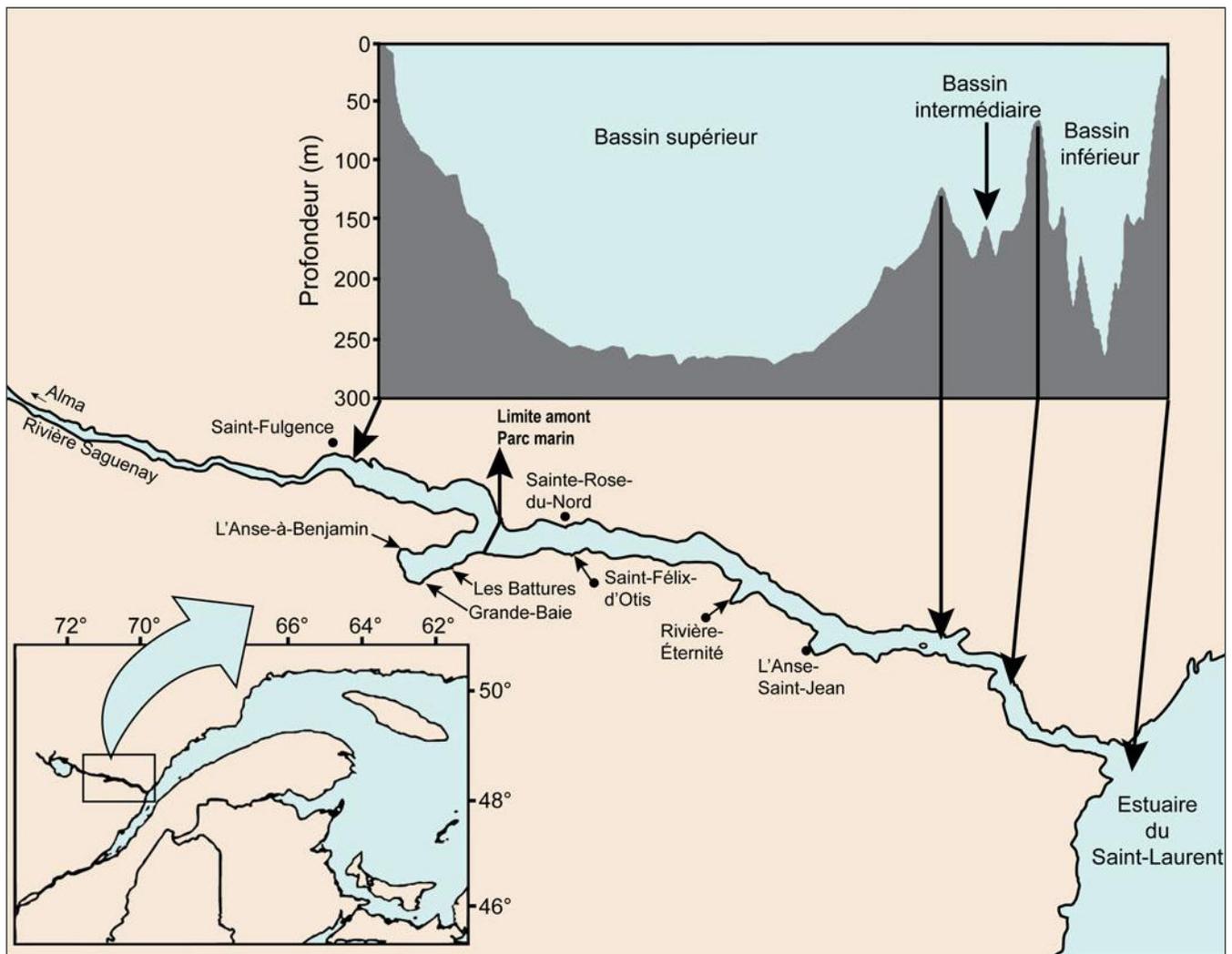


Figure 1. Carte du fjord du Saguenay. Coupe longitudinale montrant la succession des trois bassins. Emplacement des villages de pêche récréative hivernale installés sur la banquise à Sainte-Rose-du-Nord, Saint-Fulgence, L'Anse-à-Benjamin, Grande-Baie, Les Battures, Saint-Félix-d'Otis, Rivière-Éternité et L'Anse-Saint-Jean. La limite amont du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent est montrée par un trait plein noir. Source : Lambert et Bérubé, 2002.

histoires de pêche miraculeuse où, par exemple, une pêcheuse surnommée la « Reine du sébaste » aurait capturé 3 000 sébastes dans une seule saison (Bouchard, 2008b).

Au milieu des années 1990, plusieurs intervenants se sont mobilisés afin d'assurer la conservation des ressources et le développement durable de cette pêche. Dans ce contexte, un programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond a été mis en place en 1995 afin d'évaluer l'état de la ressource (Lambert et Bérubé, 2002).

La pratique de la pêche récréative hivernale

La pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay se pratique principalement dans des cabanes, plutôt confortables, installées dans des villages de pêche sur la banquise (figure 2). Les principaux villages sont situés sur toute l'étendue du bassin supérieur du fjord (figure 1). L'arrondissement de La Baie regroupe les villages de L'Anse-à-Benjamin, Grande-Baie et Les Battures. Les autres villages sont associés aux municipalités de Saint-Fulgence, L'Anse-Saint-Jean, Rivière-Éternité, Saint-Félix-d'Otis et Sainte-Rose-du-Nord. Ces quatre derniers sites sont situés à l'intérieur des limites du PMSSL. Depuis quelques années, les tentes portables ont la faveur des adeptes de pêche plus sportive, car ils peuvent se déplacer à l'extérieur des villages.



Figure 2. Villages de pêche récréative installés sur la banquise du fjord du Saguenay (source : MPO).

Un village de pêche regroupe généralement deux secteurs : un secteur pour les poissons pélagiques, situé près des berges où l'espèce recherchée est l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) et un secteur pour les poissons de fond, situé plus au large où sont recherchées les espèces de poissons de fond faisant l'objet du programme de suivi coordonné par le MPO.

Au fil des années, l'engouement pour la pêche récréative hivernale ne s'est pas démenti. Depuis 1998, on recense une moyenne annuelle de près de 1 500 cabanes installées sur la banquise dans les différents villages (Guy Girard, Promotion Saguenay, communication personnelle) (figure 3). Ce nombre de cabanes est comparable à celui répertorié à la fin des années 1980 (Talbot, 1992; Bouchard, 2008b). Les secteurs pour les poissons de fond comptent près de 60 % des installations. Avec ses trois villages de pêche, l'arrondissement de La Baie regroupe près de 80 % de toutes les cabanes. Toutefois, une diminution du nombre de cabanes a été observée dans cet arrondissement de 2014 à 2016.

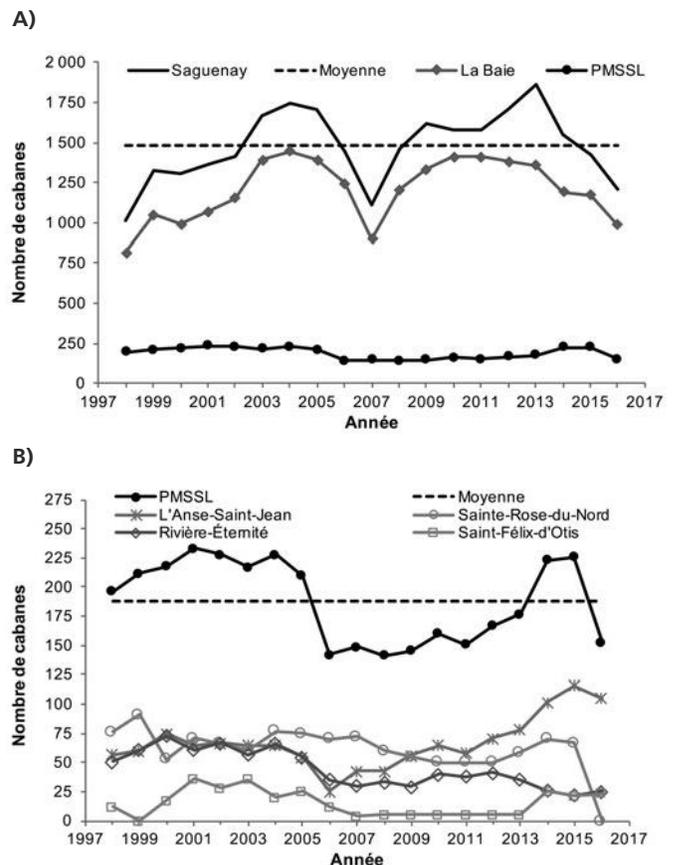


Figure 3. Nombre de cabanes installées sur la banquise de 1998 à 2016 (Guy Girard, Promotion Saguenay, communication personnelle). A) L'information est présentée pour l'ensemble des sites (Saguenay), un sous-ensemble constitué des 3 sites de l'arrondissement de La Baie et un sous-ensemble des sites du PMSSL. B) L'information est présentée pour l'ensemble des sites dans le PMSSL et pour chacun des sites. Les lignes pointillées représentent les moyennes des séries pour le Saguenay (A) et le PMSSL (B).

Le nombre total de cabanes installées dans les 4 villages situés dans le PMSSL a varié de 141 à 233 avec une moyenne annuelle de 188. Ce sont les villages de L'Anse-Saint-Jean et de Sainte-Rose-du-Nord qui en comptent le plus grand nombre, avec respectivement une moyenne de 67 et 62 cabanes. Suivent ensuite les sites de Rivière-Éternité et de Saint-Félix-d'Otis. En 2014 et en 2015, on comptait plus de 220 cabanes. Cette augmentation serait attribuable à un déplacement de cabanes du site de Grande-Baie vers celui de L'Anse-Saint-Jean ou de Saint-Félix-d'Otis. Certains pêcheurs privilégieraient la tranquillité de ces deux villages à l'effervescence de plus gros sites.

La pêche blanche n'est permise qu'à la ligne. Les deux principaux types d'engins en usage aujourd'hui sont la canne à pêche conventionnelle ou courte, et le rouleau. Ce dernier, constitué d'une ligne montée sur une poulie, a largement remplacé la brimbale. Les rouleaux sont généralement installés sur la banquise à l'extérieur des cabanes, alors que la ligne à main est surtout utilisée dans les cabanes.

On identifie trois principaux comportements qui influencent le succès de capture chez les pêcheurs (Lambert et Bérubé, 2002). Le premier caractérise les pêcheurs qui pratiquent la pêche de façon assidue. Ainsi, lorsque le poisson mord à l'hameçon, le pêcheur remonte la ligne, décroche le poisson, réappâte et réinstalle sa ligne. Le deuxième comportement est lié aux activités sociales. Dans ce cas, les engins sont appâtés et mis à l'eau, mais la vigie est moins assidue puisque l'attention du pêcheur se porte sur d'autres activités que la pêche. Dans ce cas, un poisson qui mord à l'hameçon peut rester accroché plusieurs heures avant d'être récupéré. Pendant cet intervalle, la capacité de l'engin à capturer un autre poisson est réduite ou nulle, et dépendra, entre autres, du nombre d'hameçons sur la ligne. Le troisième comportement consiste à installer les engins en fin de journée ou en soirée, et à effectuer la ronde des engins le lendemain. Ce comportement est plus fréquent chez les utilisateurs de rouleaux ou de brimbales. La prévalence de ces différents comportements varie d'un village à l'autre.

Réglementation

La pêche récréative hivernale est soumise à une réglementation fédérale et se pratique sans permis (Pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay). Les règles applicables incluent une saison de pêche, une limite de capture journalière pour les espèces permises et l'obligation de remise à l'eau des espèces non permises. De plus, il est interdit de pratiquer cette pêche autrement qu'à la ligne ou au moyen d'une ligne à main. Parmi les espèces à remise à l'eau obligatoire, on compte les crustacés, les mollusques, le flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), le loup tacheté (*Anarhichas minor*), le loup atlantique (*Anarhichas lupus*), le loup à tête large (*Anarhichas denticulatus*), les requins et les raies. L'application de cette réglementation fédérale est assurée par des agents des pêches du MPO et les gardes de parc de Parcs Canada du PMSSL. Lors de leurs patrouilles, les agents des pêches et les gardes de parc jouent également

un rôle d'éducation et de sensibilisation à la conservation des ressources halieutiques et à la protection de l'habitat auprès des pêcheurs récréatifs.

Outre la réglementation fédérale sur la pêche récréative, une réglementation municipale complémentaire est également en vigueur. Ainsi, l'arrondissement de La Baie a adopté des règlements qui définissent notamment l'épaisseur de glace nécessaire pour l'embarquement des cabanes, les normes de construction des cabanes, le plan d'aménagement du village de pêche indiquant les emplacements des cabanes et des routes de circulation, la dimension maximale des trous (20 cm) dans la glace et leur emplacement, ainsi que des mesures environnementales d'hygiène et de propreté.

Le fjord, habitat des poissons de fond

Le fjord du Saguenay s'étend en longueur sur près de 120 km entre Tadoussac et Saint-Fulgence et mesure jusqu'à 4 km de largeur. Il est composé d'une succession de trois bassins dont la profondeur maximale atteint 276 m et qui sont séparés par des seuils (figure 1). Un seuil peu profond de près de 25 m sépare le fjord de l'estuaire du Saint-Laurent et limite les échanges entre ces deux milieux.

Le fjord du Saguenay est un cours d'eau à deux étages (Drainville, 1995). L'eau de la couche superficielle (0-20 m) est de faible salinité (5), relativement chaude en été (16 à 18 °C) et froide en hiver (< 2 °C). Une faune d'eau douce habite ce premier étage. Sous cette couche de surface se trouve une thermo-halocline où la température chute rapidement à 1 °C et où la salinité augmente à près de 26. Le deuxième étage est constitué d'une couche d'eau profonde (20 m à plus de 250 m), froide (0,5-2,5 °C) et où la salinité est élevée (26 à 31). Les données en oxygène dissous indiquent une bonne aération des eaux du fjord jusque dans le fond des bassins, ce qui en fait un habitat propice pour la faune marine (Drainville, 1968; Drainville, 1975; Gauthier et collab., 2017). Ce taux d'oxygénation élevé ainsi que les températures froides et la forte salinité des eaux profondes s'expliquent par une entrée régulière d'eau en provenance de la couche intermédiaire froide de l'estuaire du Saint-Laurent qui est mélangée par la marée à l'eau de surface, à l'embouchure du fjord (Gratton et collab., 1994). Des études récentes ont permis d'approfondir les connaissances concernant le renouvellement des eaux du Saguenay et la rapidité du processus (Belzile et collab., 2016; Bourgault et collab., 2012; Galbraith et collab., 2018). Elles ont montré l'existence de trois régimes de renouvellement qui dépendent de la salinité — et donc de la densité — des eaux de l'estuaire présentes à l'embouchure du Saguenay. Le temps de renouvellement des eaux du bassin supérieur pourrait varier de 1 à 6 mois.

Les espèces marines exploitées

Bien que plus de 30 espèces de poissons marins se trouvent dans le fjord du Saguenay (Drainville, 1970), la pêche récréative hivernale exploite principalement le sébaste atlantique (*Sebastes mentella*), la morue franche (*Gadus morhua*), la morue ogac (*Gadus ogac*) et le flétan du Groenland

(*Reinhardtius hippoglossoides*), aussi appelé turbot. Le sébaste atlantique est de loin l'espèce la plus exploitée et représente près de 90 % de toutes les captures. Les morues franche et ogac, et le flétan du Groenland comptent respectivement pour 8 % et 2 % des prises. Il se capture, à l'occasion, de la petite limace de mer (*Careproctus reinhardti*), de la saïda (*Boreogadus saida*), du flétan atlantique, de la lycode (*Lycodes* sp.), de la raie épineuse (*Amblyraja radiata*), de la merluche blanche (*Urophycis tenuis*), de la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*), de la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*), du hareng atlantique (*Clupea harengus*), du capelan (*Mallotus villosus*), de l'hémitriptère atlantique (*Hemitripterus americanus*), et du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*).

La question du recrutement des populations de poissons marins du fjord du Saguenay a fait l'objet de nombreux projets de recherche. À la fin des années 2000, une étude portant sur la morue franche, le sébaste atlantique et le flétan du Groenland a montré qu'il n'y avait pas de différence génétique entre les individus du Saguenay et ceux du Saint-Laurent, et soulignait ainsi la connectivité entre ces deux milieux (Séigny et collab., 2009). D'autres travaux basés sur des approches alternatives à la génétique ont cependant indiqué des différences phénotypiques entre les individus de ces deux milieux (Arthur et Albert, 1993; Campana et collab., 2007; Valentin, 2006). Ces résultats suggèrent que les individus du Saguenay et du Saint-Laurent passent la majeure partie de leur cycle vital dans des environnements différents (Séigny et collab., 2009). Une fois les juvéniles entrés dans le Saguenay, ils y demeureraient. Une étude subséquente a fourni un appui additionnel à l'hypothèse que les poissons de fond immigrent dans le Saguenay au stade juvénile (Bui et collab., 2012). Bien qu'il y ait reproduction chez les espèces de poissons de fond dans le Saguenay, la survie larvaire serait compromise par les conditions présentes dans la couche d'eau de surface, soit une eau chaude et saumâtre, empêchant une contribution locale significative au recrutement chez le sébaste et la morue (Sirois et collab., 2009). Les populations de poissons marins du Saguenay seraient des populations puits dont le recrutement dépendrait de l'entrée de juvéniles en provenance de l'estuaire du Saint-Laurent.

La situation de plusieurs stocks de poissons de fond du Saint-Laurent est précaire. Certains ont d'ailleurs fait l'objet d'une évaluation par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). La morue franche, le sébaste atlantique et la merluche blanche ont reçu le statut d'espèce en voie de disparition ou d'espèce menacée par le COSEPAC (COSEPAC, 2017). La pêche récréative à la morue franche et à la merluche blanche a cours dans le sud du golfe du Saint-Laurent, mais la pêche commerciale dirigée sur ces deux espèces est actuellement sous moratoire (MPO, 2015; 2016a). Les conclusions du dernier avis scientifique pour la morue du sud du golfe ne sont guère optimistes et indiquent que le rétablissement de ce stock est fortement improbable, même en l'absence de pêche.

Pour le sébaste, la pêche commerciale est également sous moratoire dans le golfe, mais les informations récentes sont plus encourageantes (MPO 2016b; 2017c). De fortes

classes d'âge de sébaste atlantique ont été observées dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et leur abondance est d'une ampleur jamais vue en 30 ans (Bourdages et collab., 2017). La présence de ces nouvelles cohortes est observée dans le fjord du Saguenay. Depuis 2014, on mentionne des captures de juvéniles de sébaste à de faibles profondeurs dans la pêche récréative dirigée à l'éperlan arc-en-ciel. Ces captures auraient augmenté de façon importante à l'hiver 2016 (Gauthier et Marquis, 2017). Des analyses génétiques effectuées sur des individus des nouvelles cohortes prélevés dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay ont confirmé que ces sébastes sont de l'espèce *Sebastes mentella* et qu'ils sont de la population du golfe du Saint-Laurent (MPO, 2016b; 2017a). La longévité du sébaste — pouvant atteindre plus de 50 ans — est une caractéristique intéressante pour la pêche, mais en contrepartie, la croissance de cette espèce est lente. Dans le golfe, un sébaste de 6 ans atteindra près de 20 cm et pèsera environ 100 g comparativement à une morue qui, pour le même âge, atteindra 50 cm pour un poids d'un peu plus de 1 kg. Les connaissances sont limitées sur la croissance du sébaste atlantique, mais deux études suggèrent qu'elle serait plus lente dans le Saguenay que dans le golfe du Saint-Laurent (Bourgeois, 1993; Campana et collab., 2016).

Les conclusions de la dernière évaluation de l'état du stock de flétan du Groenland du golfe du Saint-Laurent sont mitigées (MPO, 2017d). La biomasse exploitable du stock est élevée et stable depuis 2008. De plus, 3 des cohortes produites depuis 2012 sont très abondantes. Cependant, au nord de l'île d'Anticosti et à la tête du chenal d'Esquiman, on observe une diminution de la biomasse qui pourrait être causée par une augmentation de la température des eaux profondes. Depuis 4 ou 5 ans, les poissons s'observent en moyenne à des températures supérieures à 6°C, soit plus de 1°C au-dessus de la moyenne 1990-2015 (Galbraith et collab., 2017) et près de la limite thermique supérieure de répartition observée pour le flétan du Groenland. Cette augmentation de température des eaux profondes devrait se propager aux eaux de l'estuaire dans les prochaines années. Elle pourrait alors y entraîner une diminution de l'aire de répartition et de l'abondance du flétan du Groenland (Stortini et collab., 2017), ce qui réduirait les entrées de cette espèce dans le Saguenay.

Programme de suivi de la pêche récréative

Volet 1

Le volet 1 du programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond vise à recueillir des données sur l'effort de pêche, les captures et la fréquentation des sites de pêche. Depuis plus de 10 ans, les villages de pêche de l'arrondissement de La Baie sont recensés par deux échantillonneurs engagés par Promotion Saguenay. Les villages de Sainte-Rose-du-Nord et de Saint-Fulgence sont échantillonnés par des employés de Parcs Canada, alors que ceux de Saint-Félix-d'Otis, de Rivière-Éternité et de L'Anse-Saint-Jean le sont par des employés de la Sépaq. Depuis 2007, le site de Saint-Félix-d'Otis n'est plus échantillonné parce que

le nombre de cabanes installées dans ce village ne justifiait plus le temps investi pour obtenir des données. Le site des Battures est fermé depuis l'hiver 2013 en raison d'un faible couvert de glace. Quant au site de Saint-Fulgence, il n'est échantillonné qu'à l'occasion.

Le plan d'échantillonnage annuel consiste en 20 visites par site, réparties entre les jours de semaine et les jours de fin de semaine, s'échelonnant pendant toute la saison de pêche. Lors de chacune de ses visites, l'échantillonneur vise à interroger 15 pêcheurs sélectionnés au hasard (Desgagnés et collab., 2011; Gauthier et Marquis, 2017).

Depuis 1996, plus de 2 300 visites ont été effectuées dans l'ensemble des villages de pêche blanche du Saguenay, dont un peu plus de la moitié, dans les 4 sites localisés dans le PMSSL. Le nombre moyen de pêcheurs interrogés par visite varie beaucoup d'un site à l'autre et est fonction de la dimension des villages de pêche et de leur achalandage.

Chaque pêcheur interrogé fournit des informations sur ses captures (espèce, nombre) et son effort de pêche (nombre de lignes, nombre d'hameçons par ligne et nombre d'heures de pêche). De plus, les échantillonneurs estiment le niveau de fréquentation du site en dénombrant le nombre de pêcheurs actifs dans le secteur pour les poissons de fond au moment de leur visite.

Nombre capturé par unité d'effort

Le nombre de poissons capturés par unité d'effort (NUE) est déterminé pour chacune des espèces. L'effort est défini comme le nombre total d'hameçons utilisés par un pêcheur pour une capture donnée — soit le nombre d'hameçons par ligne multiplié par le nombre de lignes — multiplié par le nombre d'heures de pêche. Au fil des années, le nombre moyen de lignes utilisées par pêcheur a diminué. Ainsi, il est passé de 3 lignes de 1996 à 2006 à moins de 2 depuis cette période. Cette diminution pourrait s'expliquer par l'utilisation croissante d'échosondeur et l'abandon progressif des brimbales et des rouleaux. De 2010 à 2016, la proportion des pêcheurs qui utilisaient un échosondeur est passée de 30 % à un peu plus de 50 %.

Les NUE ont été standardisés pour prendre en compte le site de pêche et le jour de la semaine, deux facteurs qui influencent le succès de pêche. Cette méthode produit des indices d'abondance qui reflètent les tendances annuelles de l'état des populations (Desgagnés et collab., 2011). Des séries de NUE par espèce ont été produites pour l'ensemble des villages échantillonnés sur le Saguenay, ainsi que pour un sous-ensemble constitué des sites à l'intérieur du PMSSL.

Fréquentation annuelle

La fréquentation annuelle (FA) — soit le nombre de jours-pêcheurs — a été calculée selon l'équation suivante:

$$FA = \sum_{i=1}^{nSites} \sum_{j=1}^{sfs} nJour_{i,j} \cdot \overline{nPJ}_{i,j}$$

Où $nSites$ est le nombre de sites considérés, sfs est le nombre de catégories de jour — ici deux, soit jour de semaine et jour de fin de semaine — $nJour_{i,j}$ est le nombre de jours

de pêche au site i et dans la catégorie de jour j , et $\overline{nPJ}_{i,j}$ est le nombre moyen de pêcheurs présents au site i pour un jour de catégorie j .

Le nombre de jours d'une saison a été estimé en calculant le nombre de jours entre la première et la dernière visite des échantillonneurs. La durée de la saison a été considérée comme identique pour tous les sites.

Le nombre moyen de pêcheurs par jour a été calculé à partir de la fréquentation estimée par l'échantillonneur lors de chacune de ses visites sur un site. Cette estimation est rendue difficile parce que la majorité des pêcheurs sont à l'intérieur des cabanes. La dimension du village de pêche est un facteur important sur la précision de cette estimation. Dans les petits villages, l'échantillonneur fait le tour de toutes les cabanes à pied pour en estimer l'occupation alors que pour les plus grands, il circule en voiture pour évaluer le nombre de cabanes occupées. Notons que le faible roulement de personnel chez les échantillonneurs assure la constance de la méthode d'estimation. Le nombre moyen de pêcheurs par jour et les résultats des calculs utilisant cette valeur doivent être utilisés avec prudence.

Capture annuelle totale

Pour une année donnée, la capture totale (CT) d'une espèce a été calculée ainsi:

$$CT = \sum_{i=1}^{nSites} \sum_{j=1}^{sfs} nJour_{i,j} \cdot \overline{nPJ}_{i,j} \cdot \frac{prisesTot_{i,j}}{nPEch_{i,j}}$$

Où $prisesTot_{i,j}$ est la somme des prises rapportées au site i et au jour de catégorie j , et $nPEch_{i,j}$ est le nombre total de pêcheurs interrogés au site i et au jour de catégorie j .

Volet 2

Ce volet du programme de suivi a comme objectif la cueillette de données biologiques. De 2 à 6 pêcheurs sont recrutés annuellement à chacun des villages afin de récolter des données sur les différentes espèces de poissons. Ces personnes sont identifiées comme des pêcheurs repères. Les échantillonneurs du volet 1 participent également à cette collecte. Les échantillonneurs et les pêcheurs repères ont à leur disposition des planches à mesurer et des balances leur permettant d'enregistrer la longueur totale (cm) et le poids total (g) des poissons capturés (figure 4).

Résultats

Fréquentation

La moyenne de fréquentation des sites de pêche pour la période 1996-2016 est estimée à près de 38 000 jours-pêcheurs pour le Saguenay et à près de 7 500 jours-pêcheurs pour le sous-ensemble des villages situés dans le PMSSL (figure 5). Les sites les plus fréquentés se trouvent dans l'arrondissement de La Baie qui compte en moyenne près de 29 800 jours-pêcheurs. La fréquentation annuelle des sites de pêche se situe généralement au-dessus de la moyenne pour la période de 1996 à 2005, puis sous celle-ci de 2006 à 2016. Cette diminution du nombre de jours-pêcheurs s'explique principalement par la



Figure 4. Planche à mesurer et balance pour la récolte de données biologiques.

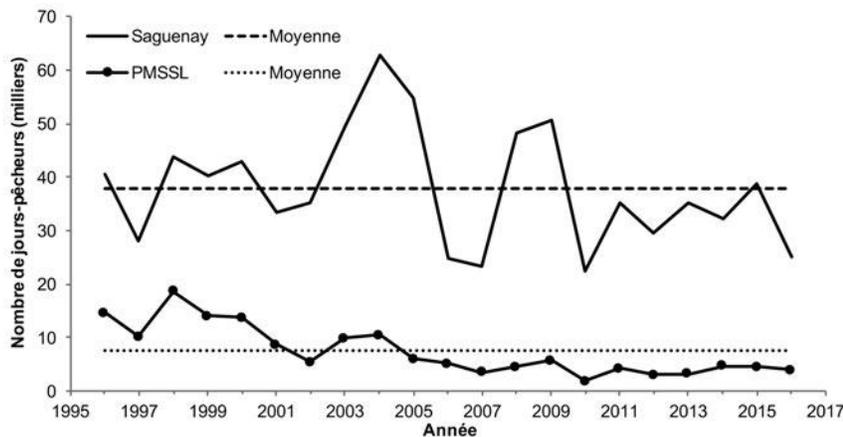


Figure 5. Estimation du nombre de jours-pêcheurs pour la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay. Les séries sont présentées pour l'ensemble des villages de pêche au Saguenay et pour le sous-ensemble des sites à l'intérieur du PMSSL. Les moyennes sont calculées pour chacune des séries (1996-2016).

réduction de la durée de la saison de pêche. D'une part, des mesures de conservation ont été mises en place pour réduire la saison de pêche, qui est passée de plus de 100 jours au début du programme de suivi à près de 50 jours depuis 2011. D'autre part, des conditions météorologiques défavorables à la formation de glace au cours des dernières années ont réduit la longueur des saisons de pêche, retardant, voire même empêchant l'établissement de certains villages de pêche.

Succès de pêche

Le succès de pêche, évalué par rapport à la limite quotidienne de capture de 5 poissons, a diminué de façon importante depuis le début du programme. De 1996 à 2003, en moyenne 25 % des pêcheurs interrogés avaient capturé

leur limite au moment de la rencontre avec l'échantillonneur (figure 6A). Cette rencontre survenait en moyenne 5 heures après le début de leur activité de pêche. De 2004 à 2016, cette moyenne a diminué à près de 5%. En 2016, près de 60 % des pêcheurs interrogés n'avaient fait aucune capture (figure 6B). Cet insuccès est similaire entre les villages, qu'ils soient situés ou non dans le PMSSL.

État de la ressource

On pose ici l'hypothèse qu'une série temporelle du nombre par unité d'effort (NUE) est un indicateur relatif de la trajectoire de l'abondance d'un stock (Desgagnés et collab., 2011). Des NUE par espèce et par année sont présentés pour l'ensemble des sites du Saguenay (figure 7). Pour chacune des 4 espèces évaluées, les tendances pour l'ensemble des sites du Saguenay sont similaires à celles du sous-ensemble des sites localisés dans le PMSSL.

Les taux de capture de sébastes montrent une tendance continue à la baisse de 1996 à 2006, puis demeurent à un niveau faible jusqu'en 2016 (figure 7A).

Pour la morue franche, les taux de capture sont généralement faibles (figure 7B). L'indice de NUE pour cette espèce a montré une diminution de 2000 à 2007, puis a varié et est à la hausse en 2016 pour atteindre des valeurs comparables à celles du début de la série.

Le flétan du Groenland est une capture rare de la pêche récréative au Saguenay, ce qui rend très spéculative l'utilisation du NUE de cette pêche comme indice d'abondance (figure 7C). Peu de flétans du Groenland ont été inventoriés depuis 1996 (n = 474), soit une moyenne d'une vingtaine de poissons par année.

Les villages de L'Anse-Saint-Jean et de Saint-Fulgence se démarquent pour les captures de cette espèce. Depuis 2010, on note une augmentation du NUE dans l'ensemble du Saguenay.

Les taux de capture pour la morue ogac sont également faibles (figure 7D). L'indice de NUE a diminué de 2000 à 2007 et demeure bas jusqu'en 2016.

La capture annuelle totale estimée pour chacune des 4 espèces est présentée à la figure 8. Les variations interannuelles peuvent être importantes et elles sont habituellement en lien avec la fréquentation annuelle. Les tendances générales montrent une baisse importante de la capture totale pour chacune des espèces et ces tendances sont similaires pour le Saguenay et le PMSSL.

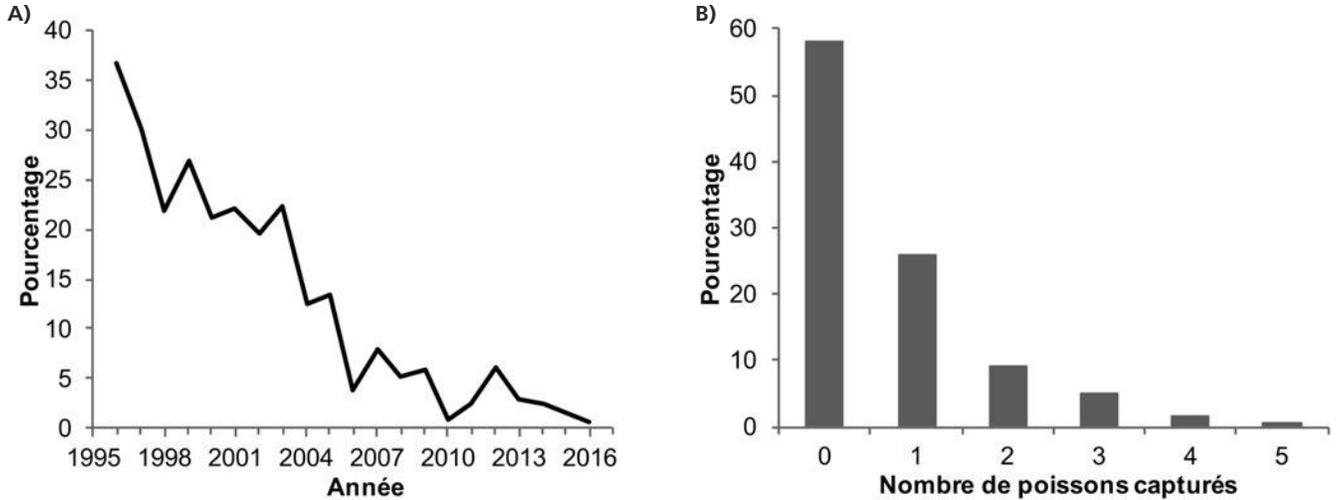


Figure 6. A) Pourcentage des pêcheurs qui ont capturé 5 poissons et plus au moment de leur rencontre avec l'échantillonneur dans le volet 1 du programme de suivi. B) Pourcentage des pêcheurs (n = 872) par classe de nombre de poissons capturés pour l'année 2016.

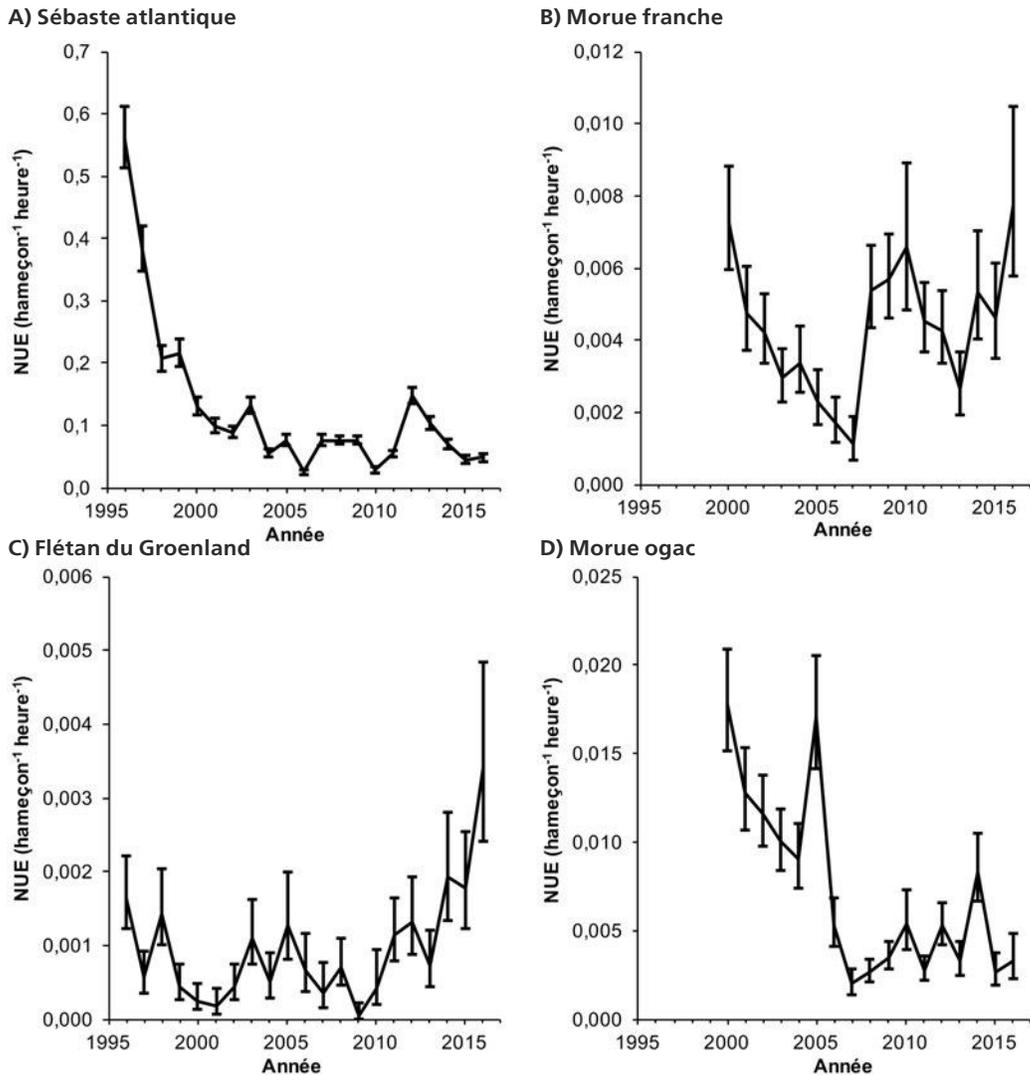


Figure 7. Nombre de poissons capturés par unité d'effort (NUE) ± intervalle de confiance à 95 % dans l'ensemble des sites du Saguenay pour A) le sébaste atlantique, B) la morue franche, C) le flétan du Groenland et D) la morue ogac.

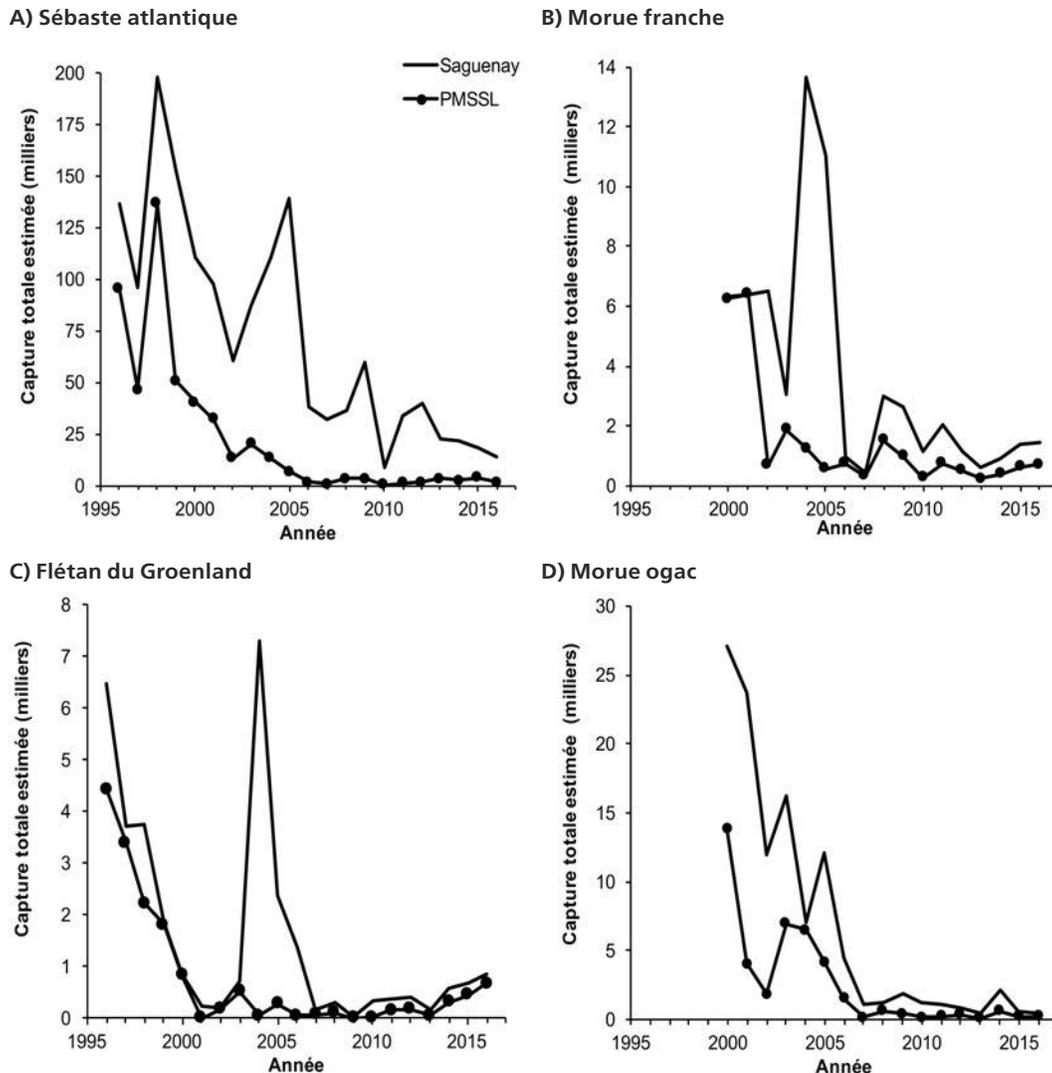


Figure 8. Capture totale annuelle estimée pour l'ensemble des sites du Saguenay et le sous-ensemble des sites du PMSSL lors de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay pour A) le sébaste atlantique, B) la morue franche, C) le flétan du Groenland et D) la morue ogac.

Structure de taille

Les distributions de fréquence de la taille des poissons produites à partir des données biologiques récoltées par le volet 2 du programme de suivi sont présentées pour les 4 espèces (figure 9). Pour le flétan du Groenland, la morue franche et la morue ogac, les distributions montrent un large éventail de tailles, ce qui indique que plusieurs cohortes sont présentes dans la pêche. La présence régulière d'individus de moins de 30 cm et les variations des tailles moyennes suggèrent l'arrivée régulière de nouveaux individus dans la population du Saguenay en provenance de l'estuaire du Saint-Laurent. La situation est différente pour le sébaste. L'augmentation lente et constante de la taille annuelle médiane de cette espèce dans la pêche de 1996 à 2015 suggère qu'il n'y avait pas eu d'arrivée importante de recrues et que la pêche était dirigée sur un petit nombre de cohortes. En 2016, on note toutefois une plus large gamme de tailles, la présence de sébastes de taille inférieure à 20 cm

et une diminution de la taille médiane. Ces données suggèrent un certain recrutement à la pêche avec l'arrivée de nouvelles cohortes pour les raisons mentionnées précédemment.

Discussion

Grâce à la collaboration de plusieurs partenaires locaux et gouvernementaux, au travail indispensable des nombreux échantillonneurs et pêcheurs repères, et à la bonne participation des pêcheurs récréatifs, le programme de suivi de la pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay a fourni des données qui ont mis en évidence des changements dans l'état des populations de poissons de fond exploitées. Les indices d'abondance ont indiqué une diminution importante du sébaste atlantique qui constitue de loin la principale prise dans cette pêche.

À la suite des processus de revues par les pairs menés par le MPO, des mesures de conservation ont été mises en

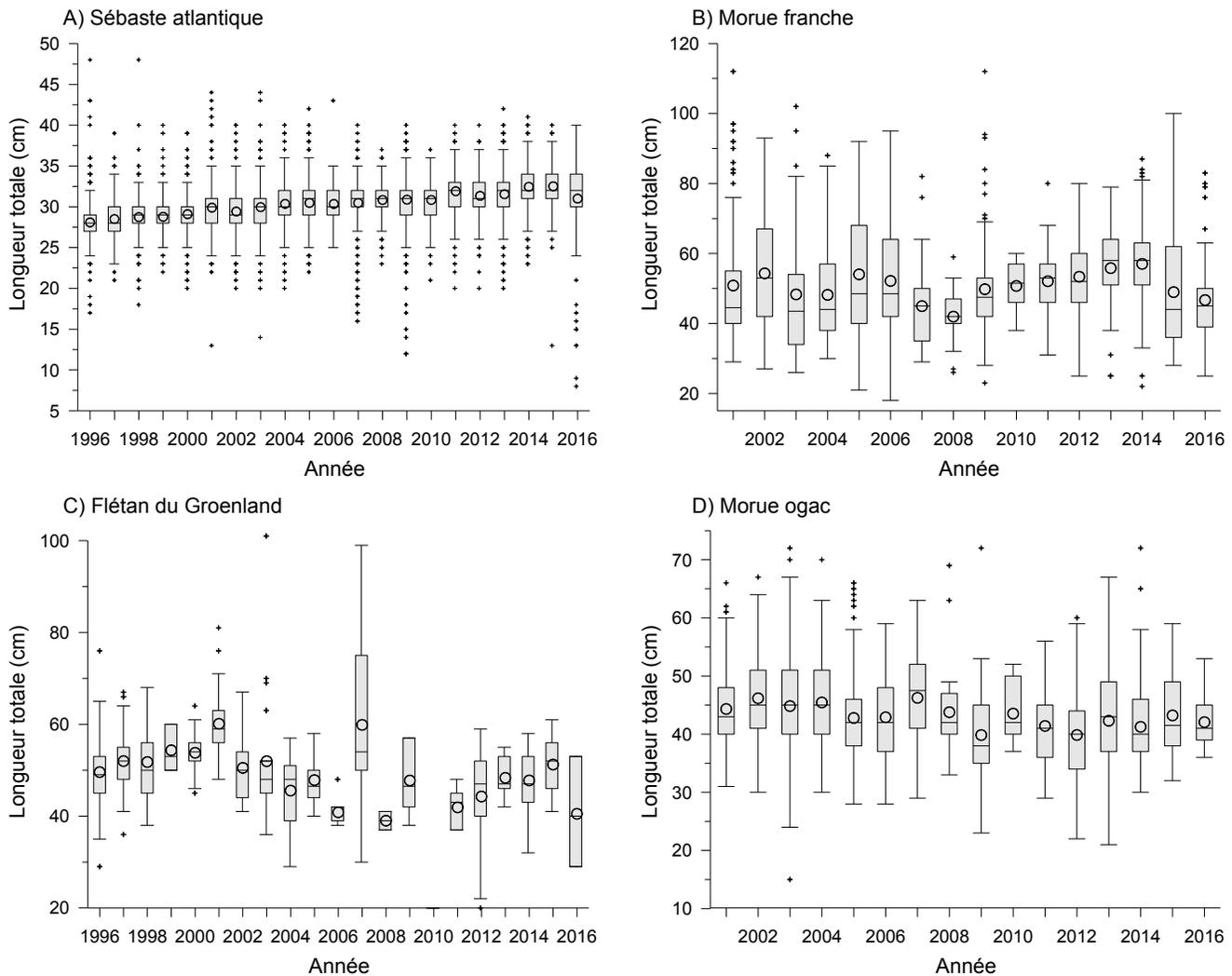


Figure 9. Distribution des fréquences de la taille (longueur totale) des poissons échantillonnés lors de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay pour A) le sébaste atlantique, B) la morue franche, C) le flétan du Groenland et D) la morue ogac. Dans cette représentation graphique en boîtes à moustaches, la ligne à l'intérieur de la boîte représente la médiane, le cercle indique la moyenne, la boîte s'étend des percentiles 25 à 75, les moustaches vont des percentiles 5 à 95, et les croix montrent les valeurs extrêmes.

œuvre par le secteur de la gestion des pêches (MPO, 2004; 2011; 2017b). Ces mesures visaient à réduire l'exploitation des ressources et touchaient deux volets de l'effort de pêche : 1) la durée de la saison de pêche et 2) la limite quotidienne de captures de poissons de fond. Cette limite, établie pour la première fois à 25 poissons par jour en 1995, a été abaissée à 15 en 2003, puis à 5 en 2004. Quant à la saison de pêche, elle a été réduite à deux reprises, passant de plus de 100 jours à près de 60 jours en 2005, puis à 45 jours en 2011. La mise en place de ces mesures de conservation n'a pas réduit pour autant l'engouement pour cette activité qui reste toujours très populaire, avec près de 1 500 cabanes installées annuellement sur la banquise. Les nouvelles réglementations semblent toutefois avoir contribué à stabiliser le nombre de captures et à réduire sensiblement la pression de pêche au cours des

dernières années. Les populations de poissons de fond du Saguenay demeurent toutefois à des niveaux faibles.

Le recrutement des poissons marins du Saguenay dépend de l'immigration de juvéniles en provenance de l'estuaire. Depuis l'effondrement des stocks de poissons de fond dans le golfe du Saint-Laurent, au début des années 1990, et l'instauration de moratoires sur plusieurs pêches commerciales, aucun recrutement significatif n'avait été observé pour la morue franche et le sébaste atlantique. La situation a changé pour le stock de sébastes qui a produit, depuis 2011, 3 années de très fort recrutement (MPO, 2016b; 2017c). Ces nouvelles cohortes de sébastes ont été observées dans le Saguenay. Elles devraient commencer à recruter à la pêche récréative de façon significative dans les prochaines années. Cependant, comme la croissance du sébaste est lente, les individus capturés seront de petite taille. En

contrepartie, comme cette espèce a une grande longévité, une bonne gestion pourrait permettre la pérennité de l'activité de pêche. La dernière forte cohorte de sébastes qui aurait soutenu la pêche récréative hivernale au Saguenay aurait été produite il y a plus de 30 ans.

Les poissons de fond du Saguenay sont une composante d'un milieu unique dont l'exploitation peut avoir une incidence sur l'intégrité de l'écosystème. Le défi des prochaines années sera d'assurer un équilibre entre l'activité de pêche récréative et la conservation des ressources marines au Saguenay. Le programme de suivi de la pêche récréative ainsi que le relevé scientifique aux filets maillants effectué par le MPO au Saguenay aideront à mener à bien ce travail.

Remerciements

Des remerciements sont adressés à tous les intervenants qui ont participé au suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay depuis le début du programme. Des remerciements aux partenaires actuels, soit Promotion Saguenay, la Sépaq et Parcs Canada. Soulignons la contribution remarquable des échantillonneurs, des pêcheurs repères et de tous ces pêcheurs récréatifs qui ont accepté de répondre aux questionnaires et sans qui ce programme de suivi ne pourrait avoir lieu. Un merci particulier à Chloé Bonnette, Daniel Capistran, Sébastien Cloutier, Sarah Duquette, Guy Girard, Audrey Jobin Piché, Michel Maltais, Marie-Claude Marquis, Nadia Ménard, Renée Morneau, Anthony Salesse et Mario Vaillancourt.

Les auteurs remercient également Hugo Bourdages, Martin Castonguay et Charley Cyr pour la révision de la première version de ce document. Enfin, ce document a grandement bénéficié des commentaires constructifs et des suggestions d'Émilien Pelletier, rédacteur ad hoc, de l'équipe du *Naturaliste canadien* et de deux réviseurs scientifiques anonymes. ◀

Références

- ARTHUR, J.R. et E. ALBERT, 1993. Use of parasites for separating stocks of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Canadian Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science*, 50 : 2175-2181.
- BELZILE, M., P.S. GALBRAITH et D. BOURGAULT, 2016. Water renewals in the Saguenay Fjord. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 121 : 638-657. doi:10.1002/2015JC011085.
- BOUCHARD, R., 2008a. La pêche au Saguenay : Histoire, culture et tradition. *Saguenayensia*, 50 (3) : 5-17.
- BOUCHARD, R., 2008b. La pêche au Saguenay : Histoire, culture et tradition (suite et fin). *Saguenayensia*, 50 (4) : 3-9.
- BOURDAGES, H., M. DESGAGNÉS, J.G. RONDEAU, P. GOUDREAU et J.D. LAMBERT, 2011. Résultats des relevés de pêche aux filets maillants dans le Saguenay de 2000 à 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2010/127, viii + 38 p.
- BOURDAGES, H., C. BRASSARD, M. DESGAGNÉS, P. GALBRAITH, J. GAUTHIER, B. LÉGARÉ, C. NOZÈRES et E. Parent, 2017. Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d'août 2016 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2017/002, v + 88 p.
- BOURGAULT, D., P.S. GALBRAITH et G. WINKLER, 2012. Exploratory observations of winter oceanographic conditions in the Saguenay Fjord. *Atmosphere-Ocean*, 50 (1) : 17-30.
- BOURGOIS, A., 1993. Évaluation de l'exploitation du sébaste atlantique (*Sebastes mentella*) par la pêche sportive hivernale sur le Saguenay, saison 1990-91. Mémoire de Maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, Ville de Saguenay, 71 p.
- BUI, A.O.V., M. CASTONGUAY et P. OUELLET, 2012. Distribution et abondance des larves et juvéniles de poissons dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : Connectivité entre le Golfe, l'Estuaire et le Fjord du Saguenay. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 2981, Pêches et Océans Canada, Ottawa, ix + 46 pp.
- CAMPANA S.E., A.E. VALENTIN, J.-M. SÉVIGNY et D. POWER, 2007. Tracking seasonal migrations of redfish (*Sebastes* spp.) in the Gulf of St. Lawrence using otolith elemental fingerprints. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science*, 64 : 6-18.
- CAMPANA, S.E., A.E. VALENTIN, S.E. MACLELLAN et J.B. GROOT, 2016. Image-enhanced burnt otoliths, bomb radiocarbon and the growth dynamics of redfish (*Sebastes mentella* and *S. fasciatus*) off the eastern coast of Canada. *Marine Freshwater Research*, 67 : 925-936.
- [COSEPAC] COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA, 2017. Espèces sauvages canadiennes en péril (octobre 2017). Disponible en ligne à : http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/species/Csar2017-Fra.pdf. [Visité le 2018-02-24].
- DESGAGNÉS, M., H. BOURDAGES et J.-D. LAMBERT, 2011. Pêche récréative hivernale dans le Saguenay de 1996 à 2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2010/129, viii + 21 p.
- DRAINVILLE, G., 1968. Le fjord du Saguenay : I. Contribution à l'océanographie. *Le Naturaliste canadien*, 95 (4) : 809-855.
- DRAINVILLE, G., 1970. Le fjord du Saguenay : II. La faune ichtyologique et les conditions écologiques. *Le Naturaliste canadien*, 97 : 623-666.
- DRAINVILLE, G., 1995. Le fjord du Saguenay : un cours d'eau à deux étages. *Profils Saguenay*, 1 (1) : 5-6.
- GALBRAITH, P.S., J. CHASSÉ, C. CAVERHILL, P. NICOT, D. GILBERT, B. PETTIGREW, D. LEFAIVRE, D. BRICKMAN, L. DEVINE et C. LAFLEUR, 2017. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2017/044, v + 91 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40613677.pdf>. [Visité le 2017-09-19].
- GALBRAITH, P.S., D. BOURGAULT et N. BELZILE, 2018. Circulation et renouvellement des masses d'eau du fjord du Saguenay. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 37-47.
- GAUTHIER, J. et M.-C. MARQUIS, 2017. Pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay de 1996 à 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2017/022, v + 44 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2017/2017_022-fra.pdf. [Visité le 2017-09-19].
- GAUTHIER, J., M.-C. MARQUIS et S. ST-PIERRE, 2017. Relevé de recherche aux filets maillants dans le fjord du Saguenay de 2000 à 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Document de recherche, 2017/028, v + 43 p.
- GRATTON, Y., M. COUTURE et D. LEFAIVRE, 1994. Océanographie physique du fjord du Saguenay. Dans : SÉVIGNY, J.-M. et C. COUILLARD (édit.). *Le fjord du Saguenay : un milieu exceptionnel de recherche*. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 2270, v + 118 p.
- LAMBERT, J.-D. et S. BÉRUBÉ., 2002. La pêche sportive hivernale dans le fjord du Saguenay. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 2445, x + 58 p.

- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2004. La pêche sportive hivernale dans le fjord du Saguenay en 2003. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Rapport sur l'état des stocks, 2004/036, 8 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/etat/2004/SSR2004_036_f.pdf. [Visité le 2017-09-19].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2011. La pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay, 2008-2010. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2010/088, 16 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/348084.pdf>. [Visité le 2017-09-19].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2015. Évaluation de la morue franche (*Gadus morhua*) du sud du golfe du Saint-Laurent (Div. de l'OPANO 4T-4Vn [nov. – avril]) jusqu'en 2014. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2015/061, 19 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/365333.pdf>. [Visité le 2017-09-16].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2016a. Évaluation du potentiel de rétablissement de la merluche blanche (*Urophycis tenuis*) : population du sud du golfe du Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2016/034, 39 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40594816.pdf>. [Visité le 2017-09-19].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2016b. Évaluation des stocks de Sébastes (*Sebastes fasciatus* et *S. mentella*) des unités 1 et 2 en 2015. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2016/047, 22 p. Disponible en ligne à : <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/4059581x.pdf>. [Visité le 2017-09-16].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2017a. La pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay, 2014-2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2017/003, 16 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/SAR-AS/2017/2017_003-fra.html. [Visité le 2017-09-16].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2017b. Compte rendu de l'examen régional par des pairs sur la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay; 10 novembre 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Compte rendu, 2017/001, 6 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/Pro-Cr/2017/2017_001-fra.pdf. [Visité le 2017-09-17].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2017c. Mise à jour des principaux indicateurs de l'état des stocks de sébastes des unités 1 et 2 en 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Réponse des Sciences, 2017/023, 10 p. Disponible en ligne à : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ScR-RS/2017/2017_023-fra.pdf. [Visité le 2017-09-10].
- [MPO] PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2017d. Évaluation du stock de flétan du Groenland du golfe du Saint-Laurent (4RST) en 2016. Secrétariat canadien de consultation scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Avis scientifique, 2017/049.
- SÉVIGNY, J.-M., A. VALENTIN, A. TALBOT et N. MÉNARD, 2009. Connectivité entre les populations du fjord du Saguenay et celles du golfe du Saint-Laurent. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 (2) : 315-319.
- SIROIS, P., G. DIAB, A.-L. FORTIN, S. PLOURDE, J.A. GAGNÉ et N. MÉNARD, 2009. Recrutement des poissons dans le fjord du Saguenay. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 (2) : 341-352.
- STORTINI, C.H., D. CHABOT et N.L. SHACKELL, 2017. Marine species in ambient low-oxygen regions subject to double jeopardy impacts of climate change. *Global Change Biology*, 23 : 2284–2296. doi: 10.1111/gcb.13534.
- TALBOT, A., 1992. Description de la pêche sportive hivernale dans le fjord du Saguenay et de ses effets potentiels sur la ressource. A. Talbot et Associés, pour Environnement Canada-Service des parcs, 134 p.
- VALENTIN, A., 2006. Structure des populations de sébaste de l'Atlantique du nord-ouest dans un contexte de gestion des stocks et d'évolution. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski, Canada, 212 p.

Le système d'identification automatique (AIS), un outil pour la gestion d'aires marines protégées : revue des applications au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Samuel Turgeon, Cristiane C. A. Martins, Clément Chion et Nadia Ménard

Résumé

Les diverses conséquences des activités de navigation sur le milieu marin sont maintenant reconnues et de plus en plus documentées, en particulier sur les mammifères marins. Dans les dernières années, les gouvernements se sont engagés à rehausser le niveau de protection du milieu marin, notamment par la création d'aires marines protégées. Le système d'identification automatique (AIS), implémenté à l'origine pour la sécurité maritime et la gestion du trafic, est devenu un outil indispensable pour la gestion des activités de navigation dans un contexte de conservation de l'environnement marin. Afin de présenter différentes applications des données AIS dans la gestion d'une aire marine protégée, nous utilisons comme étude de cas le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, reconnu pour la diversité des espèces de mammifères marins qui le fréquentent et pour l'intensité du trafic maritime. Les exemples portent sur la description de l'utilisation de l'espace maritime par les activités de navigation, sur l'évaluation et la modélisation de leurs effets environnementaux et sur le suivi de la conformité à des mesures de gestion. En plus d'illustrer les différents avantages d'utilisation des données AIS, une revue critique sur les limites de ces données en conservation est également présentée.

MOTS CLÉS : AIS, aire marine protégée, conservation des mammifères marins, trafic maritime

Abstract

The diverse impacts of shipping activities on the marine environment are now recognized and increasingly documented, particularly with regards to marine mammals. In recent years, governments have committed to enhancing the protection of the marine environment, notably through the creation of marine protected areas. The Automatic Identification System (AIS), originally introduced for maritime safety and traffic control, has become an essential tool for the management of shipping activities for the conservation of marine environments. The present paper uses the Saguenay–St. Lawrence Marine Park (Québec, Canada), recognized for its high diversity of marine mammals and intensive traffic, to highlight the different potential uses of AIS data in the management of a marine protected area. Examples presented include describing baseline vessel use of a maritime area, assessing and modelling the environmental impacts of the shipping activities, and monitoring compliance to management measures. The different benefits of using AIS data in a conservation context are illustrated, and their limitations are outlined.

KEYWORDS: AIS, marine mammal conservation, marine protected area, maritime traffic

Introduction

Les écosystèmes marins sont soumis à des pressions anthropiques grandissantes (Halpern et collab., 2015) parmi lesquelles la navigation compte pour une part significative. Les aires marines protégées étant souvent une destination récréotouristique de plaisance et commerciale, elles n'échappent pas à ces pressions. Des connaissances sur les activités de navigation sont essentielles pour la création et la gestion des aires marines protégées (Hoyt, 2011). L'évaluation des risques liés à ces activités sur les écosystèmes ou sur une espèce en particulier nécessite une caractérisation de la structure spatio-temporelle du trafic maritime (Robards et collab., 2016). Ces informations sont essentielles dans la planification de l'espace maritime (*marine spatial planning*) afin d'aider la prise de décision visant à assurer une utilisation durable des écosystèmes marins (Shelmerdine, 2015).

Samuel Turgeon, Cristiane C. A. Martins et Nadia Ménard sont membres de l'équipe de conservation au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent pour Parcs Canada.

Samuel Turgeon est cartographe et géographe et s'intéresse à l'analyse spatiale de données scientifiques pour supporter la conservation des écosystèmes marins.

Cristiane C. A. Martins est océanographe et spécialiste sur l'écologie des mammifères marins ainsi que fondatrice et consultante scientifique de Tryphon Océans.

Nadia Ménard est écologiste et s'intéresse particulièrement à l'utilisation des connaissances scientifiques pour la conservation des écosystèmes marins.

Clément Chion est professeur associé au département des Sciences naturelles de l'Université du Québec en Outaouais (UQO) et s'intéresse à la modélisation des interactions entre les activités humaines et les écosystèmes et leurs impacts sur les ressources naturelles.

Correspondance : samuel.turgeon@pc.gc.ca

Les conséquences des activités de navigation sur les écosystèmes marins sont maintenant reconnues et de plus en plus documentées. Elles peuvent être ressenties à l'échelle de l'habitat (p. ex., le bruit sous-marin; Weilgart, 2007), l'introduction d'espèces envahissantes (Bailey, 2015) et des déversements de produits pétroliers (Beyer et collab., 2016) ou à l'échelle des individus (p. ex., le dérangement et les collisions avec les mammifères marins; Laist et collab., 2001; Senigaglia et collab., 2016) et l'introduction de pathogènes (Gollasch et collab., 2015). Les conséquences de la navigation sur les mammifères marins sont l'une des principales menaces au rétablissement de plusieurs populations à l'échelle internationale (Clapham, 2016) et nationale (p. ex., Beauchamp et collab., 2009; MPO, 2012).

Encore récemment, les données sur le trafic maritime étaient plutôt rares ou peu accessibles et souvent résumées par des statistiques globales, ce qui limitait sa compréhension et la mise en place de mesure visant à mitiger ses conséquences (Robards et collab., 2016). Le système d'identification automatique (AIS pour *Automatic Identification System*), implanté à l'origine pour la sécurité maritime et pour la gestion du trafic, est devenu le standard pour le suivi et l'acquisition de données sur le trafic maritime. En science de la conservation, Robards et collab. (2016) décrivent 3 domaines d'application des données AIS: 1) décrire l'utilisation d'un territoire par le trafic maritime; 2) évaluer ou modéliser les impacts environnementaux actuels ou potentiels; 3) effectuer le suivi de la conformité à des mesures de gestion.

Pour atténuer les conséquences des activités anthropiques sur les écosystèmes marins et en vertu des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité, dont l'objectif 11 vise une protection de 10 % des zones marines et côtières d'ici 2020 (CDB, 2010), l'établissement d'aires marines protégées est appelé à augmenter au cours des prochaines années à l'échelle mondiale. Parallèlement à cette croissance du réseau d'aires marines protégées, la flotte mondiale de navires est également en augmentation (Frisk, 2012). Au Canada, pays signataire de la Convention sur la diversité biologique, le gouvernement fédéral a pris ces mêmes engagements et une hausse du trafic maritime y est également attendue, notamment avec la Stratégie maritime du Québec (Gouvernement du Québec, 2015).

Dans ce contexte d'engagements envers une protection accrue du milieu marin, de croissance du trafic maritime et d'une reconnaissance grandissante des conséquences de la navigation, notamment sur les mammifères marins, le présent article a pour objectif d'illustrer différentes utilisations de la technologie AIS pour la gestion d'aires marines protégées et la conservation des mammifères marins. Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, la première aire marine protégée légalement créée au Canada, servira d'étude de cas. Une revue critique sur les limites des données AIS en conservation sera également présentée.

Matériels et méthodes

Aire d'étude

Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent est une aire d'alimentation pour différentes espèces de rorquals (figure 1).

De plus, environ 77 % de la superficie du parc marin fait partie de l'habitat essentiel du béluga du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*), une espèce en voie de disparition (COSEPAC, 2014; MPO, 2012). Il est également l'un des endroits au Canada où le trafic maritime est le plus dense (Simard et collab., 2014), principalement en saison estivale (Chion et collab., 2009). En plus de la voie maritime du Saint-Laurent qui le traverse, le parc marin supporte une importante industrie d'excursions aux baleines (53 permis émis en 2017 par Parcs Canada). De plus, 3 routes de traversiers traversent le parc, dont une à l'année et deux saisonnières. En saison estivale, le parc marin est également fréquenté par les plaisanciers, et 11 marinas se trouvent à proximité. S'ajoutent à ce volume de trafic, des bateaux de recherche scientifique, des navettes, des écoles de voile, des kayaks et des bateaux de surveillance ou de services. De mai à octobre 2007, le nombre total de transits dans le parc marin avait été estimé à $51\,796 \pm 5\,680$ (Chion et collab., 2009). En raison de ce fort volume, la gestion des activités de navigation et de ses conséquences sur les écosystèmes, principalement sur les mammifères marins, est au cœur de plusieurs mesures de conservation en place au parc marin. Le Règlement sur les activités en mer dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent encadre ces activités.

Système d'identification automatique (AIS)

L'AIS est un système d'échange continu et automatisé de messages entre navires et stations terrestres par radio VHF (*Very High Frequency*). Ce système a été développé et implanté pour la sécurité maritime (p. ex., pour éviter les collisions entre navires) et pour la gestion du trafic (p. ex., pour les administrations portuaires). L'AIS transmet des messages contenant des données dynamiques (c.-à-d. la position du navire [GPS], sa vitesse sur le fond, sa route, son cap vrai, sa vitesse angulaire de giration), des données statiques (c.-à-d. le numéro d'identité du service mobile maritime du navire [MMSI], le numéro d'enregistrement à l'Organisation Maritime Internationale [OMI], son indicatif d'appel radio, le nom du navire, la classe de navire et ses dimensions) ainsi que des données saisies manuellement par l'opérateur (c.-à-d. l'état de la navigation, la destination, l'heure probable d'arrivée à destination et le tirant d'eau). Selon l'élévation de l'antenne, les messages peuvent être captés jusqu'à environ 20 milles nautiques (37 km) à partir d'un bateau et jusqu'à 60 milles nautiques (111 km) à partir d'une station terrestre.

Au Canada, selon le Règlement sur la sécurité de la navigation, un AIS de classe A est obligatoire sur les navires de 150 tonnes ou plus qui transportent plus de 12 passagers et qui effectuent un voyage international et, à l'exception des bâtiments de pêche, sur les navires de 300 tonnes ou plus qui effectuent un voyage international, de même que sur ceux de 500 tonnes ou plus qui n'effectuent pas de voyage international. Depuis 2006, les AIS de classe B ont été introduits à moindre coût sur le marché (Robards et collab., 2016). Les AIS de classe B sont moins puissants et leur taux d'émission des messages est moins rapide. Selon la vitesse et les changements de

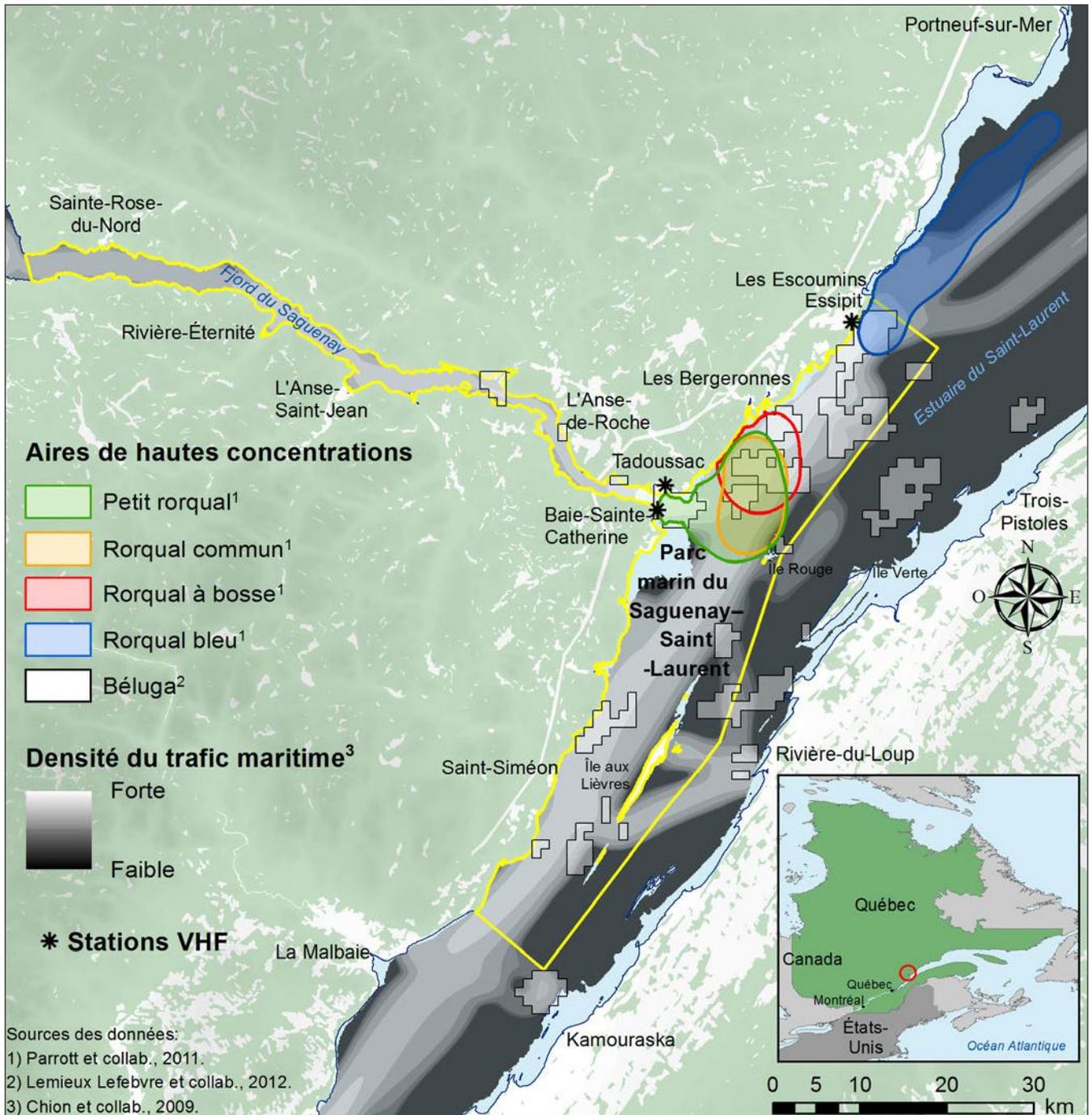


Figure 1. Carte du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, des aires de hautes concentrations des principales espèces de rorquals et du béluga et de la densité du trafic maritime.

cap, le taux de transmission est de 5 à 30 secondes pour les AIS de classe B, par rapport à 2 à 10 secondes pour ceux de classe A.

Équipements des stations terrestres en place au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Depuis 2011, un réseau de 3 antennes VHF sur des sites terrestres et une station d’archivage ont été installés par Parcs Canada afin de capter et d’enregistrer l’ensemble des messages

AIS transmis sur le territoire du parc marin, à l’exception de la majeure partie du fjord du Saguenay, dont la morphologie rend difficile la communication par ondes VHF (figure 1). Afin de limiter le nombre de données enregistrées, seulement 1 message par minute par navire est archivé. Par exemple, en 2016, plus de 5 400 000 messages AIS provenant de plus de 1200 différents bateaux ont été enregistrés. En moyenne, toujours pour l’année 2016, 14871 ± 5346 (écart-type) messages AIS ont

été enregistrés par jour, pour un maximum de 30 423. En plus d'enregistrer les données conventionnelles des messages AIS, la station d'archivage est équipée d'un module de conversion des vitesses sur le fond (SOG : *speed over ground*) en vitesse sur l'eau (STW : *speed through water*). Ce module, développé par Innovation Maritime inc., utilise un modèle des courants (Saucier et collab., 1997) à une résolution spatiale de 400 m et temporelle de 15 minutes, la vitesse sur le fond et le cap du bateau afin de calculer la vitesse sur l'eau pour chacun des messages AIS reçus. Ce module est requis en raison de la présence, par endroits, de forts courants de marée (jusqu'à 7 nœuds).

Résultats et discussion

Portrait du trafic maritime

L'application la plus courante des données AIS est de faire le portrait du trafic maritime d'une région d'intérêt. Le nombre de transits, la densité du trafic, les différentes routes utilisées et les vitesses, le tout ventilé par composantes du trafic (p. ex., cargos, traversiers), sont des informations que l'on peut extraire des données AIS. Elles ont d'ailleurs été utilisées pour réaliser les premiers atlas du transport maritime au Canada (p. ex., Simard et collab., 2014). En utilisant entre autres les données AIS, Chion et collab. (2009) ont réalisé le premier portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, pour la période du 1^{er} mai au 31 octobre 2007. L'exercice a permis d'estimer le nombre de transits et de produire des cartes de densités par composante du trafic (voir un exemple à la figure 1).

Dans le processus de création d'une aire marine protégée, un portrait de la navigation de la zone ciblée est essentiel afin de bien comprendre l'utilisation actuelle du territoire, connaître les différents acteurs concernés par sa création et cerner les effets de la navigation pour lesquels des mesures de gestion devront être mises en place. De plus, l'analyse conjointe de l'information sur la densité spatio-temporelle du trafic maritime et des zones avec une importance écologique reconnue permet de déterminer quelles zones sont les plus à risque et de guider la planification de l'espace maritime. Ces informations permettent aussi de cibler des sites de possibilité (*opportunity sites*) où des gains en conservation sont plus facilement réalisables, étant donné que le trafic est moins dense (Ménard et collab., 2018; Williams et collab., 2015). Un suivi constant et des mises à jour régulières du portrait des activités de navigation permettent d'assurer une gestion adaptative et de bien cerner les conséquences sur le milieu marin.

Modélisation du trafic

Les données AIS peuvent également servir à alimenter des modèles afin de supporter la gestion. La modélisation multiagent est utile comme outil d'aide à la décision dans les systèmes socioécologiques (Janssen et Ostrom, 2006). Le système 3MTSim (*Marine Mammals and Maritime Traffic Simulator*) a été conçu pour supporter la gestion des activités de navigation dans la région du parc marin (Parrott et collab., 2011). Il consiste en un modèle simulant les déplacements des

mammifères marins et la navigation dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay.

Afin de modéliser les déplacements des navires marchands dans le 3MTSim, les données AIS et les données du système INNAV (système d'information sur la navigation maritime) ont été utilisées (Chion, 2011). Les données INNAV contiennent notamment des informations sur les temps de passage à des points d'appel précis et les caractéristiques des navires, et non l'information en continu sur leurs déplacements, comme les données AIS. L'approche de modélisation utilisée pour cette composante du trafic dans le 3MTSim combine une approche statistique pour attribuer les principaux points de passage des navires et un algorithme d'intelligence artificielle pour construire les segments de route évitant les obstacles entre ces points (Chion, 2011). Pour chaque transit de navire instancié dans le 3MTSim, un type de navire, un ensemble de caractéristiques du navire, une séquence de points d'appel constituant un transit selon les données INNAV et une variabilité spatiale autour de ces points d'appel extraite des données AIS, lui sont attribués de manière à reconstituer le portrait de la navigation et tester des scénarios de gestion (Chion, 2011). Le système 3MTSim a été utilisé pour tester différents scénarios de gestion dans les travaux du Groupe de travail sur le transport maritime et la protection des mammifères marins (G2T3M) (Chion et collab., 2012).

Suivi de la conformité à des mesures de gestion

Le G2T3M a été formé en 2011 et regroupe des représentants de l'industrie maritime, du secteur universitaire, du gouvernement et d'organisations non gouvernementales. Son mandat est de trouver des solutions à mettre en œuvre pour réduire les risques causés par le trafic maritime sur les mammifères marins et son premier sujet a été celui des collisions. Des mesures volontaires ont été recommandées de mai à octobre afin de réduire le risque de collision avec les rorquals sans augmenter le niveau d'exposition des bélugas au bruit du transport maritime (Parrott et collab., 2016). Entrées en vigueur en 2013, ces mesures comprennent une aire de ralentissement à 10 nœuds ou moins, une aire à éviter, une aire de vigilance et la recommandation de naviguer dans le chenal au nord de l'île Rouge (figure 2) (Garde côtière canadienne, 2017).

Pour être efficaces et efficientes, des mesures de gestion concernant la navigation, qu'elles soient volontaires ou réglementaires, doivent être accompagnées d'un système de suivi permettant d'évaluer le degré auquel les navires s'y conforment et les adoptent (Whitney et collab., 2016). Les données AIS se sont imposées comme standard afin de suivre l'impact sur la navigation et d'évaluer la conformité à de telles mesures (p. ex., McKenna et collab., 2012; Silber et collab., 2014). Comme l'ensemble des navires concernés par ces mesures volontaires sont obligatoirement équipés d'un AIS, le suivi de la conformité est possible par l'utilisation de ces données. Le tableau 1 liste différentes statistiques pouvant être calculées à partir des données AIS, leurs avantages ainsi que

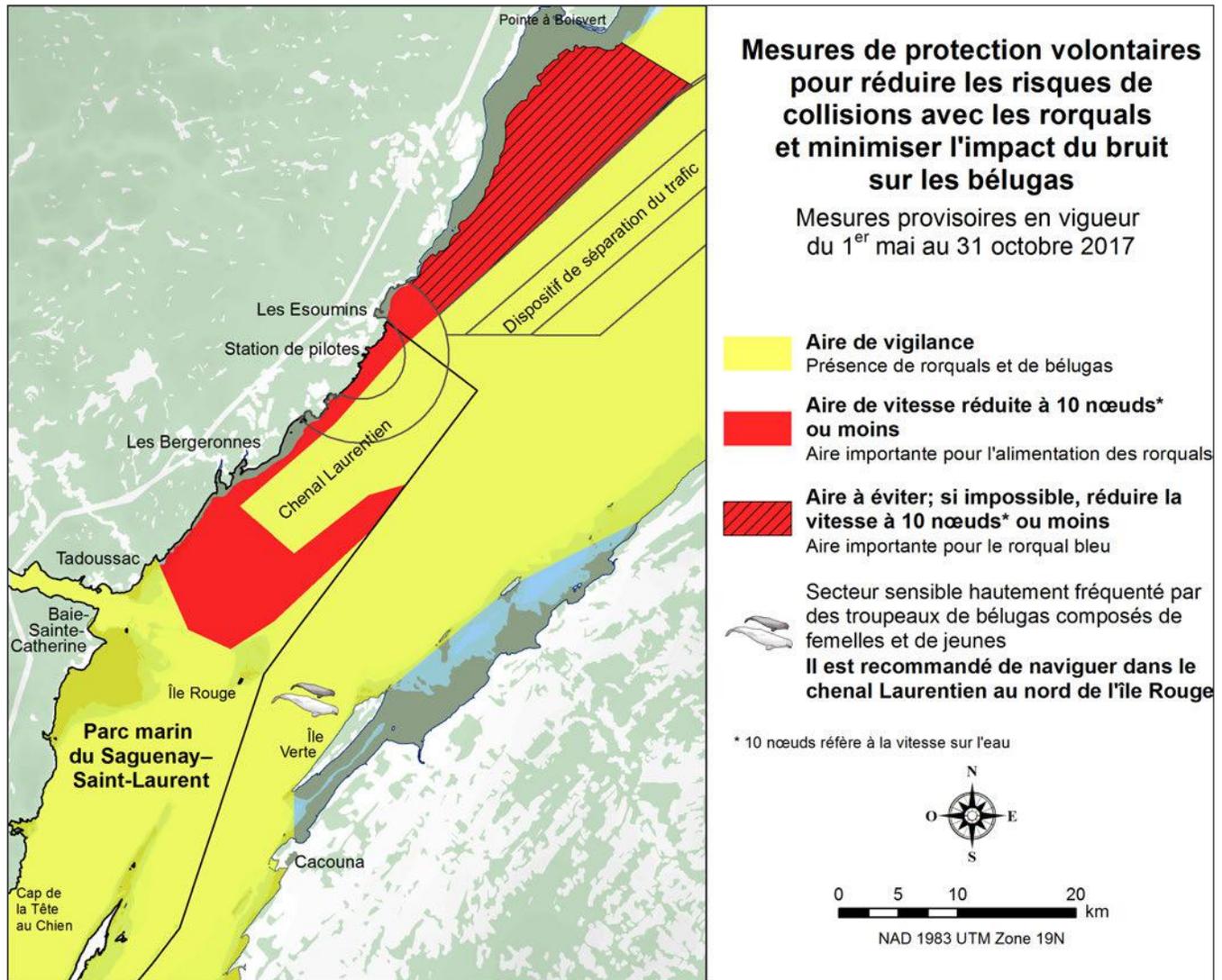


Figure 2. Carte des mesures de protection volontaires pour réduire les risques de collisions avec les rorquals et minimiser l'impact du bruit sur les bélugas, telles qu'elles étaient en vigueur du 1^{er} mai au 31 octobre 2017.

leurs limites pour le suivi de la conformité à des mesures de conservation en lien avec la navigation (adapté de Chion et collab., en révision). La figure 3 illustre les conséquences de la zone de ralentissement à 10 nœuds sur la vitesse moyenne dans la zone et l'effort de ralentissement. On remarque que 19 % des transits avaient une vitesse moyenne de 10 nœuds ou moins dans la zone et que 65 % des transits ont ralenti de plus de 1 nœud pendant la période où la mesure est en vigueur (panneau de gauche). Bien que l'objectif de 10 nœuds ne soit pas atteint pour l'ensemble des transits, les ralentissements observés représentent un gain en conservation puisque le risque de mortalité en cas de collision diminue avec un ralentissement (Vanderlaan et Taggart, 2007).

La Transat Québec-Saint-Malo

À l'été 2016, la Transat Québec-Saint-Malo a eu lieu dans le Saint-Laurent, avec un passage dans le parc marin. Ce genre d'évènement nécessite un permis d'activité spéciale émis

par Parcs Canada en vertu du Règlement sur les activités en mer dans le parc marin. Dans ce cas, des zones à éviter, basées sur les zones de préservation intégrale du plan de zonage du parc marin, et une zone de navigation interdite, basée sur les zones de concentration des grands rorquals, ont été décrites dans les conditions du permis dans le but de réduire les risques de collision avec les mammifères marins (figure 4). De plus, les aires de forte résidence du béluga (Lemieux Lefebvre et collab., 2012) ont été ajoutées aux conditions de permis afin d'être évitées autant que possible.

Le fait que les embarcations effectuant cette activité soient équipées d'un AIS a facilité le suivi de la conformité aux conditions de permis. L'autre possibilité pour assurer le suivi de la conformité aurait été la présence sur l'eau d'agents d'application de la loi, ce qui aurait engendré des coûts importants, nécessité une logistique complexe et ajouté un ou plusieurs bateaux sur l'eau. De plus, la qualité et la quantité

Tableau 1. Liste de différentes statistiques utilisées dans le cadre des analyses de conformité aux mesures de protection volontaires du Groupe de travail sur le transport maritime et les mammifères marins (G2T3M). Un transit est un déplacement d'un navire entre deux ports, alors qu'une route est un corridor de navigation entre une origine et une destination.

Mesures	Statistiques	Définitions	Avantages	Limites
Aire de ralentissement	Vitesse maximale	Donnée AIS avec la vitesse la plus élevée dans l'aire	Simple à calculer et à interpréter	Méthode très stricte et sensible à une valeur extrême
	Vitesse moyenne	Moyenne des vitesses de l'ensemble des données AIS dans l'aire	Simple à calculer et à interpréter et moins stricte que la vitesse maximale	Les vitesses moins élevées sont surreprésentées dans le calcul et biaisent la moyenne
	Vitesse moyenne pondérée par la distance (McKenna et collab., 2012)	Moyenne des vitesses de l'ensemble des données AIS dans l'aire, pondérée par la distance entre chaque position par rapport à distance totale du transit dans l'aire	Moyenne non biaisée et représentative de la vitesse moyenne réelle	Calcul légèrement plus complexe que la moyenne standard
	Pourcentage de la distance parcourue au-dessus de la limite de vitesse (Silber et collab., 2014)	Somme de la distance parcourue dans l'aire à une vitesse supérieure à la limite par rapport à la distance totale du transit dans l'aire	Permet à un transit de contribuer à la conformité globale malgré une non-conformité partielle	Calcul et interprétation des résultats légèrement plus complexes
	Effort de ralentissement (figure 3)	Différence entre la vitesse moyenne avant l'entrée dans l'aire (p. ex., zone tampon de 3 km) et dans l'aire pour chacun des transits	Permet de dégager des gains en conservation (p. ex., diminution du risque de mortalité en cas de collision) même si la vitesse dans l'aire est supérieure à l'objectif établi	Peut porter à confusion lors de la communication des résultats au niveau de l'objectif de la mesure (effort vs cible de vitesse maximale)
Aire à éviter	Pourcentage de transits dans l'aire	Pourcentage de transits naviguant dans l'aire par rapport au nombre de transits sur la même route	Simple à calculer et à interpréter	Méthode stricte (p. ex., si un transit emprunte seulement une petite portion de l'aire et non l'aire au complet)
Route recommandée	Pourcentage de transits selon la route	Pourcentage de transits suivant la route recommandée	Simple à calculer et à interpréter	L'identification de la route utilisée peut être difficile si plusieurs routes se trouvent dans un même secteur

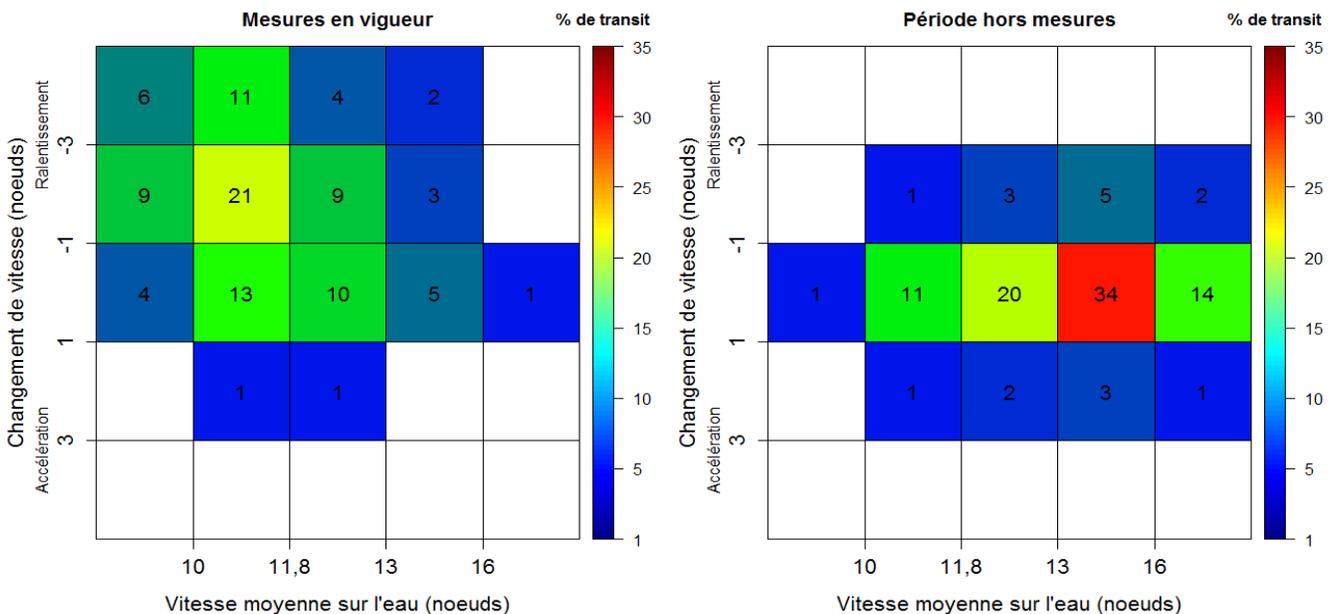


Figure 3. Effets des mesures volontaires sur la réduction de vitesse et effort de ralentissement. Pourcentage de transit selon leur changement de vitesse lors de l'entrée dans la zone de ralentissement et la vitesse moyenne dans celle-ci. Le changement de vitesse correspond à la différence entre la vitesse moyenne dans les 3 km précédant l'entrée dans la zone de ralentissement et la vitesse moyenne dans la zone de ralentissement. Les vitesses sont celles sur l'eau (noeuds).

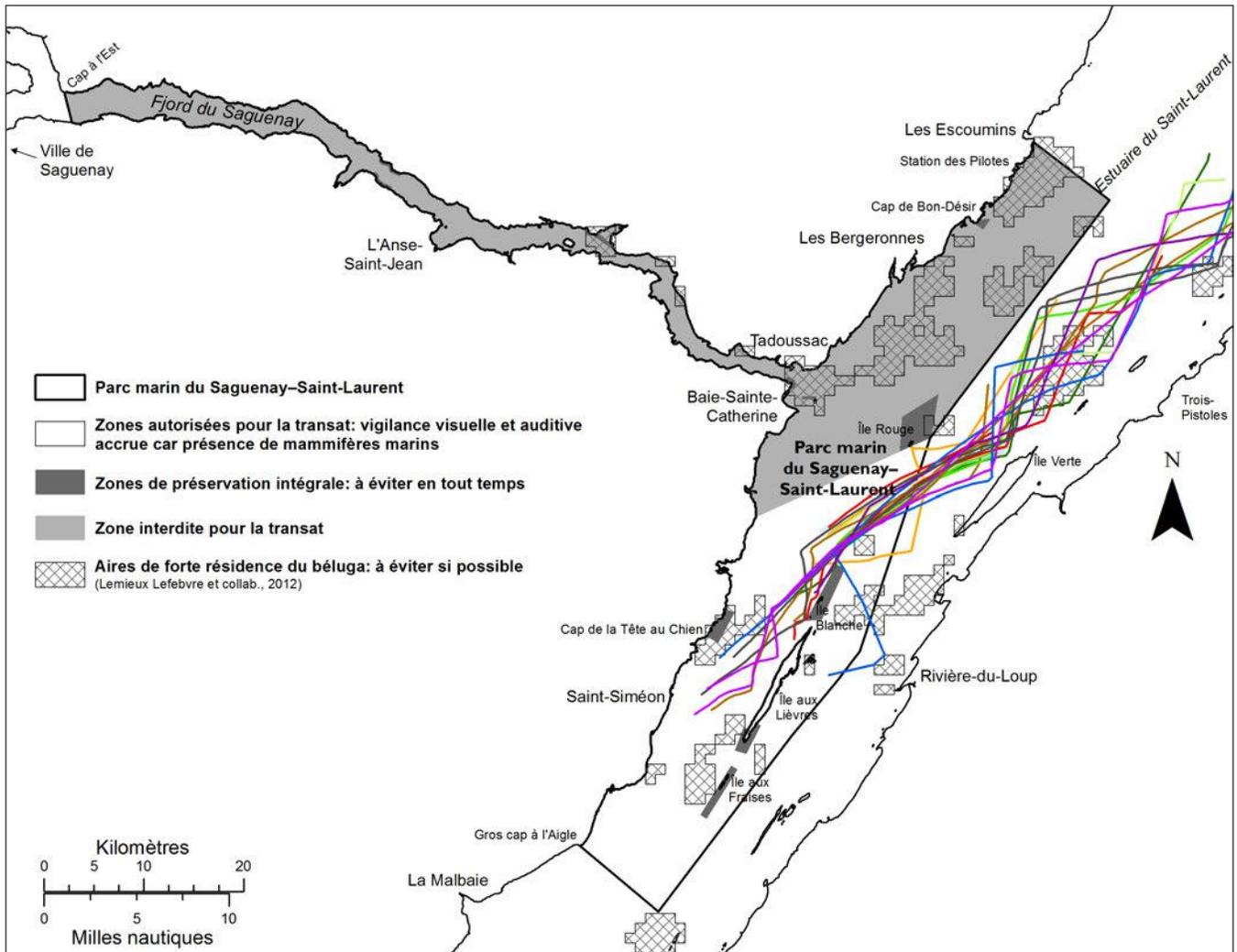


Figure 4. Conditions de permis d'activité spéciale émis par Parcs Canada dans le cadre de la transat Québec–Saint-Malo en 2016 et les trajectoires (traits colorés) suivies par les différents participants.

de données auraient alors été moindres, puisqu'il aurait été impossible pour les agents de couvrir l'ensemble du territoire pour la durée de l'événement, d'autant plus que les passages avaient lieu de nuit. L'analyse des données AIS a permis de vérifier que l'ensemble des participants ont respecté la zone interdite et les zones à éviter (figure 4). En ce qui a trait aux vitesses, moins de 1 % des données AIS enregistrées avaient une vitesse supérieure à la limite de vitesse fixée dans les limites du parc marin.

Suivi des activités d'observation en mer et des mammifères marins

Portrait des activités d'observation en mer

Depuis 1994, des techniciens embarquent sur différents bateaux d'excursion en mer à partir de différents ports d'attache de la région du parc marin afin de caractériser les activités d'observation en mer (AOM) (p. ex., Martins et collab., 2018). De 1994 à 2017, le nombre de croisières échantillonnées annuellement a été très variable (moyenne = 130, écart-

type = 80, minimum = 25, maximum = 327) et faible par rapport au nombre total de sorties en mer dans la région, estimé à environ 13 000 (Chion et collab., 2009).

À l'été 2011, des AIS ont été installés par Parcs Canada sur 8 bateaux effectuant des activités d'observation en mer dans le parc marin. L'objectif était de démontrer à l'industrie que cette technologie permettrait d'accroître la sécurité sur l'eau, tout en vérifiant son potentiel pour le suivi des activités en mer. Les données AIS permettent de caractériser l'utilisation du territoire, une variable également caractérisée par l'échantillonnage AOM. En utilisant la vitesse de déplacement, il est possible de déterminer, avec certaines limites, l'activité du bateau. Turgeon et Martins (résultats non publiés) ont développé un algorithme permettant de définir l'activité (déplacement ou observation) d'un bateau d'observation en mer en se basant sur sa vitesse afin de l'appliquer aux données AIS (figure 5).

Les données AIS sont enregistrées pour chacune des sorties en mer des bateaux équipés d'un système et ne sont pas limitées par un plan d'échantillonnage et différents coûts. Par

exemple, 176 excursions en mer ont été échantillonnées en 2016 par les techniciens de Parcs Canada et du Réseau d'observation des mammifères marins (ROMM, résultats non publiés), alors que les données AIS nous donnent accès à 1171 excursions. L'analyse des résultats découlant des échantillonnages AOM et AIS a permis de déterminer un biais dans l'analyse de

l'utilisation du territoire. Les cartes de la figure 6 illustrent l'utilisation du territoire selon l'échantillonnage AOM (panneau A) et les données AIS (panneau B) en 2016 pour les petites embarcations de Tadoussac. Le panneau du bas illustre la différence entre les deux cartes (AIS-AOM). Les points 3 et 4 montrent des secteurs surreprésentés par l'échantillonnage

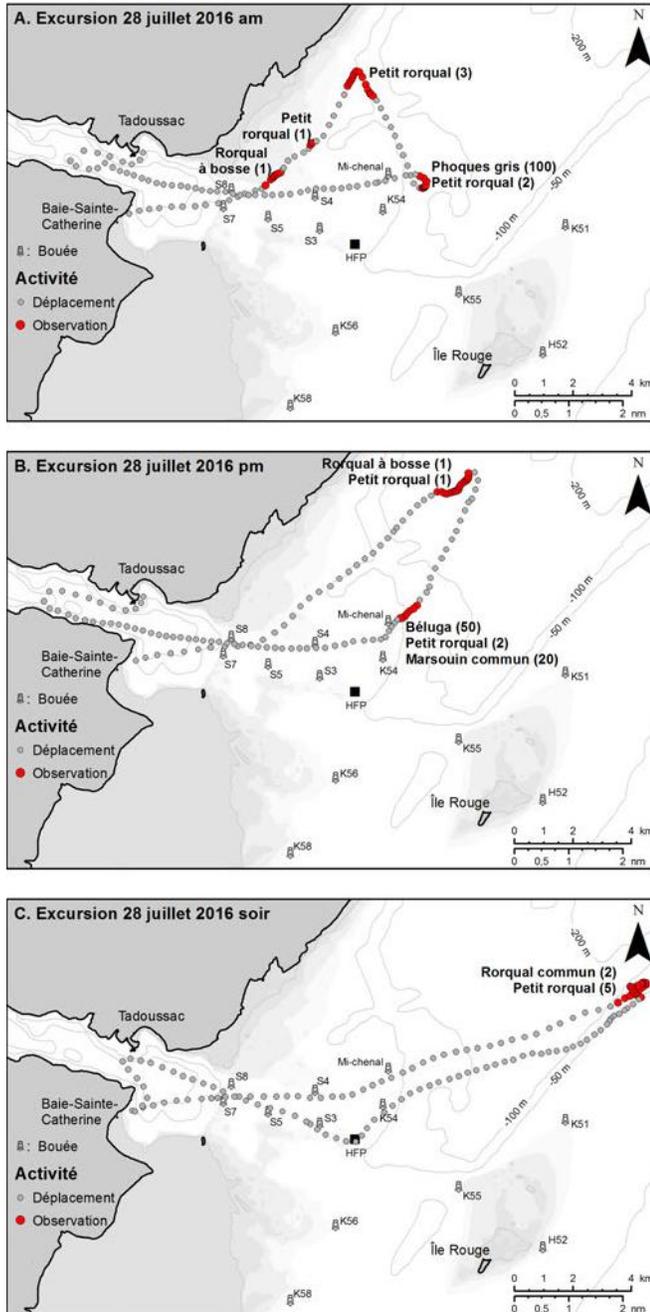


Figure 5. Exemples de données AIS pour trois excursions au même bateau le 28 juillet 2016, en avant-midi (haut), en après-midi (milieu) et en fin de journée (bas). Les points en gris sont ceux que l'algorithme a associés à des déplacements et ceux en rouge, à des observations. Les espèces (et le nombre d'individus) indiquées sont celles notées par les naturalistes dans le cadre du projet AOMc.

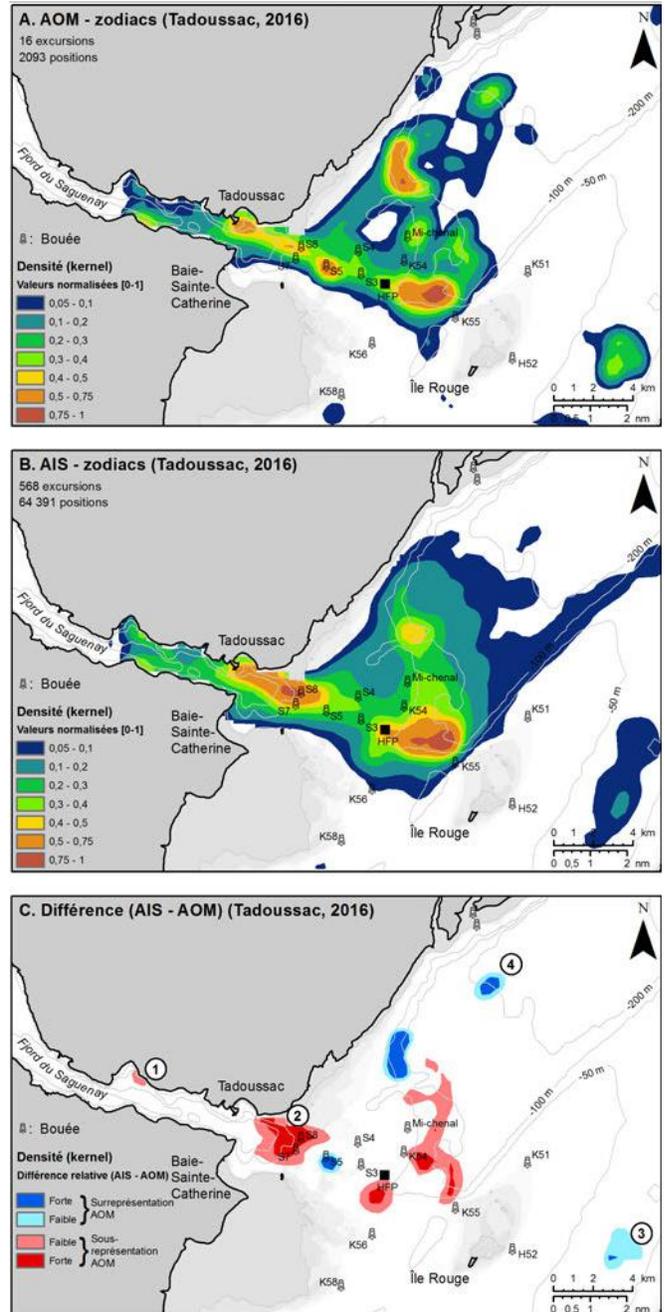


Figure 6. Utilisation du territoire (densité de type kernel normalisée [0-1]) selon les données du protocole AOM (A) et les données AIS (B) pour les zodiacs au départ de Tadoussac en 2016. Le panneau C montre les différences entre les panneaux supérieurs, soit les endroits où l'échantillonnage a été surreprésenté (bleu) ou sous-représenté (rouge) par le protocole AOM.

AOM. Par exemple, le point 3, qui correspond au secteur de l'île Verte, est parfois visité par les excursionnistes pour de courtes périodes en raison de la présence occasionnelle de rorquals. Une seule excursion échantillonnée par les AOM est responsable de la densité observée à la figure 6 (panneau C, point 3). À l'inverse, les points 1 et 2 montrent des secteurs sous-échantillonnés par le projet AOM. Le point 1, qui correspond à une échouerie de phoques communs (*Phoca vitulina*), a été sous-échantillonné par le projet AOM, alors que l'analyse des données AIS démontre que ce secteur est plus utilisé que l'illustre les données AOM. Ce site et celui indiqué par le point 2 sont plus visités lorsque les conditions en mer au large ne sont pas propices aux observations. Dans ces conditions, l'échantillonnage AOM est en général reporté à une date ultérieure par le technicien. Les analyses des données AIS permettent un portrait plus réaliste de l'utilisation du territoire que les données AOM en raison de leur large volume et de l'absence de contraintes liées à l'effort et à un plan d'échantillonnage, mais elles se limitent toutefois aux bateaux équipés. Malgré les avantages de ces données pour caractériser l'utilisation du territoire, l'AIS ne peut remplacer le suivi AOM qui permet de caractériser plusieurs aspects de l'activité (Michaud et collab., 2010).

Acquisition de données sur les mammifères marins

Un projet de science citoyenne en partenariat avec l'industrie (AOMc pour activité d'observation en mer par les capitaines/naturalistes) a été initié en 2012 (Tryphon Océans, résultats non publiés). Deux compagnies sont impliquées dans ce projet, une à Tadoussac et une aux Bergeronnes. L'objectif de cette initiative est d'inventorier les espèces ciblées lors des excursions échantillonnées par AIS. Les capitaines ou les naturalistes notent la date, l'heure et l'espèce pour chaque observation effectuée au cours de l'excursion. De 2012 à 2016, un total de 936 excursions ont été échantillonnées à partir de Tadoussac et 341 à partir des Bergeronnes (tableau 2). À partir de ces données, il est possible de documenter la présence des différentes espèces de mammifères marins dans le secteur pour presque tous les jours de la saison estivale. En couplant les données AOMc avec les données AIS par un lien temporel, il est

possible de cartographier les observations (figure 5). De 2012 à 2014, à partir d'un seul des bateaux participants, un total de 1329 observations de rorquals ont été notées dans le cadre du projet AOMc, dont 822 ont pu être géolocalisées par couplage avec les données AIS disponibles (Tryphon Océans, résultats non publiés). À titre d'exemple, pour cette même période et ce même bateau, un total de 134 observations de rorquals ont été géolocalisées dans le cadre du projet AOM. Cette différence s'explique par l'effort et le plan d'échantillonnage (tableau 2) et non par la méthodologie. De plus, l'algorithme introduit précédemment sur les données AIS et les données AOMc permet de caractériser plus finement les sites d'observation identifiés (figure 5), par exemple par le calcul du temps passé en observation des différentes espèces par excursion.

Les données AIS jumelées à une prise de données citoyennes, telles que le projet AOMc, permettent d'acquérir un grand volume de données de valeur scientifique, dans ce cas sur l'observation des mammifères marins. Bien que cette méthodologie soit moins systématique que les autres suivis en cours, elle permet de bonifier les données disponibles pour la caractérisation de l'observation des mammifères marins dans le parc marin et la gestion de l'activité, tout en favorisant la participation de l'industrie dans le suivi de la ressource.

Évaluation des risques de cooccurrence et de collision avec les mammifères marins

Les collisions avec les mammifères marins sont une des menaces au rétablissement de plusieurs espèces (Laist et collab., 2001). En superposant des données sur la densité des mammifères marins avec celles du trafic maritime, il est possible de définir des secteurs où les risques de collision ou de cooccurrence sont les plus élevés. En y ajoutant la vitesse des navires, on peut aussi évaluer les risques de mortalité en cas de collision (p. ex., Redfern et collab., 2013; Vanderlaan et collab., 2008).

Dans le territoire du parc marin, Martins (2012) a utilisé des grilles de densité construites à partir de données de relevés systématiques de rorquals de 2006 à 2009 conjointement à une grille de densité du trafic basée sur les données AIS, pour calculer les risques de cooccurrence avec 4 espèces de

Tableau 2. Nombre d'excursions et nombre de jours différents (entre parenthèses) échantillonnés dans le cadre du suivi des activités d'observation en mer par les capitaines/naturalistes (AOMc) et par le suivi des activités d'observation en mer (AOM) à partir d'un bateau au départ de Tadoussac et des zodiacs au départ des Bergeronnes de 2012 à 2016.

Port d'attache	Méthodes	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Tadoussac	AOMc	92* (50)	149 (77)	286 (141)	145** (75)	264 (138)	936 (481)
	AOM	25 (25)	25 (25)	32 (32)	36 (36)	41 (41)	159 (159)
Les Bergeronnes	AOMc	0 (0)	26* (18)	0 (0)	168 (70)	147 (60)	341 (148)
	AOM	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9 (9)	14 (14)	23 (23)

* L'échantillonnage a débuté en cours de saison. ** Saison écourtée

rorquals (le petit rorqual, *Balaenoptera acutorostrata*, le rorqual commun, *Balaenoptera physalus*, le rorqual à bosse, *Megaptera novaeangliae* et le rorqual bleu, *Balaenoptera musculus*). Cette analyse a permis de confirmer la pertinence des mesures mises en place par le G2T3M et de proposer un déplacement du dispositif de séparation du trafic en aval de la station de pilotes (figure 2) afin de diminuer les cooccurrences, principalement avec le rorqual bleu (Martins, 2012).

Dans le cadre des analyses des gains en conservation suivant la mise en place des mesures volontaires proposées par le G2T3M (voir ci-dessus et figure 2), l'approche probabiliste proposée par Vanderlaan et collab. (2008) est utilisée afin d'évaluer les changements dans les risques de collisions mortelles (Chion, 2017). Les réductions théoriques annuelles du risque de collision mortelle ont pu être calculées en utilisant les données AIS de 2012 comme année de référence, les données AIS des années subséquentes, les distributions spatiales historiques des espèces de grands rorquals (Parrott et collab., 2011) et la probabilité de mortalité en cas de collision selon la vitesse (Vanderlaan et Taggart, 2007). Les résultats de ces analyses indiquent que la zone de réduction de vitesse à 10 nœuds a entraîné une réduction théorique du risque de collision mortelle de 37 à 40 % pour le petit rorqual, de 36 à 39 % pour le rorqual commun, de 36 à 39 % pour le rorqual à bosse et de 29 à 34 % pour le rorqual bleu (Chion, 2017).

Bruit sous-marin

Les niveaux de bruit ambiant dans l'océan ont grandement augmenté au cours des dernières décennies (Frisk, 2012), et la navigation commerciale est reconnue comme étant la principale source de bruit anthropique de basse fréquence (Hildebrand, 2009). Dans le Saint-Laurent, les données AIS ont été utilisées pour l'analyse des niveaux sonore à la source des navires et pour la modélisation et la cartographie des niveaux sonores liés à la navigation.

Pour la gestion des effets des bruits sous-marins associés à la navigation et leur mitigation, la modélisation et la cartographie des niveaux sonores perçus à différents endroits du milieu marin sont nécessaires (Erbe et collab., 2012). Une information essentielle pour y arriver, en plus de séries temporelles des positions des navires et des conditions de propagation du son, est le niveau de bruit à la source des navires. Plusieurs modèles du bruit à la source des navires existent et prennent généralement en compte la longueur et la vitesse du navire (Breeding et collab., 1996). Dans le Saint-Laurent, Simard et collab. (2016a; 2016b) ont positionné un observatoire acoustique le long de la voie maritime afin d'obtenir des niveaux sonores à la source des navires. En combinant ces données acoustiques aux données AIS des navires ayant navigué à proximité, ils ont obtenu 255 niveaux sonores à la source de navires (Simard et collab., 2016a). Avec ces données, ils ont développé des modèles statistiques en fonction de caractéristiques des navires et de leur vitesse extraites des données AIS (Simard et collab., 2016a).

À partir de ces modèles statistiques, de données spatiales sur les propriétés de la colonne d'eau, des paramètres sur la propagation du son et des données AIS, il est possible de cartographier les niveaux sonores perçus sur l'ensemble du territoire à l'étude. Ces informations sont essentielles pour déterminer la qualité acoustique des habitats des mammifères marins et pour inclure la composante acoustique dans la planification de l'espace maritime (Erbe et collab., 2012). Une telle cartographie indique où le bruit sous-marin est susceptible d'avoir le plus d'impacts sur les différentes espèces et où les mesures de mitigation sont susceptibles d'être les plus efficaces. En modifiant les caractéristiques des données AIS (p. ex., la vitesse), il est possible de prédire l'effet de changements de vitesse sur les niveaux de bruit. Aulanier et collab. (2016) ont utilisé cette approche pour estimer le degré d'exposition des rorquals bleus aux bruits sous-marins émis par la marine marchande dans le Saint-Laurent. Ils ont ainsi pu cartographier les risques de réponse comportementale et de masquage.

Les limites de l'utilisation des données AIS en conservation

La principale limite de l'utilisation des données AIS pour décrire l'utilisation d'un territoire par les différentes composantes du trafic maritime est que certaines d'entre elles ne sont pas équipées d'un AIS et ne sont donc pas représentées dans les données. Par exemple, peu de plaisanciers, de pêcheurs et de bateaux d'excursion aux baleines sont équipés du système. Or, ces catégories peuvent représenter une partie importante du trafic d'une région. La proportion de bateaux équipés d'un AIS varie selon les régions et est en croissance, selon de nouvelles réglementations ou sur une base volontaire. En 2014, la Commission européenne a rendu l'AIS obligatoire sur tous les navires de pêche de plus de 15 m (Commission européenne, 2017). Autre exemple, en 2017, une compagnie d'excursion aux baleines opérant dans les limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a volontairement équipé l'ensemble de sa flotte d'AIS. De plus, les avancées technologiques devraient permettre d'équiper de plus en plus de types d'embarcations et de fournir des données AIS sur des types d'embarcations pour lesquels nous avons pour l'instant peu d'information. Des initiatives visant à équiper d'AIS des utilisateurs d'une aire marine protégée doivent être envisagés afin de favoriser la diffusion de la technologie et d'acquérir des données sur des composantes du trafic traditionnellement peu ou pas représentées dans les données AIS. Dans cette optique, les AIS de classe B ne doivent pas être négligés.

Une autre limite de l'AIS est la possibilité pour un utilisateur qui n'a pas l'obligation légale d'être équipé du système d'éteindre son transpondeur afin de ne plus émettre de message et de ne plus être détecté. Cette possibilité limite l'efficacité de certains programmes de surveillance (p. ex., pour la pêche dans une zone illégale) s'ils sont basés uniquement sur les AIS.

Le traitement et le nettoyage de ces données permettent de minimiser les erreurs contenues dans les messages AIS telles

que des mauvaises positions, des vitesses erronées, des mauvaises caractéristiques du bateau ou encore un mauvais statut de navigation. Pour réaliser cette étape, il est possible d'appliquer différentes requêtes spatiales ou filtres selon les attributs de la base des données. Ces opérations peuvent être automatisées et incluses dans la méthodologie de traitement des données.

De plus, des pannes du système d'archivage, du réseau d'antennes VHF ou une morphologie particulière d'un territoire peuvent occasionner des trajectoires de navires incomplètes ou l'absence de données dans un secteur et ainsi mener à une mauvaise interprétation des résultats. Dans le cadre du suivi des AOM par AIS au parc marin, des trajectoires incomplètes ont également été observées lorsqu'un bateau d'excursion s'éloignait trop des antennes VHF. Ce problème se posait davantage pour les petites embarcations (p. ex., les zodiacs) avec un AIS de classe B en raison de la puissance d'émission et de la hauteur de l'antenne qui sont moindres. Une méthode pour pallier le problème des trajectoires incomplètes dans les analyses de densité est d'utiliser la pondération. Si le nombre de transits circulant sur une route pour une composante du trafic maritime est connu ou peut être estimé et que nous avons un nombre de transits complets avec les données AIS sur cette même route, il peut être envisagé d'appliquer une pondération. Une autre méthode est l'interpolation linéaire entre deux points d'un même transit avec un écart temporel. Cette méthode est difficilement applicable dans un secteur avec des changements de direction ou pour une catégorie de bateau qui fait régulièrement des changements de cap (p. ex., les bateaux d'excursion).

Pour les applications des données AIS portant sur les vitesses, un biais important peut être induit par les variations dans l'émission ou la réception des messages AIS. Selon la taille de l'aire d'étude, la fréquence des données et l'ampleur des variations de vitesse, la moyenne arithmétique des vitesses d'un ensemble de points d'un même transit peut être relativement biaisée. Il est approprié d'utiliser la vitesse moyenne pondérée par la distance (McKenna et collab., 2012) afin de corriger ce biais ou encore, selon l'application, un pourcentage de distance parcourue au-dessus d'un seuil de vitesse (p. ex., taux de conformité à une vitesse maximale; Silber et collab., 2014; tableau 1).

Les analyses spatiales des données AIS peuvent être effectuées à partir de points (un point correspond à un message AIS) ou de polygones construites à partir de ces mêmes points pour représenter les routes des navires. L'analyse spatiale à partir des polygones ne permet pas de détecter un secteur où les déplacements se font à grande vitesse, ce qui pourrait être un enjeu de conservation (p. ex., pour l'érosion des berges). Contrairement à l'analyse spatiale à partir des polygones, l'analyse à partir des points permet d'estimer le temps de présence et la vitesse. L'analyse de densité spatiale à partir des points peut être biaisée en raison de la fréquence irrégulière des données. L'enregistrement des données ou le

rééchantillonnage à des intervalles réguliers et la pondération selon l'écart temporel avec le message AIS précédent peuvent permettre de pallier ce biais.

Disponibilité des données AIS

Récemment, le gouvernement américain a rendu disponible en téléchargement libre sur internet (NOAA, 2016) les données AIS enregistrées au cours des dernières années dans ses eaux côtières. Au Canada, l'accès à ces données demeure limité. Une mise en disponibilité des données AIS archivées dans les eaux canadiennes, semblable à ce qui a été fait aux États-Unis, permettrait des avancées en ce qui a trait à l'évaluation des risques liés aux activités de navigation à l'échelle nationale et à des échelles plus locales. De plus, cela permettrait à un groupe d'intervenants beaucoup plus large, notamment provenant des milieux universitaires et des ONG, de travailler sur ces questions et de contribuer à la planification de l'espace maritime et côtier au Canada. L'accès à ces données faciliterait également l'uniformisation des portraits de la navigation des différentes aires marines protégées au Canada. Ainsi, des outils de gestion pourraient être développés à l'échelle nationale afin d'aider les gestionnaires à mettre en place des mesures locales associées aux activités de navigation.

Plusieurs sites internet permettent de visualiser en temps réel les données AIS, et plusieurs fournisseurs proposent un accès à ces données. Avoir un réseau d'antennes VHF et une station d'archivage propres au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent s'est avéré bénéfique. L'accès en temps réel a aussi été un avantage. Selon l'emplacement, c'est-à-dire la distance des côtes, une aire marine protégée devrait considérer avoir son propre système de réception et d'archivage. Toutefois, avec les avancées technologiques, notamment en ce qui concerne les AIS par satellite (AIS-S), un abonnement à un fournisseur de telles données pourrait également être une option valable pour les gestionnaires d'aires marines protégées.

Conclusion

Nous avons illustré de nombreuses applications de l'utilisation des données AIS pour la gestion d'une aire marine protégée. Pour remplir leur mandat de conservation, les gestionnaires des aires marines protégées doivent bien connaître et comprendre les différentes activités anthropiques qui s'y déroulent. Ces données sont indispensables pour la gestion des activités de navigation, pour en évaluer leurs effets et pour faire le suivi du degré auquel les navires se conforment à des mesures de gestion. Les informations tirées de ces données et leur mise à jour devraient être intégrées dans la planification de l'espace maritime. Les données AIS au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent se sont avérées fort utiles à plusieurs égards et ont permis de définir des actions qui rehausseront le niveau de protection des écosystèmes, notamment des mammifères marins. Ce modèle pourrait servir d'exemple à d'autres aires marines protégées actuelles ou projetées.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Innovation Maritime pour leur travail sur la station d'archivage AIS et sur le module de conversion des vitesses. Les auteurs tiennent également à remercier Croisières AML et Croisières Essipit pour leur participation dans le cadre du projet AOMc et les responsables de la prise de données, de même que tous ceux ayant participé au projet AOM au Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) et au Réseau d'observation de mammifères marins (ROMM). Les résultats présentés dans le présent article n'auraient pu être obtenus sans la participation, à différentes étapes, des employés de Parcs Canada au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Le financement ayant permis l'installation du système de réception et d'archivage des données AIS et d'équiper plusieurs bateaux naviguant dans le parc marin d'un AIS provient du programme Agir sur le terrain de Parcs Canada. ◀

Références

- AULANIER, F., Y. SIMARD, N. ROY, M. BANDET et C. GERVAISE, 2016. Groundtruthed probabilistic shipping noise modeling and mapping: Application to blue whale habitat in the Gulf of St. Lawrence. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 27:070006. doi:10.1121/2.0000258.
- BAILEY, S.A., 2015. An overview of thirty years of research on ballast water as a vector for aquatic invasive species to freshwater and marine environments. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 18 (3): 261-268. doi:10.1080/14634988.2015.1027129.
- BEAUCHAMP, J., H. BOUCHARD, P. de MARGERIE, N. OTIS et J.-Y. SAVARIA, 2009. Programme de rétablissement du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), population de l'Atlantique Nord-Ouest au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Québec, 64 p.
- BEYER, J., H.C. TRANNUM, T. BAKKE, P.V. HODSON et T.K. COLLIER, 2016. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review, *Marine Pollution Bulletin*, 110 (1): 28-51. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.06.027.
- BREEDING, J.E.J., L.A. PFLUG, M. BRADLEY, M.H. WALROD et W. MCBRIDE, 1996. Research ambient noise directionality (RANDI) 3.1 Physics Description. Naval Research Laboratory, Acoustics Division, Stennis Space Center, MS, 33 p.
- [CDB] CONVENTION SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE, 2010. Décision adoptée par la conférence des parties à la convention sur la diversité biologique à sa dixième édition, X/2. Plan stratégique 2011-2020 et objectifs d'Aichi relatifs à la diversité biologique. Disponible en ligne à : <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-fr.pdf>. [Visité le 2017-09-13].
- CHION, C., 2011. An agent-based model for the sustainable management of navigation activities in the Saint Lawrence Estuary. Thèse de doctorat, École de technologie supérieure, Montréal, 354 p.
- CHION, C., 2017. Impacts des mesures volontaires visant à réduire les risques de collisions mortelles de grands rorquals avec des navires marchands dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2016, Mise à jour de l'évaluation des gains en conservation des mesures volontaires proposées par le Groupe de travail sur le transport maritime et la protection des mammifères marins (G2T3M) et l'évaluation de leur impact sur le temps de transit des navires marchands. Présenté à Pêches et Océans Canada et Parcs Canada, Université du Québec en Outaouais, Gatineau, 15 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Chion_2017.pdf.
- CHION, C., S. TURGEON, R. MICHAUD, J.-A. LANDRY et L. PARROTT, 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1er mai et le 31 octobre 2007. Rapport présenté à Parcs Canada, Montréal, 86 p. Disponible en ligne à : http://pcacdn.azureedge.net/-/media/amnc-nmca/qc/saguenay/WET4/Publications-scientific/Chion-et-al2009_Portrait-de-la-navigation-dans-le-parc-marin-du-Saguenay-Saint-Laurent-2007.pdf.
- CHION, C., L. PARROTT et J.-A. LANDRY, 2012. Collisions et cooccurrences entre navires marchands et baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent – Évaluation de scénarios de mitigation et recommandations. Rapport présenté au Groupe de travail sur le transport maritime et la protection des mammifères marins, Parcs Canada et Pêche et Océans Canada, Université de Montréal et École de technologie supérieure, Montréal, 80 p. Disponible en ligne à : https://www.researchgate.net/publication/259892619_Collisions_et_cooccurrences_entre_navires_marchands_et_baleines_dans_l%27estuaire_du_Saint-Laurent.
- CHION, C., S. TURGEON, G. CANTIN, R. MICHAUD, N. MÉNARD, V. LESAGE, L. PARROTT, P. BEAUFILS, Y. CLERMONT et C. GRAVEL. (en révision). A voluntary conservation agreement reduces the risks of lethal collisions between ships and whales in the St. Lawrence Estuary (Québec, Canada): From co-construction to monitoring compliance and assessing effectiveness. Soumis à PLoS One.
- CLAPHAM, P.J., 2016. Managing leviathan: Conservation challenges for the great whales in a post-whaling world. *Oceanography*, 29 (3): 214-225. doi:10.5670/oceanog.2016.70.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2017. Le régime européen de contrôle de la pêche. Disponible en ligne à : https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/control/technologies_fr. [Visité le 2017-09-13].
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 2014. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent, au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 73 p.
- ERBE, C., A. MACGILLIVRAY et R. WILLIAMS, 2012. Mapping cumulative noise from shipping to inform marine spatial planning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132 (5): EL423. doi:10.1121/1.4758779.
- FRISK, G.V., 2012. Noiseconomics: The relationship between ambient noise levels in the sea and global economic trends. *Scientific Reports*, 2: 437. doi:10.1038/srep00437.
- GARDE CÔTIÈRE CANADIENNE, 2017. Publication des avis aux navigateurs édition de l'Est, Édition mensuelle n° 4. Disponible en ligne à : <https://www.notmar.gc.ca/publications/monthly-mensuel/east-est-04-17-fr.php>. [Visité le 2017-07-07].
- GOLLASCH, S., D. MINCHIN et M. DAVID, 2015. The transfer of harmful aquatic organisms and pathogens with ballast water and their impacts. Dans: David, M. et S. Gollasch (édit.). *Global maritime transport and ballast water management: issues and solutions*. Dordrecht, Springer Netherlands, p. 35-58.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 2015. Stratégie maritime. La stratégie maritime à l'horizon 2030. Plan d'action 2015-2020, 78 p.
- HALPERN, B.S., M. FRAZIER, J. POTAPENKO, K.S. CASEY, K. KENIG, C. LONGO, J.S. LOWNDES, R.C. ROCKWOOD, E.R. SELIG, K.A. SELKOE et S. WALBRIDGE, 2015. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature*, 6: 7615. doi:10.1038/ncomms8615.
- HILDEBRAND, J.A., 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 5-20. doi:10.3354/meps08353.
- HOYT, E., 2011. *Marine protected areas for whales, dolphins, and porpoises: a world handbook for cetacean habitat conservation and planning*. Earthscan/Routledge and Taylor and Francis, London and New York, 464 p.

- JANSSEN, M. et E. OSTROM, 2006. Governing social-ecological systems. Dans : Tesfatsion, L. et K.L. Judd (édit.). Handbook of computational economics: agent-based computational economics, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, p. 1465-1509.
- LAIST, D.W., A.R. KNOWLTON, J.G. MEAD, A.S. COLLET et M. PODESTA, 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17 (1): 35-75. doi:10.1111/j.1748-7692.2001.tb00980.x.
- LEMIEUX LEFEBVRE, S., R. MICHAUD, V. LESAGE et D. BERTEAUX, 2012. Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. *Marine Ecology Progress Series*, 450: 243-257. doi:10.3354/meps09570.
- MARTINS, C.C.A., 2012. Study of baleen whales' ecology and interaction with maritime traffic activities to support management of a complex socio-ecological system. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, 236 p.
- MARTINS, C.C.A., S. TURGEON, R. MICHAUD et N. MÉNARD, 2018. Suivi des espèces ciblées par les activités d'observation en mer dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent de 1994 à 2017. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2): 65-79.
- MCKENNA, M.F., S.L. KATZ, C. CONDIT et S. WALBRIDGE, 2012. Response of Commercial Ships to a Voluntary Speed Reduction Measure: Are Voluntary Strategies Adequate for Mitigating Ship-Strike Risk?. *Coastal Management*, 40 (6): 634-650. doi:10.1080/08920753.2012.727749.
- MÉNARD, N., M. CONVERSANO et S. TURGEON, 2018. La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent : bilan et considérations sur les besoins de conservation actuels. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2): 80-105.
- MICHAUD, R., M. MOISAN, V. DE LA CHENELIÈRE, S. Duquette et M.-H. D'ARCY, 2010. Les activités d'observation en mer des mammifères marins (AO3M) dans l'estuaire du Saint-Laurent : zone de protection marine Estuaire du Saint-Laurent et parc marin du Saguenay-Saint-Laurent – Portrait 2005-2010. Rapport final. Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, Tadoussac, 34 p. Disponible en ligne à : http://gremm.org/docs/Michaud_et_al_2010.pdf.
- [MPO] MINISTÈRE DE PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 p.
- [NOAA] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2016. Vessel traffic data. Disponible en ligne à : <https://marinecadastre.gov/ais/>. [Visité le 2017-08-15].
- PARROTT, L., C. CHION, C.C.A. MARTINS, P. LAMONTAGNE, S. TURGEON, J.-A. LANDRY, B. ZHENS, D.J. MARCEAU, R. MICHAUD, G. CANTIN, N. MÉNARD et S. DIONNE, 2011. A decision support system to assist the sustainable management of navigation activities in the St. Lawrence River Estuary, Canada. *Environmental Modelling & Software*, 26 (12): 1403-1418. doi:10.1016/j.envsoft.2011.08.009.
- PARROTT, L., C. CHION, S. TURGEON, N. MÉNARD, G. CANTIN et R. MICHAUD, 2016. Slow down and save the whales. *Solutions*, 6: 40-47.
- REDFERN, J.V., M.F. MCKENNA, T.J. MOORE, J. CALAMBOKIDIS, M.L. DEANGELIS, E.A. BECKER, J. BARLOW, K.A. FORNEY, P.C. FIEDLER et S.J. CHIVERS, 2013. Assessing the risk of ships striking large whales in marine spatial planning. *Conservation Biology*, 27 (2): 292-302. doi:10.1111/cobi.12029.
- ROBARDS, M.D., G.K. SILBER, J.D. ADAMS, J. ARROYO, D. LORENZINI, K. SCHWEHR et J. AMOS, 2016. Conservation science and policy applications of the marine vessel Automatic Identification System (AIS)—A review. *Bulletin of Marine Science*, 92 (1): 75-103. doi:10.5343/bms.2015.1034.
- SAUCIER, F.J., J. CHASSÉ, M. COUTURE, R. DORAIS, A. D'ASTOUS, D. LEFAIVRE et A. GOSSELIN, 1997. Atlas des courants de marée, estuaire du Saint-Laurent de cap de Bon-Désir à Trois-Rivières. Service Hydrographique du Canada, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 108 p.
- SENIGAGLIA, V., F. CHRISTIANSEN, L. BEJDER, D. GENDRON, D. LUNDQUIST, D.P. NOREN, A. SCHAFFAR, J.C. SMITH, R. WILLIAMS, E. MARTINEZ, K. STOCKIN et D. LUSSEAU, 2016. Meta-analyses of whale-watching impact studies: comparisons of cetacean responses to disturbance. *Marine Ecology Progress Series*, 542 : 251-263. doi:10.3354/meps11497.
- SHELMERDINE, R.L., 2015. Teasing out the detail: How our understanding of marine AIS data can better inform industries, developments, and planning. *Marine Policy*, 54 : 17-25. doi:10.1016/j.marpol.2014.12.010.
- SILBER, G.K., J.D. ADAMS et C.J. FONNESBECK, 2014. Compliance with vessel speed restrictions to protect North Atlantic right whales. *PeerJ*, 2 : e399. doi:10.7717/peerj.399.
- SIMARD, Y., N. ROY, S. GIARD et M. YAYLA, 2014. Canadian year-round shipping traffic atlas for 2013: Volume 1, East Coast Marine Waters. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences, Fisheries and Oceans Canada, 347 p.
- SIMARD, Y., N. ROY, C. GERVAISE et S. GIARD, 2016a. Analysis and modeling of 255 source levels of merchant ships from an acoustic observatory along St. Lawrence Seaway. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140 (3): 2002-2018. doi:10.1121/1.4962557.
- SIMARD, Y., N. ROY, C. GERVAISE et S. GIARD, 2016b. A seaway acoustic observatory in action: The St. Lawrence Seaway. Dans : POPPER A. et T. HAWKINS (édit.). The effects of noise on aquatic life II, Springer, New York, p. 1031-1040.
- VANDERLAAN, A.S. et C.T. TAGGART, 2007. Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. *Marine mammal science*, 23 (1): 144-156. doi:10.1111/j.1748-7692.2006.00098.x.
- VANDERLAAN, A.S., C.T. TAGGART, A.R. SERDYNSKA, R.D. KENNEY et M.W. BROWN, 2008. Reducing the risk of lethal encounters: vessels and right whales in the Bay of Fundy and on the Scotian Shelf. *Endangered Species Research*, 4 (3): 283-297. doi:10.3354/esr00083.
- WEILGART, L.S., 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology*, 85 (11): 1091-1116.
- WHITNEY, C.K., J. GARDNER, N.C. BAN, C. VIS, S. QUON et S. DIONNE, 2016. Imprecise and weakly assessed: Evaluating voluntary measures for management of marine protected areas. *Marine Policy*, 69: 92-101. doi:10.1016/j.marpol.2016.04.011.
- WILLIAMS, R., C. ERBE, E. ASHE et C.W. CLARK, 2015. Quiet(er) marine protected areas. *Marine Pollution Bulletin*, 100 (1): 154-161. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.09.012.

Un modèle de risque comme outil de gestion d'une aire marine protégée : l'exemple du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Nicolas Lemaire et Émilien Pelletier

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Résumé

Dans les aires marines protégées, la biodiversité et la complexité des écosystèmes sont souvent menacées par les activités humaines et leurs multiples effets. Afin de soutenir les gestionnaires dans leurs efforts de conservation et de protection, un modèle du risque relatif a été développé comme outil pour localiser les zones cumulant le plus de risques environnementaux, identifier les sources anthropiques de stress et évaluer des approches permettant de réduire les risques et d'augmenter le niveau général de protection dans une aire marine de conservation. Une interface informatique permet une utilisation simplifiée du modèle de risque par l'équipe scientifique et les gestionnaires. À titre d'exemple, l'application du modèle au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) a permis de cartographier les zones les plus à risque en période estivale, alors que les activités anthropiques sont les plus intenses et les sources de risques sont les plus nombreuses. Les résultats montrent que l'embouchure du fjord du Saguenay et la zone côtière des Bergeronnes sont les secteurs les plus à risque du PMSSL. La grande flexibilité du modèle permet de travailler avec des simulations (augmentation ou diminution d'une ou plusieurs sources de stress) et de déterminer la portée relative d'une activité de conservation.

MOTS CLÉS : aire de conservation marine, évaluation des risques environnementaux, modélisation spatiale multirisque, outil d'aide à la décision multicritère, stress anthropiques

Abstract

Biodiversity and complex ecosystems within marine protected areas (MPAs) are often threatened by human activity and the multiple impacts it can have on the environment. A relative risk model was developed as a decision-making tool to help managers of MPAs focus their conservation and protection efforts. Using this tool, it is possible to map the areas most at risk, identify the human stressors involved, and test management strategies that could reduce risk and increase the overall level of environmental protection. A user-friendly computer interface was developed to facilitate its use by scientific teams and managers. The application of the relative risk model to the Saguenay-St. Lawrence Marine Park (SSLMP) allowed the mapping of the zones most at risk during the summer, when human activity is most intense and the stressors are most numerous. Results show that the areas most at risk in the SSLMP are the mouth of the Saguenay Fjord and the coastal zone near Les Bergeronnes. The model allows simulations (e.g., increasing or decreasing one or more stressors) and estimates the relative effectiveness of given conservation actions.

KEYWORDS: anthropogenic stress, decision-making tool, environmental risk assessment, marine protected area, spatial modelling of risk

Introduction

La protection des zones côtières

Une aire marine protégée (AMP) est un territoire maritime délimité en fonction de l'importance de son patrimoine naturel, de ses fonctions écologiques et de ses usages. Son objectif est la conservation des espèces et la protection du milieu, la plupart du temps associé à un objectif d'utilisation durable face aux variations de l'environnement et à l'accroissement des contraintes naturelles et anthropiques (Day et collab., 2012). En règle générale, les AMP sont créées afin de concilier le mieux possible des contraintes écologiques

Titulaire d'un doctorat en océanographie de l'Université du Québec à Rimouski, Nicolas Lemaire est spécialisé en écotoxicologie marine, en chimie environnementale et en modélisation des risques anthropiques avec application aux aires marines de protection et aux déversements de produits pétroliers dans le Saint-Laurent.

nlj.lemaire@gmail.com

Émilien Pelletier est professeur associé à l'Institut des sciences marines de Rimouski (UQAR/ISMER). Il poursuit des travaux de recherche et de rédaction scientifique et participe à la gestion d'organismes voués à la conservation et à la mise en valeur des milieux côtiers.

et socioéconomiques. Le défi est souvent de taille, car la moitié des habitants de la planète vivent en zone côtière à moins de 50 km de la mer, exploitant largement ces espaces de transition pour leur subsistance, le commerce et les loisirs (UNEP/GPA, 2006; UNESCO, 2011). Cette anthropisation intensive affecte à présent la quasi-totalité des espaces côtiers (Halpern et Hobin, 2008), essentiellement par le développement immobilier, la villégiature, l'aquaculture et les activités portuaires (Doxa et collab., 2017). Les activités terrestres, cumulant 80 % des impacts (GESAMP, 2001), favorisent le transfert d'un cocktail de contaminants et de nutriments (Syvitski et collab., 2005; Vitousek et collab., 1997) vers les milieux littoraux et marins, tandis que les activités en mer exploitent les ressources et apportent également une pollution additionnelle (Pauly et Watson, 2005). Ces multiples problèmes environnementaux peuvent conduire à une dégradation générale des écosystèmes ainsi qu'à des changements de biodiversité (Halpern et collab., 2007). La réduction et le contrôle de cette pression anthropique sont devenus indispensables dans la perspective d'une gestion durable et de la conservation de la zone côtière (Luisetti et collab., 2014; Scyphers et collab., 2015). Les AMP ont donc un rôle central à jouer dans les principaux défis que l'humanité doit relever : la lutte aux changements climatiques, la réduction de la pauvreté et le partage des ressources.

À la conférence mondiale sur la biodiversité de Nagoya en 2010, la communauté internationale a confirmé l'importance des AMP comme outil de protection en adoptant un plan stratégique dont l'un des objectifs (Aichi Target 11) est la création d'un réseau d'AMP protégeant au moins 10 % des océans d'ici 2020 (MacKinnon et collab., 2016). Cependant, afin d'implanter et de gérer ces AMP, les gestionnaires et les spécialistes de la conservation doivent relever de nombreux défis d'ordre scientifique, technique, juridique et politique (Rochette et Druel, 2011). La mise en place d'une gestion adaptée passe par une connaissance approfondie des écosystèmes, de leurs composantes et de leur dynamique, d'une part, et par la description des activités humaines qui ont potentiellement un impact sur les milieux et les espèces à protéger, d'autre part. Ces connaissances sont indispensables pour appréhender la complexité des écosystèmes, mais aussi pour évaluer à la fois l'impact global et local de toutes les facettes des activités anthropiques. La création récente d'aires marines protégées à grande échelle augmente les chances d'atteindre l'objectif de convertir 10 % des écosystèmes marins en AMP d'ici l'horizon 2020. Parmi les plus récentes, nous pouvons citer les AMP autour des îles Cook (2012) et de l'archipel d'Hawaii (2016) protégeant respectivement 1×10^6 et $1,5 \times 10^6$ km² de territoire maritime. Cependant, la gestion de territoires aussi vastes pose de nouveaux défis. La surveillance à grande échelle requiert l'emploi de technologies de pointe (satellites, avions) très coûteuses et le développement à long terme d'expertise en évaluation des risques et en gestion des mesures à prendre pour réduire ces risques (Wilhelm et collab., 2014).

Les outils d'évaluation et de gestion des risques

Les aires marines ont besoin d'outils de gestion adaptés à leurs besoins. Ceux-ci doivent intégrer : 1) le caractère multiple et la distribution hétérogène des sources de stress et des cibles dans un environnement complexe; 2) la variabilité spatiale des relations entre les différentes composantes (sources, habitats, cibles); 3) des données d'origine et de nature souvent hétérogènes et parfois incomplètes (Lemaire, 2012). Dans un contexte de gestion écosystémique, le risque peut être défini comme le degré par lequel les activités humaines interfèrent avec l'atteinte des objectifs de gestion (Samhoury et Levin, 2012). Les évaluations du risque fournissent donc des indications utiles sur les problèmes et les solutions de conservation ou de gestion de la ressource au sein des AMP. Ces outils sont utilisés par les planificateurs pour comparer l'état du système à gérer avec les objectifs à atteindre ou pour explorer une gamme de scénarios permettant d'améliorer cette condition (Fulton et collab., 2015). Cependant, le nombre important de pressions s'exerçant sur les écosystèmes marins oblige parfois les gestionnaires à restreindre leurs efforts de gestion sur un groupe limité de menaces qui ne contribuent quelquefois que de façon limitée aux risques d'impacts (Piet et collab., 2017).

De nombreuses méthodologies d'évaluation des risques écologiques reposent sur l'approche probabilité-conséquence pour estimer le risque d'un événement rare ou imprévisible. Cependant, lorsqu'une évaluation d'une situation réelle est nécessaire, une analyse par l'approche exposition-effet est plus appropriée (Knights et collab., 2015). Les réseaux bayésiens (*Bayesian network*) sont de plus en plus utilisés dans le domaine de l'analyse environnementale et de la prise de décision, en raison de leur capacité à intégrer la complexité des systèmes et à extraire des réponses à des problématiques environnementales (Hart et Pollino, 2008; Pollino et collab., 2007). Ces outils sont avant tout des modèles conceptuels schématisant l'ensemble des liens directs (parent-enfant) existant dans un ensemble défini de variables explicatives de critères d'évaluation environnementale. C'est ensuite une méthode de calcul probabiliste dans laquelle chaque variable est représentée par la distribution statistique de l'ensemble de ses valeurs possibles. Cette distribution est dite conditionnelle, ce qui signifie que la probabilité qu'une variable « enfant » a d'être égale à une valeur plutôt qu'à une autre est déterminée par la valeur de sa (ses) variable(s) parent(s). Les résultats fournis par un réseau bayésien se présentent donc sous la forme d'une probabilité de distribution plutôt que d'une valeur unique (Lecklin et collab., 2011).

Comme le rappelle Uusitalo (2015), la méthode des réseaux bayésiens répond à plusieurs critères recherchés dans un outil de gestion de risque. Elle permet de gérer la complexité des relations sources-impacts et d'utiliser des données hétérogènes et incomplètes. Cependant, la méthode atteint ces limites lorsqu'il s'agit de gérer une analyse spatiale ou temporelle. Il est possible de le faire, tout de même, mais en

créant un réseau pour chaque tranche de temps ou d'espace, ce qui peut vite devenir fastidieux.

En 1997, des chercheurs américains (Landis et Wiegiers, 1997) ont proposé une nouvelle méthodologie pour l'évaluation de risques environnementaux afin d'intégrer la multiplicité des sources, des cibles et de leurs relations qu'il est possible de rencontrer lors d'une évaluation régionale des risques écologiques. Son objectif n'était plus de quantifier le risque absolu d'un impact sur un compartiment ou une portion donnée d'un écosystème, mais d'offrir une image intégrée des risques écologiques en comparant leurs variabilités spatiales au sein d'une même zone d'étude. Chaque portion de la région préalablement choisie pour cette comparaison se voit attribuer un score reflétant l'amplitude relative des risques qui s'y cumulent, ce qui permet aux gestionnaires de prioriser leurs efforts de gestion.

Le modèle régional de risques relatifs (MRR) de Landis et Wiegiers (1997) est un outil puissant ayant fait ses preuves dans plusieurs régions du monde (États-Unis, Australie, Brésil, Chili et Chine) pour évaluer des écosystèmes variés (terrestres, lacustres et côtiers) (Li et collab., 2015). Depuis la première publication du modèle MRR, plusieurs développements ont renforcé la méthodologie (Iannuzzi et collab., 2009; Landis, 2005; Liu et collab., 2010) tels que la possibilité de modifier la calibration initiale du modèle pour tester des stratégies de gestion des risques. Qui plus est, la méthode relative de calcul des risques est intéressante, en particulier lorsque les AMP sont situées en zone côtière et soumises à un long historique de perturbations anthropiques. Dans ces conditions, il est difficile de trouver un site de référence exempt de perturbations au sein du territoire à protéger. La méthodologie relativiste offre alors la possibilité de contourner ce problème en permettant une analyse comparative. La méthodologie des risques relatifs de Landis et Wiegiers (1997) offre un cadre d'évaluation d'une grande souplesse, à la fois simple, évolutif et répondant à l'ensemble des critères indispensables à un bon outil de gestion des AMP.

Choix du site d'étude pilote

Situé dans l'est canadien et s'étalant de la région des Grands Lacs à l'océan Atlantique, le système hydrographique du Saint-Laurent draine un immense bassin de $1,6 \times 10^6$ km². Il a été soumis à une intense utilisation anthropique de ses ressources depuis plus d'un siècle (Dionne, 2001). Au début des années 1980, la situation inquiétante de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent a été portée à l'attention du public. Elle est venue symboliser la dégradation de cet environnement et illustrer l'urgence d'agir (Ménard, 2009). Cette prise de conscience a conduit à la création du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) en 1998 et a contribué ainsi à la Stratégie mondiale de la conservation, qui vise à préserver la biodiversité et à mettre en valeur cet écosystème exceptionnel (Dionne, 2001; Maltais et Pelletier, 2018; PMSSL, 2007). Le caractère unique du parc tient non seulement de la richesse et de la complexité des trois écosystèmes qui le composent (fjord du Saguenay,

estuaire moyen et estuaire maritime), mais également de la confluence de ces trois unités biogéographiques en une zone étroite supportant l'important trafic maritime du système Saint-Laurent. De plus, l'aire de coordination du PMSSL est habitée par plus de 200 000 personnes (en comptant les villes de Saguenay et de Rivière-du-Loup), réparties en 23 communautés de tailles très variables, dont les activités (industrie, agriculture, tourisme, pêche, transport, eaux usées, etc.) peuvent être perçues comme autant d'écueils et de défis à la conservation des écosystèmes du parc.

Afin de localiser les zones cumulant le plus de risques environnementaux, de déterminer les sources de stress qui en sont les causes et de tester des solutions de gestion permettant de réduire les risques, nous avons utilisé le PMSSL comme site pilote pour élaborer un modèle de risques relatifs pouvant servir d'outil de gestion afin d'augmenter le niveau général de protection environnementale du parc.

Méthodologie

Formulation du problème

Définition de l'aire d'étude et des zones de risques

L'étape fondatrice de la méthodologie MRR est la définition de l'aire d'étude et son découpage en zones de risques (ZR) entre lesquelles on peut comparer les niveaux de risque. Comme l'ont suggéré Iannuzzi et collab. (2009), la définition de ces ZR peut s'appuyer sur un découpage administratif déjà en place. Cependant, dans la plupart des cas, les zones sont définies selon des limites naturelles (bassins versants, bathymétrie, etc.) et la distribution spatiale des sources et des habitats relatifs aux critères d'évaluation (Liu et collab., 2010; Obery et Landis, 2002; Wiegiers et collab., 1998).

Exclusivement composé d'un territoire maritime, le PMSSL couvre une étendue de 1 246 km² de la côte à la ligne des hautes marées et comprend toute la colonne d'eau ainsi que les fonds marins (Dionne, 2001). Ce territoire a été subdivisé en 18 zones de risques (figure 1) réparties entre les trois unités géographiques de type estuarien composant le parc : le fjord du Saguenay (de Cap-à-l'Est à son embouchure) ainsi que les moitiés septentrionales de l'estuaire moyen (à partir de Gros cap à l'Aigle) et de l'estuaire maritime (jusqu'aux Escoumins). La section fjord (SF) du parc a été divisée en 8 ZR (SF1 à SF8) distribuées successivement d'amont en aval. Le découpage s'est appuyé sur les limites de sous-bassins versants afin de permettre de comparer les différentes baies et anses associées à une rivière, à une zone urbaine, ou aux deux. Suivant cette même logique, des ZR côtières ont été créées dans l'estuaire moyen (UE1 à UE4) et l'estuaire maritime du parc (LE1 à LE3). Pour les secteurs situés plus au large dans l'estuaire, 4 ZR ont été définies : la zone LE4 délimite la tête du chenal Laurentien fréquenté intensivement par les mammifères marins et reconnu comme un secteur d'agrégation d'espèces fourragères (Simard, 2009); les zones UE5 et LE5 délimitent respectivement les zones de plus fortes bathymétries de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime (Ménard, 2009); enfin, la zone UE6 délimite les espaces insulaires du parc

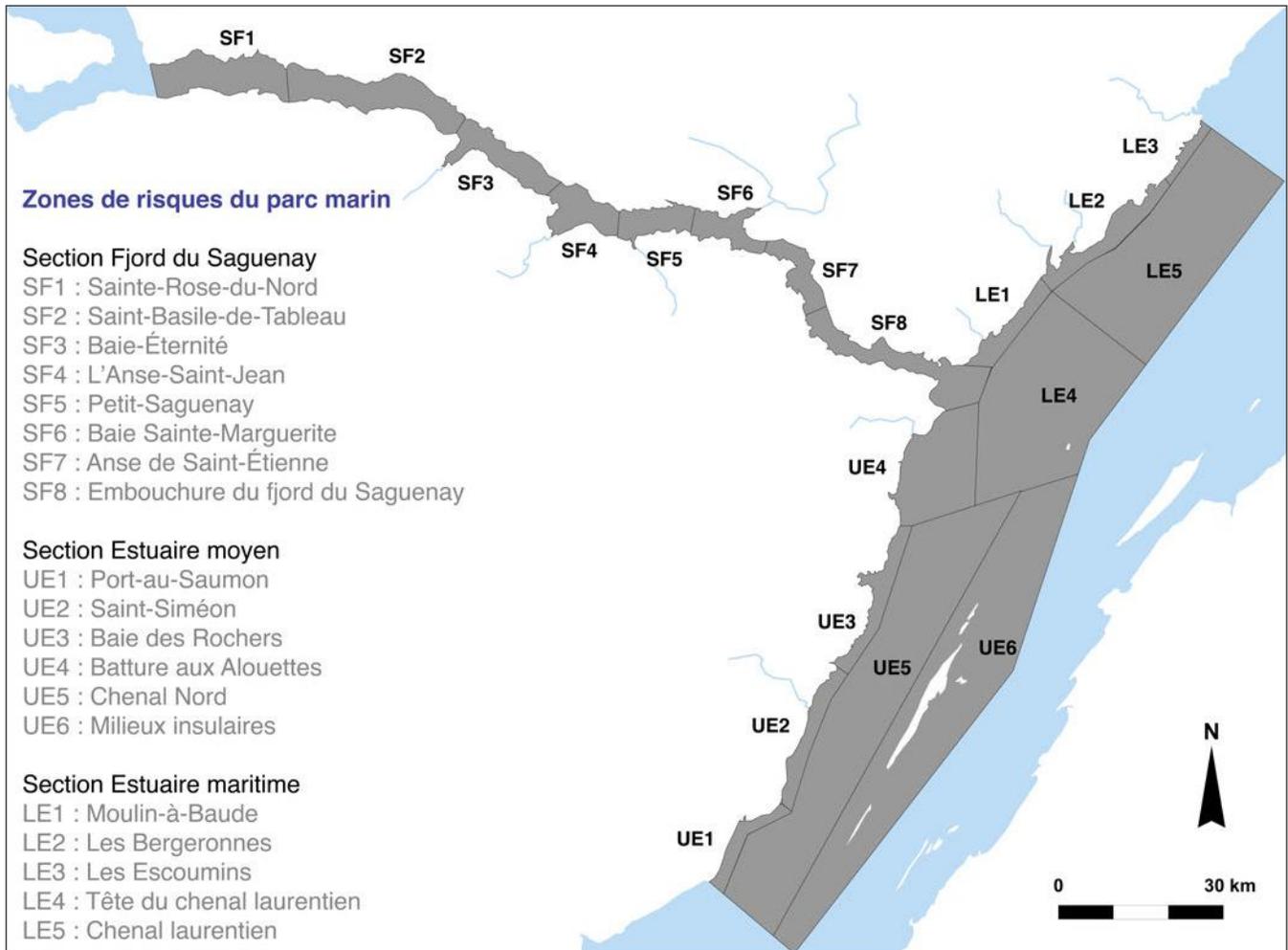


Figure 1. Présentation de l'aire d'étude et de son découpage en zones de risques.

accueillant des habitats d'importance pour la faune (repos, alimentation, reproduction).

Définition des critères d'évaluation

En analyse de risque, les critères d'évaluation (C) traduisent les enjeux de gestion en critères d'impact scientifiquement mesurables auxquels sera associé un risque (Suter, 1990). Les objectifs du PMSSL sont de maintenir la biodiversité et le bon état écologique des écosystèmes ainsi qu'une utilisation écologiquement durable des activités sur l'ensemble du territoire (Dionne, 2001; Ménard, 2009). Huit critères traduisant ces objectifs ont donc été choisis. Les critères qualité des eaux (C1) et qualité des sédiments (C2) reflètent essentiellement la contamination et la salubrité des habitats dans le PMSSL. La mye commune (*Mya arenaria*), reconnue et suivie depuis de nombreuses années en tant qu'espèce sentinelle (Gagné et collab., 2009; Pellerin et collab., 2009), a été choisie pour refléter le niveau de santé général des écosystèmes du PMSSL (critère C3: état de santé des bio-indicateurs). Plusieurs espèces d'invertébrés et de poissons étant exploitées commercialement ou de manière récréative

sur le territoire du PMSSL, le critère des ressources exploitées (C4) a été défini pour évaluer les risques sur les populations locales d'espèces exploitées. La protection des mammifères marins compte parmi les objectifs particuliers du PMSSL (Dionne, 2001; Ménard, 2009). Compte tenu des différents statuts de protection et de l'utilisation différente du territoire par les différentes espèces résidentes ou visitant le PMSSL, 4 critères ont été créés pour évaluer séparément les risques sur les populations de pinnipèdes (C5), de grands rorquals (C6), de petits cétacés (C7: dauphins, marsouins, petits rorquals) et un groupe particulier pour la population de bélugas (C8), l'espèce emblématique du parc marin.

Définition des sources et des habitats

Afin de décrire l'impact des activités humaines sur les écosystèmes du PMSSL, 11 catégories de sources (S) concernant les critères d'évaluation et 5 catégories d'habitats (H) identifiés d'après le Plan de conservation des écosystèmes du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Dionne, 2001) ont été sélectionnées. Ces sources et ces habitats sont listés et décrits au tableau 1.

Tableau 1. Définition des sources et des habitats utilisés pour le développement du modèle de risques.

<p>S1 : Sources externes Cocktail de contaminants (in)organiques transportés par la circulation des eaux depuis les grands centres urbains fortement industrialisés (Dionne, 2001; Lemaire, 2012 et références incluses)</p>
<p>S2 : Ruissellement agriculture Quelques cultures extensives et fermes laitières responsables localement d'une contamination fécale et d'apports de nutriments (Dionne 2001, Comité ZIP-RNE, 2005)</p>
<p>S3 : Ruissellement urbain Les surfaces imperméables (toitures, voiries) des petites municipalités distribuées le long du territoire du parc favorisent le ruissellement de contaminants (in)organiques et de métaux lourds issus des gaz d'échappement, de la pollution atmosphérique, etc. (Paul et Meyer, 2001)</p>
<p>S4 : Effluents municipaux Les effluents peu ou pas traités (MAMROT, 2009) sont la source d'un flux non négligeable en contaminants divers (Lemaire et Pelletier, 2013)</p>
<p>S5 : Pêche Activité peu développée dans le parc, mais certains rapports (MPO, 2007 ; PMSSL, 2008) soulignent un impact non négligeable sur les stocks de poissons et d'invertébrés marins exploités commercialement ou de manière récréative</p>
<p>S6 : Installations portuaires Plusieurs quais et marinas de capacité variable sont dispersés le long des berges du PMSSL et sont la source d'une contamination microbiologique, métallique et organique associée aux déversements accidentels ou la vidange des eaux usées des embarcations</p>
<p>S7 : Marine marchande L'une des plus grandes routes maritimes du monde avec les problèmes de contamination liés à cette activité (Gagné et collab., 2009; Michaud et Pelletier, 2006; Pellerin et collab., 2009; Viglino et collab., 2006)</p>
<p>S8 : Excursions commerciales Les embarcations tentent de s'approcher des mammifères marins (comportement pouvant être accentué sous la pression des touristes) et sont souvent nombreuses sur les sites, ce qui accentue le dérangement</p>
<p>S9 : Plaisance Les plaisanciers peuvent avoir un comportement dangereux autour des mammifères marins; la rapidité ou le manque de manoeuvrabilité de certaines embarcations accentuent ce risque de dérangement sur ces espèces</p>
<p>S10 : Traversiers S11 : Opérations maritimes Ces deux catégories s'ajoutent au trafic général dans le parc et apportent leur lot de stressseurs (contamination, dérangement) par leurs passages répétés (à grande vitesse dans certains cas) dans leur corridor de navigation</p>
<p>H1 : Intertidal meuble Habitat de substrat meuble, situé dans la zone de balancement des marées: marais, vasières et plages de sable</p>
<p>H2 : Intertidal rocheux Habitat de substrat dur, situé dans la zone de balancement des marées: pieds de falaise, rampes et plateformes rocheuses, plages de blocs</p>
<p>H3 : Eaux côtières Infralittoral jusqu'à l'isobathe -50 m, y compris la colonne d'eau et le fond marin</p>
<p>H4 : Benthique profond Fonds marins au-delà de l'isobathe -50 m</p>
<p>H5 : Eaux pélagiques Surface et colonne d'eau au-delà de l'isobathe -50 m, où l'influence des sources terrestres locales est réduite</p>

Développement du modèle conceptuel

Une fois les composants des risques identifiés, ceux-ci sont assemblés au sein d'un modèle conceptuel (tableau 2) représentant toutes les interactions possibles entre les sources, les habitats et les critères d'évaluation. Les différentes relations d'exposition et d'effet ainsi définies constituent l'ensemble des hypothèses sur lesquelles s'appuiera notre évaluation des risques.

Analyse des risques

Développement des rangs pour les sources et les habitats

Le modèle MRR évalue les risques en fonction de la superposition spatiale des sources de stress sur les habitats affectés. C'est pourquoi le modèle base son calcul de risque sur les hypothèses suivantes:

- plus la source de stress est importante dans une zone, plus la quantité de stress émis risque d'être importante et par conséquent, plus le risque associé sera grand;
- plus un habitat est grand au sein d'une zone, plus la quantité de stress reçu par cet habitat risque d'être importante et plus la probabilité d'impact sera grande (ou forte).

Le MRR organise donc son analyse autour d'un système de rangs et de filtres caractérisant l'importance relative des sources et des habitats au sein de chacune des zones de risques. Les sources et les habitats sont évalués selon 4 classes (0 = absence; 2 = faible présence; 4 = présence modérée et 6 = forte présence: tableaux 3 et 4).

Tableau 2. Modèle conceptuel développé pour le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent montrant les interactions (x) entre les sources, les stressseurs et les habitats menant à un risque sur les critères.

Interactions Sources-Stresseurs							Interactions Sources-Habitats					
	St1	St2	St3	St4	St5	St6	H1	H2	H3	H4	H5	
S1		x	x	x			x	x	x	x	x	
S2	x	x		x			x	x	x			
S3			x	x			x	x	x			
S4	x	x	x	x			x	x	x			
S5					x		x		x	x	x	
S6	x	x	x	x			x		x			
S7	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
S8	x	x	x	x		x	x	x	x		x	
S9	x	x	x	x		x	x	x	x		x	
S10	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
S11	x	x	x	x		x	x	x	x		x	
PARC MARIN DU SAGUENAY–SAINT-LAURENT Modèle conceptuel de risques relatifs x = Interactions entre les composantes du risque							Interactions Critères-Habitats					
							C1			x		x
							C2	x		x	x	
							C3	x				
							C4	x		x	x	x
							C5	x	x	x		x
							C6					x
							C7			x		x
C8			x		x							
Sources	[S1] Sources externes; [S2] Ruissellement agricole; [S3] Ruissellement urbain; [S4] Effluents municipaux; [S5] Pêches; [S6] Installations portuaires; [S7] Marine marchande; [S8] Excursions commerciales; [S9] Plaisance; [S10] Traversiers; [S11] Opérations maritimes											
Stresseurs	[St1] Bactéries et virus; [St2] Nutriments; [St3] Métaux lourds; [St4] Contaminants organiques; [St5] Prélèvement de ressources; [St6] Dérangement											
Habitats	[H1] Intertidal meuble; [H2] Intertidal rocheux; [H3] Eaux côtières; [H4] Benthique profond; [H5] Eaux pélagiques											
Critères	[C1] Qualité des eaux; [C2] Qualité des sédiments; [C3] Santé des bio-indicateurs; [C4] Ressources exploitées; [C5] Pinnipèdes; [C6] Grands rorquals; [C7] Petits cétacés; [C8] Bélugas											

Développement des filtres d'exposition et d'effet

D'autres variables doivent cependant être incorporées au calcul de risque. En effet, toutes les sources de risques n'ont pas la même propension à générer des stress. Qui plus est, ces stress peuvent ou non perdurer dans l'habitat, modulant ainsi la probabilité d'impact. Le modèle a donc besoin de pondérer la valeur du risque par un facteur d'exposition (X) qui représente à la fois la propension d'une source à générer un stress et la persistance de ce stress dans l'habitat. La distribution des récepteurs environnementaux peut être hétérogène au sein de l'aire d'étude, et leur sensibilité aux stress peut différer. Pour traduire ces deux derniers aspects, le modèle incorpore un facteur d'effet (E) traduisant la présence ou l'absence d'un récepteur environnemental dans le secteur où le stress est actif

ainsi que la sensibilité du récepteur à ce stress. Ces facteurs sont déterminés en répondant à deux couples de questions :

- (X1) La source libère-t-elle ou cause-t-elle un stress considéré par le modèle ?
- (X2) Ce stress se trouve-t-il et persiste-t-il dans l'habitat ?
- (E1) Est-ce que les stressseurs libérés par la source ont un effet sur le critère ?
- (E2) Est-ce que les cibles associées au critère sont sensibles aux stressseurs dans l'habitat ?

Dans la méthodologie initiale, la réponse à ces questions était binaire : 0 pour non et 1 pour oui. Afin d'obtenir une meilleure résolution dans les résultats obtenus, nous avons précisé la détermination des filtres en introduisant la valeur 0,5 pour signifier une relation plus modérée entre les composants du modèle (sources, habitats et impacts).

Tableau 3. Critères de rangs et facteurs d'incertitude définis pour les sources.

Sources	Critères de rangs	Facteurs d'incertitude
Sources externes	6: Forte influence des sources externes 4: Influence modérée des sources externes 2: Influence réduite des sources externes 0: Aucune influence des sources externes	La circulation des eaux à l'échelle locale (baies, anses) est mal connue et peut affecter l'attribution des rangs, principalement dans la zone côtière.
Ruissellement agriculture	6: Forte concentration de surfaces agricoles 4: Concentration modérée de surfaces agricoles 2: Faible concentration de surfaces agricoles 0: Absence d'activités agricoles	Cette classe ne fait pas de distinction entre l'élevage et les cultures, ce qui peut biaiser la nature des stressés émis.
Ruissellement urbain	6: Zone construite étendue 4: Zone construite modérée 2: Quelques habitations seulement 0: Zone non construite	Faute de données géographiques précises (notamment le pourcentage de surfaces imperméables), le ruissellement urbain est estimé à partir de la population municipale, ce qui peut engendrer une sur- ou sous-estimation.
Effluents municipaux	6: Rejet non traité à fort débit 4: Rejet non traité à faible débit ou rejet traité à fort débit 2: Rejet traité à faible débit 0: Absence de rejet	La décharge continue de contaminants dont les concentrations sont sous le seuil de détection analytique n'est pas prise en compte.
Pêche	6: Pêche commerciale et sportive 4: Pêche commerciale uniquement 2: Pêche sportive uniquement 0: Pas d'activité de pêche	Les filtres d'effets relatifs à cette source peuvent être sur- ou sous-estimés, car aucune étude d'impact de la pêche commerciale ou sportive n'a été réalisée dans le PMSSL.
Installations portuaires	6: Plusieurs quais et marinas 4: Quai ou marina 2: Petite marina 0: Pas d'installation portuaire	L'attribution des rangs repose sur une évaluation qualitative basée sur des observations sporadiques pouvant incorporer une part de subjectivité.
Marine marchande	6: Route principale de navigation 4: Route secondaire de navigation 2: Trafic sporadique 0: Absence de trafic	Le transport de certains stressés vers les zones de risques adjacentes est possible mais difficile à estimer.
Excursions commerciales	6: Secteur d'observation principal 4: Secteur d'observation secondaire ou de transit 2: Secteur fréquenté occasionnellement 0: Pas d'observation	La variabilité de l'agressivité sur l'eau et des techniques d'approche des croisiéristes n'est pas prise en compte et peut biaiser l'évaluation du stress comportemental sur les mammifères marins.
Plaisance	6: Secteur de fréquentation principal 4: Secteur de fréquentation secondaire 2: Fréquentation sporadique 0: Absence de navigation	Cette classe ne distingue pas la plaisance motorisée et non motorisée, ce qui peut biaiser la nature des stressés émis.
Traversiers	6: Plusieurs bateaux et trajets journaliers 4: Un bateau et plusieurs trajets journaliers 2: Un bateau et un trajet journalier 0: Pas de traversier	La différence de vitesse et de capacité des voyageurs des différentes lignes de traversiers du parc n'est pas prise en compte.
Opérations maritimes	6: Forte densité de trafic 4: Trafic modéré 2: Trafic sporadique 0: Absence de trafic	Plusieurs catégories d'embarcations ayant des comportements différents sur l'eau sont regroupées dans cette classe, ce qui peut biaiser les facteurs d'exposition et d'effet.

Calcul final du risque relatif

Les rangs et les filtres sont finalement combinés dans une équation permettant de calculer, pour chaque zone de risques, un score (RS) reflétant l'importance relative des risques qui s'y accumulent :

$$RS = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o S_i \times X_{ij} \times H_j \times E_{ijk}$$

où :

- i = la série des sources
- j = la série des habitats
- k = la série des critères
- S_i = le rang d'une source dans une zone
- H_j = le rang d'un habitat dans une zone
- X_{ij} = le filtre d'exposition
- E_{ijk} = le filtre d'effet

Tableau 4. Critères de rangs et facteurs d'incertitude liés aux catégories d'habitats.

Habitats	Critères de rangs	Facteurs d'incertitude
Intertidal meuble	6: Zone intertidale étendue 4: Zone intertidale modérée 2: Zone intertidale étroite 0: Absence d'intertidale meuble	Les variations spatiales de la granulométrie et de la concentration en carbone organique ne sont pas prises en compte et peuvent affecter l'accumulation de contaminants et leur biodisponibilité.
Intertidal rocheux	6: Zone intertidale étendue 4: Zone intertidale modérée 2: Zone intertidale étroite 0: Absence d'intertidale rocheux	Le facteur de dilution des contaminants en fonction du mode hydrodynamique (exposé/abrité) n'est pas pris en compte.
Eaux côtières	6: Vaste zone côtière 4: Zone côtière modérée 2: Zone côtière peu présente 0: Absence de zone côtière	Cette classe d'habitat ne différencie pas les fonds meubles et rocheux et peut affecter l'abondance et la biodiversité des assemblages benthiques ainsi que l'accumulation de contaminants et leur biodisponibilité.
Benthique profond	6: Vaste étendue benthique 4: Étendue benthique modérée 2: Zone benthique restreinte 0: Absence de zone benthique	Les variations spatiales de la granulométrie, du taux de sédimentation et de la concentration en carbone organique ne sont pas prises en compte et peuvent affecter l'abondance et la biodiversité des assemblages benthiques ainsi que l'accumulation de contaminants et leur biodisponibilité.
Eaux pélagiques	6: Vaste étendue pélagique 4: Étendue pélagique modérée 2: Zone pélagique restreinte 0: Absence de zone pélagique	La stratification de la colonne d'eau et la distribution verticale des stressseurs et des récepteurs ne sont pas prises en compte et peuvent affecter les facteurs d'exposition.

Analyse de l'incertitude

Une des grandes qualités de la méthodologie MRR est de permettre une évaluation à partir de données parfois incomplètes ou incertaines. Une analyse de l'incertitude est cependant indispensable à une bonne interprétation des résultats. Une analyse plus fine de ces résultats permet de hiérarchiser les données induisant le plus d'incertitude dans l'évaluation des risques; elle oriente ainsi les futurs projets d'acquisition de données qui, après intégration dans le modèle, optimiseront les performances de celui-ci. Une analyse à deux niveaux a été réalisée. L'incertitude a d'abord été qualifiée afin de décrire les biais possibles lors de l'attribution des rangs pour les sources et les habitats (adaptée de Iannuzzi et collab., 2009). L'incertitude a ensuite été quantifiée afin de définir un intervalle de confiance accompagnant les résultats du modèle. Cette méthode (adaptée de Landis, 2005) consiste à attribuer aux rangs définis pour chaque source et habitat, un degré d'incertitude sur la valeur (faible = L, modéré = M ou fort = H). Le calcul de l'incertitude s'effectue en remplaçant chaque valeur initiale de rang par une valeur choisie aléatoirement dans son intervalle de confiance. Après plusieurs itérations (100 dans notre cas), l'ensemble des résultats obtenus définit l'intervalle de confiance du risque.

Développement d'une interface informatique

Afin de faciliter le pilotage du modèle de gestion de risque par les équipes de gestion, nous avons développé Mod3R (acronyme de Modèle Régional de Risques Relatifs), une application orientée Microsoft® Excel® automatisant la plupart des fonctionnalités de l'outil. Cet outil informatique permet de visualiser les résultats de l'évaluation des risques

et de piloter le mode simulateur pour tester des scénarios de gestion. Le système propose un mode « évaluation » et un mode « simulation », chacun avec sa propre base de données associée au moteur de calcul. La base de données du mode simulation est clonée à partir de celle du mode évaluation, de façon à pouvoir la modifier au gré des simulations sans altérer la base de données principale. La présentation des résultats se décline en 4 sections: les résultats par zone de risques, par source, par habitat et par critère d'évaluation. Différentes visualisations (tableaux, graphiques) sont possibles et offrent une vue d'ensemble des scores de risques et de leur importance relative. Deux modules additionnels permettent de visualiser les résultats des analyses de sensibilité et d'incertitude.

Résultats et discussion

Portrait global des risques

Ce nouvel outil nous a permis de dresser le premier portrait global des risques environnementaux dans le PMSSL (figure 2), d'identifier les secteurs et les habitats les plus à risque ainsi que les principales sources de stress qui en sont responsables (figure 3). Les résultats incriminent les sources externes au parc (18 %) ainsi que le trafic maritime, en particulier, la marine marchande (15,8 %), les excursions aux baleines (13,5 %) et les activités de plaisance (13,3 %), comme les principales sources de stress dans le PMSSL. Ces résultats sont cohérents avec les précédentes études ayant identifié la pollution provenant des grands centres industriels situés en amont comme principale source de contamination dans le parc (Desbiens, 2004; Gobeil et collab., 2005; Gobeil, 2006; Lebeuf et Nunes, 2005; Viglino et collab., 2006) ainsi que le trafic maritime comme source additionnelle de contamination et aussi de dérangement pour les mammifères marins (Dionne,

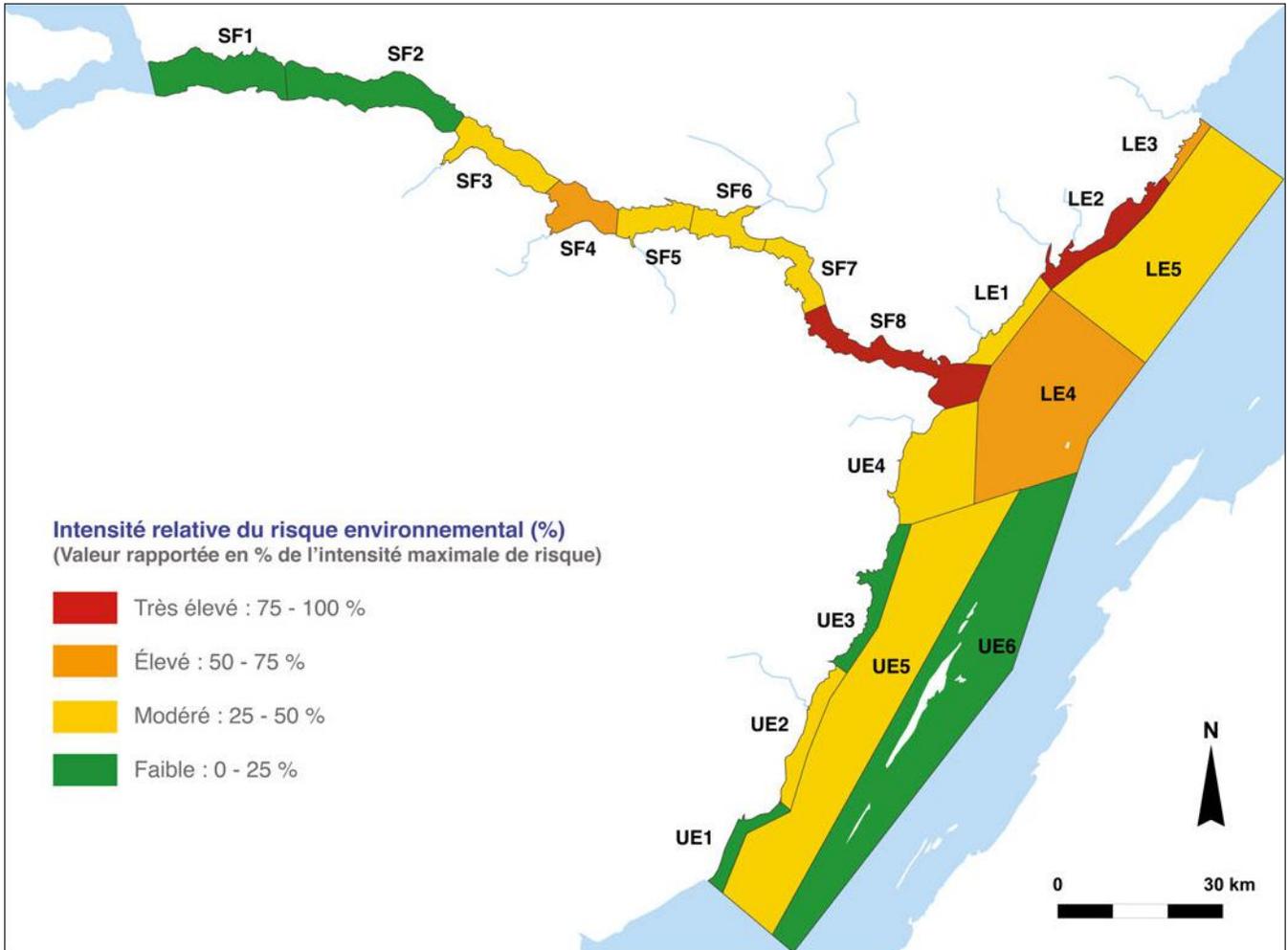


Figure 2. Portrait global des risques environnementaux relatifs dans le PMSSL. Voir la figure 1 pour la légende des zones de risques.

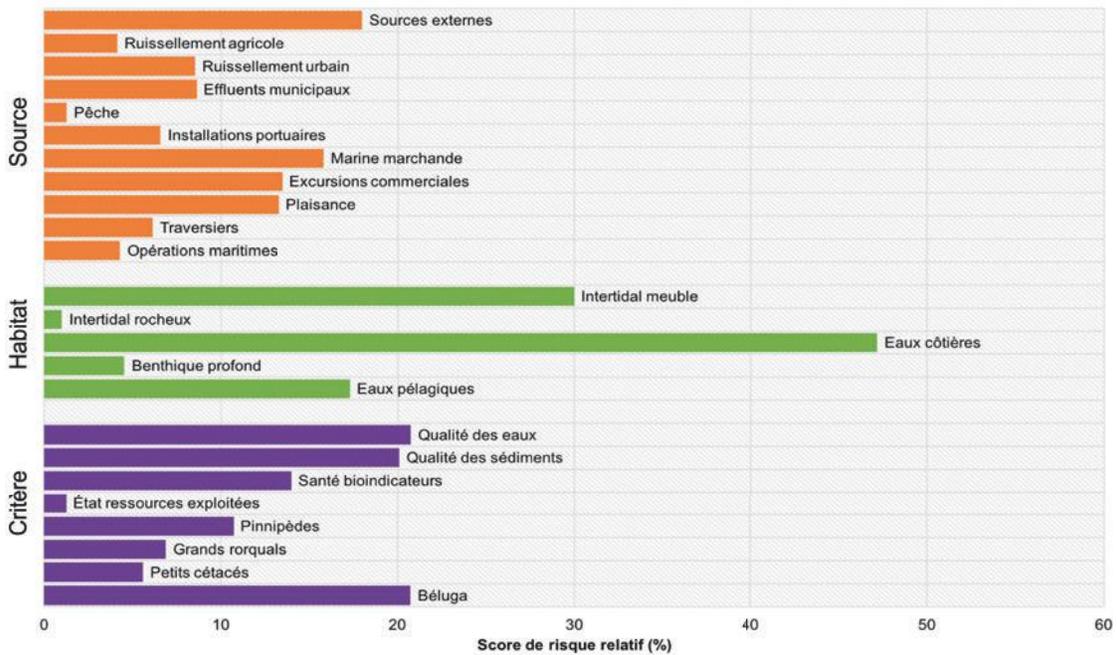


Figure 3. Portrait détaillé des risques relatifs (%) dans le PMSSL en fonction des sources (orange), des habitats (vert) et des critères (violet).

2001; Michaud et Pelletier, 2006; Pelletier et collab., 2009). Le modèle a identifié la navigation de plaisance comme quatrième source de stress pour le PMSSL, presque à égalité avec le trafic lié aux excursions commerciales d'observation des baleines. D'après l'analyse d'incertitude, ce résultat s'explique par une surestimation du risque lié à cette source (tableau 3). En effet, l'étude spatiale de cette catégorie d'embarcations utilisée pour calibrer notre modèle ne distinguait pas la navigation de plaisance à voile de celle motorisée (Chion et collab., 2009). Le risque lié à la navigation de plaisance sur le dérangement des mammifères marins est, quant à lui, bien réel. Par ignorance ou délinquance, les plaisanciers peuvent avoir un comportement dangereux autour des mammifères marins. La rapidité ou le manque de manœuvrabilité de certaines embarcations accentuent ce risque de dérangement de ces espèces (tableau 3; Savaria et collab., 2003).

Les habitats du parc cumulant le plus de risques sont les espaces intertidaux de substrat meuble (30 %) et les eaux côtières (47,2 %). Ces habitats sont en effet directement exposés aux sources de contamination ponctuelles et diffuses éparpillées le long des rives du PMSSL (Lemaire, 2012). Les résultats montrent également une importante différence des niveaux de risque entre les sédiments intertidaux (30 %) et les sédiments benthiques (4,5 %). Une telle disparité a déjà été mise en évidence par l'analyse spatiale des hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (TPAH) dans les différents compartiments des écosystèmes du PMSSL. Les sédiments intertidaux cumulaient entre 950 et 3 433 ng.g⁻¹ TPAH (Lemaire, 2012) alors que les sédiments benthiques ne présentaient qu'une concentration moyenne de 543 ng.g⁻¹ TPAH (Pelletier et collab., 2009).

Le portrait des risques dans le PMSSL dessiné par notre modèle nous montre que la contamination des écosystèmes et l'état de la population de bélugas sont des enjeux majoritaires. Les critères « Qualité des sédiments » et « Qualité des eaux » et « Bélugas » cumulent 61,5 % des risques dans le parc. En effet, même si l'amélioration des pratiques industrielles a permis de réduire de 10 à 30 fois certains contaminants (TPAH) depuis les dernières décennies (Pelletier et collab., 2009), leur concentration dépasse encore le seuil d'apparition d'effet (Lemaire, 2012). D'autres contaminants tels que les composés polybromés sont plus persistants dans l'environnement et s'accumulent notamment chez les mammifères marins par bioamplification (Lebeuf, 2009). Cette contamination toujours présente et la croissance du trafic maritime dans le parc agissent de concert sur les écosystèmes. La situation toujours précaire des bélugas est emblématique de cet effet (Ménard, 2009; Ménard et collab., 2018).

L'analyse spatiale des risques réalisée par notre modèle a permis d'identifier la zone de l'embouchure du fjord du Saguenay (SF8) et la zone côtière des Bergeronnes (LE2) comme les secteurs les plus à risque du PMSSL. Ces hauts niveaux de risque résultent de la superposition d'une densité importante de sources de stress (effluents urbains et trafic

maritime) avec de larges habitats sensibles; ces conditions y favorisent l'accumulation de contaminants (intertidale meuble) et une concentration d'espèces vulnérables telles que les mammifères marins. À l'inverse, dans les secteurs où les sources et les récepteurs sont réduits, les risques sont beaucoup plus faibles, comme en amont du fjord (zones SF1 et SF2) et dans l'estuaire moyen (zones UE1, UE3, UE6). Dans le fjord du Saguenay, c'est à L'Anse-Saint-Jean (zone SF4) que s'accumulent le plus de risques. Dans cette grande baie ouverte, tapissée par une vaste vase, la forte pression environnementale est liée à la présence de la plus grande marina du fjord et aux débits les plus importants d'effluents municipaux (Lemaire, 2012).

Portraits détaillés

Un des avantages du modèle de risque est qu'il permet d'orienter l'analyse de risque sur certaines problématiques du parc et d'obtenir ainsi un portrait plus précis. Afin d'illustrer cette fonctionnalité, nous présenterons ici un portrait des risques liés aux principaux enjeux du PMSSL : la gestion du trafic maritime et la conservation des populations de mammifères marins.

L'estuaire maritime et l'embouchure du fjord sont les sections du parc qui cumulent le plus de risques liés au trafic maritime (figure 4). C'est également dans ces secteurs que la pression sur les mammifères marins est la plus forte (figure 5). Comme le montre l'analyse détaillée des sources (figure 3), les risques sont fortement liés à la présence du corridor de navigation commerciale qui traverse le parc (zones UE5, LE4, LE5) ainsi qu'à la concentration du trafic lié aux excursions d'observations des mammifères marins. L'embouchure (zone SF8) et la tête du chenal Laurentien (zone LE4) ont été identifiées comme les secteurs les plus à risque, d'une part, à cause d'une densité de trafic très forte dans ces secteurs (Chion et collab., 2009), et d'autre part, à cause de la présence importante de mammifères marins dans le grenier alimentaire (zone LE4) du PMSSL pendant l'été (Simard, 2009).

Dans le fjord du Saguenay, le portrait des risques liés au trafic maritime (navigation commerciale et de plaisance; Chion et collab., 2009) se superpose à celui dessiné pour les mammifères marins et témoigne d'un lien étroit de cause à effet. La baie Sainte-Marguerite, connue comme refuge des bélugas femelles et de leurs veaux, est l'un des secteurs les plus à risque dans le fjord et des actions de protection seront mises en place au cours de l'année 2018 (Nadia Ménard, PMSSL, communication personnelle). Dans l'estuaire, les portraits « Navigation » et « Mammifères marins » sont quelque peu différents, en particulier dans l'estuaire moyen. Dans ce secteur du parc, les risques se concentrent dans le chenal Nord (zone UE5) lorsqu'on oriente l'analyse sur la source « Navigation ». Par contre, la zone de risques s'étend aux milieux insulaires (zone UE6) si nous ciblons l'analyse sur le critère « Mammifères marins ». Ces habitats sont en effet connus pour accueillir la « pouponnière des bélugas » du parc marin.

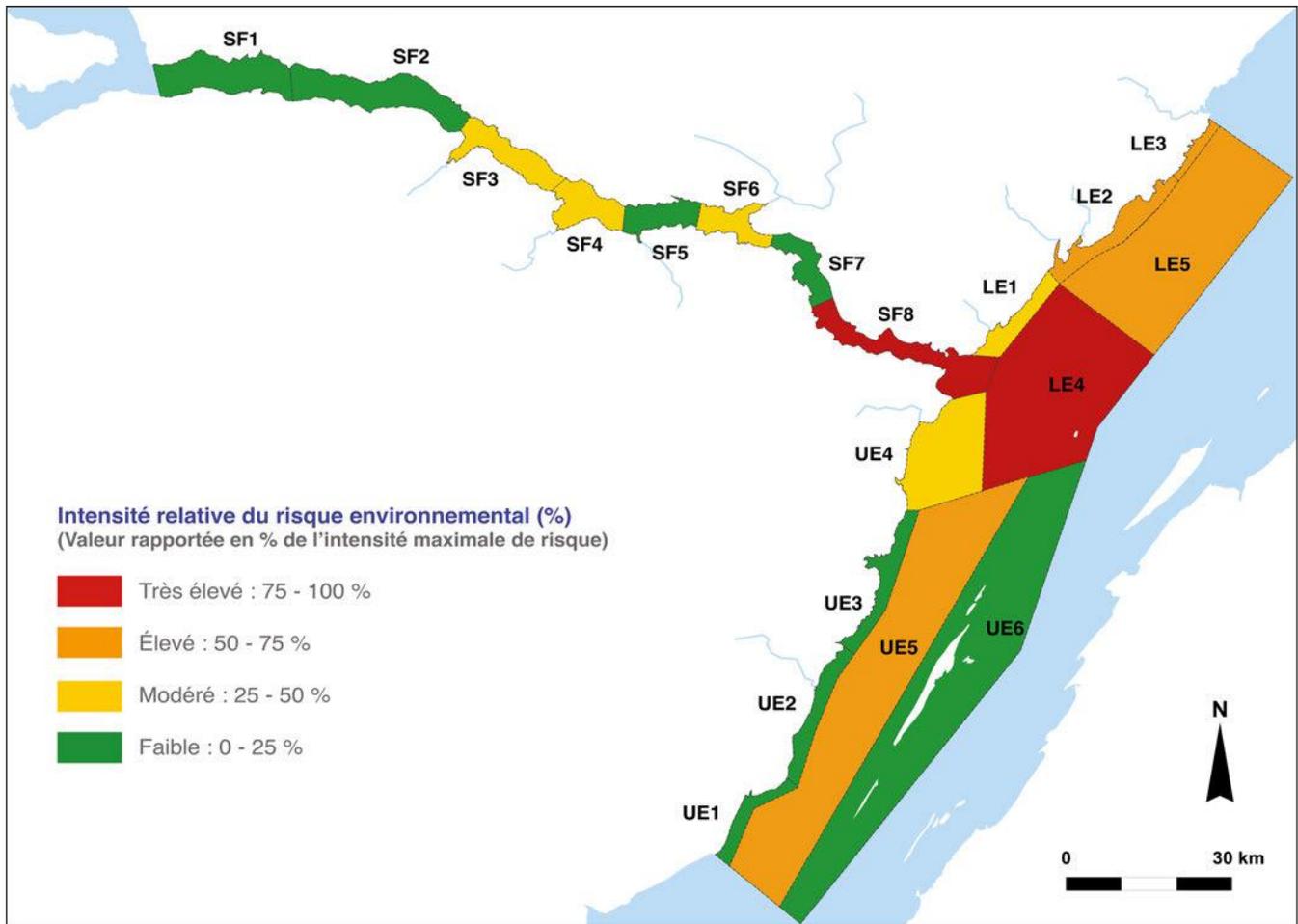


Figure 4. Portrait global des risques environnementaux imputables au trafic maritime dans le PMSSL. Voir la figure 1 pour la légende des zones de risques.

Évaluation du modèle

Évaluer l'incertitude

Dans le cadre d'une évaluation de risque, l'incertitude doit être prise en compte. Les différents biais possibles liés à la méthodologie doivent être décrits afin de présenter un cadre d'interprétation des résultats de l'étude. Les tableaux 3 et 4 synthétisent les différentes sources d'incertitude propres au modèle développé pour le PMSSL. Cette incertitude peut ensuite être quantifiée en calculant un intervalle de confiance pour chaque score de risque (figure 6a). Les résultats nous montrent que ce sont les risques calculés au niveau de l'embouchure du Saguenay et de l'estuaire maritime qui présentent le plus d'incertitude à cause du grand nombre de sources de stress.

Le module d'incertitude proposé par notre outil permet d'aller au-delà de ce simple portrait global de l'incertitude et de dessiner un portrait plus détaillé. Les gestionnaires peuvent interroger le modèle et lui demander, par exemple, de définir l'incertitude pour des composants spécifiques du risque. Prenons l'exemple des eaux côtières en provenance de l'amont, qui s'écoulent sans retenue au travers du territoire du parc et identifiées par notre modèle (figure 3) comme la source

principale de stress dans le PMSSL. L'analyse de cette source en particulier (figure 6b) nous montre que les sections du fjord et de l'estuaire maritime cumulent le plus d'incertitude sur le calcul des risques entourant cette source de stress.

L'analyse comparée des niveaux de risque calculés par le modèle avec leur intervalle de confiance permet également de définir si les risques sont sur- ou sous-évalués. Plus un score de risque se positionne vers la borne supérieure de son intervalle de confiance, plus il est surestimé, et inversement. Si nous reprenons notre exemple (figure 6b), nous pouvons conclure que les risques liés à cette source sont surévalués dans le fjord (zones SF) et sous-évalués dans l'estuaire maritime (zones LE).

Fiabilité des résultats du modèle

Afin d'évaluer la fiabilité du modèle, les résultats peuvent être confrontés à des données de terrain lorsqu'elles existent (Landis et Wiegers, 1997). Pour cette comparaison, nous avons utilisé un indice de stress développé par Blaise et collab. (2002). Celui-ci se base sur plusieurs biomarqueurs pour classer les réponses cumulées chez la mye commune, *Mya arenaria*, lorsque ces organismes sont exposés à diverses sources de contamination présentes dans le fjord du Saguenay. Les auteurs ont calculé

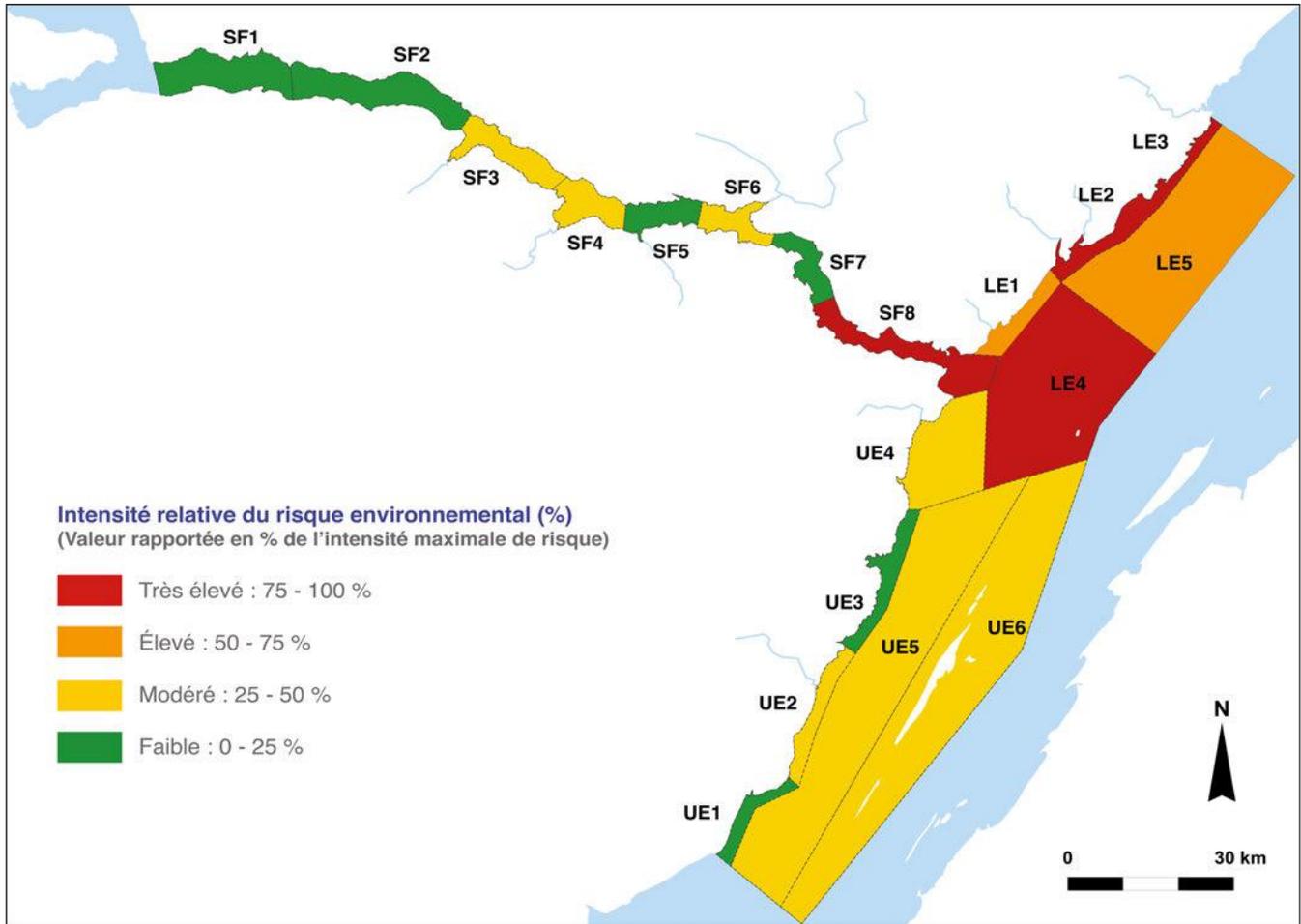


Figure 5. Portrait global des risques environnementaux s'exerçant sur les populations de mammifères marins dans le PMSL. Voir la figure 1 pour la légende des zones de risques.

leur indice en additionnant la valeur moyenne (exprimée en rang relatif) pour chaque biomarqueur considéré. Nous avons comparé ces valeurs d'indice avec les résultats de notre modèle lorsque nous lui demandons de calculer le risque sur les bivalves concernant les différentes sources de contamination dans la zone intertidale du fjord. Les résultats retranscrits graphiquement à la figure 7 nous montrent que le modèle a été capable de reproduire la même hiérarchie entre les zones de risques que l'a fait l'indice de Blaise et collab. (2002).

Limites du modèle

Les interactions entre les différents stressseurs d'un écosystème ne sont pas uniquement additives, mais peuvent aussi être synergiques ou antagonistes (Côté et collab., 2018). Cependant, la méthode MRR considère les risques comme additifs. La synergie et l'antagonisme ne sont pas pris en compte et font partie des sources d'incertitude (Landis, 2005) que les gestionnaires doivent prendre en compte dans le processus de gestion des risques. Il faut toutefois garder à l'esprit que le MRR n'a pas pour vocation d'intégrer toute la subtilité des interactions entre les composantes du risque, mais qu'il se présente plutôt comme un outil d'aide à la décision offrant une

vision globale de la situation actuelle ou à venir (Landis, 2005). Des analyses complémentaires plus détaillées peuvent ensuite être réalisées pour affiner le portrait des risques lorsque les limites conceptuelles et de calcul de risque sont atteintes.

L'intégration de ces différents types d'interactions dans le processus d'évaluation et de gestion des risques représente un véritable défi pour la communauté scientifique et les gestionnaires de l'environnement (Côté et collab., 2018). Les derniers développements de la méthode MRR offrent une piste intéressante pour relever ce défi. Johns et collab. (2016) proposent de combiner les avantages du MRR (spatialité de l'analyse) avec ceux des réseaux bayésiens (intégration de la synergie et de l'antagonisme dans les interactions entre les composantes des risques). Une future évolution de notre modèle pourrait tirer parti de ces nouvelles avancées.

Simulation des options de gestion

Un des principaux enjeux en gestion environnementale est le besoin de définir l'état futur d'un écosystème à la suite de la mise en place d'une stratégie de gestion. La plupart des techniques de management se concentrent sur l'évaluation de l'état présent; peu d'entre elles sont capables de prédire les

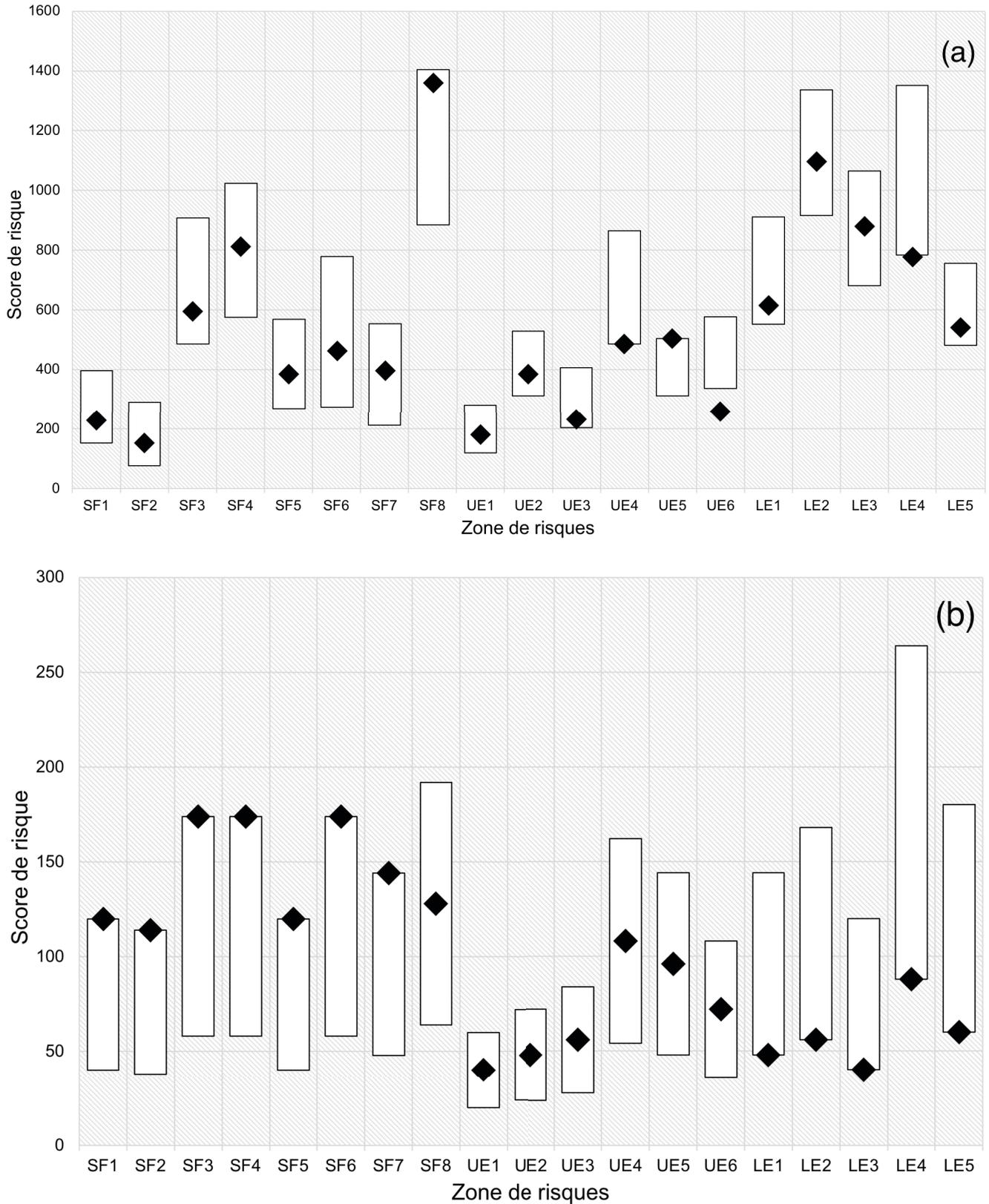


Figure 6. Intervalles d'incertitude (rectangles blancs) associés aux scores de risques (losanges noirs) calculés pour le PMSSL (a) ou spécifiquement pour les « Sources externes » (b). Voir la figure 1 pour la légende des zones de risques.

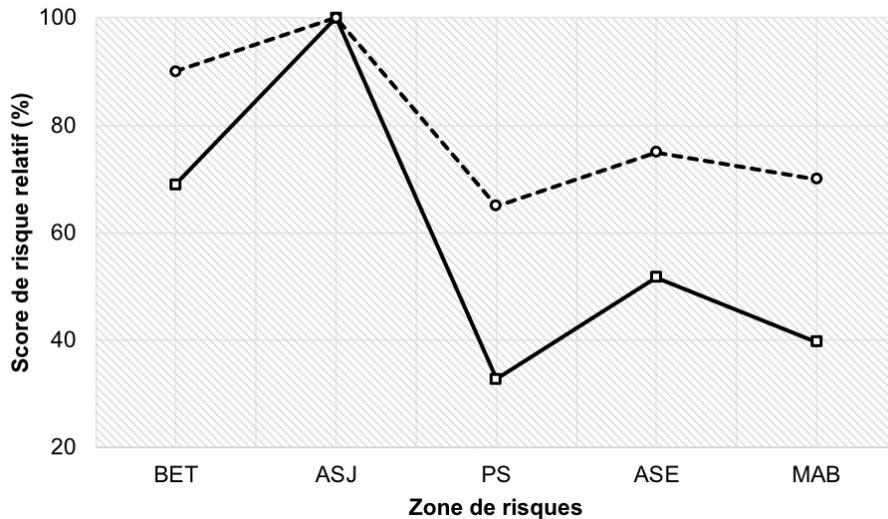


Figure 7. Comparaison entre l'état de santé des bioindicateurs (*Mya arenaria*) défini par un indice cumulé (trait pointillé) de biomarqueurs (Blaise et collab., 2002) et les résultats du modèle (trait plein) pour les secteurs de Baie Éternité (BET = SF3), Anse-Saint-Jean (ASJ = SF4), Petit-Saguenay (PS = SF5), Anse-Saint-Étienne (ASE = SF7) et Moulin-à-Baude (MAB = LE1).

futurs changements dans l'écosystème (Landis, 2005). Grâce à sa flexibilité, le MRR peut être utilisé comme un simulateur pour tester différentes options de gestion environnementale. Ainsi, lors du processus de prise de décision, plusieurs solutions peuvent être simulées afin d'en définir les bénéfices probables et de choisir la ou les stratégies les plus avantageuses sur le plan écologique.

Afin d'illustrer cette fonctionnalité, nous prenons l'exemple des effluents municipaux. La plupart d'entre eux n'étant que peu traités avant d'être déversés dans les eaux du parc, la mise en place de systèmes d'épuration appropriés pour toutes les sources améliorerait la qualité de l'environnement. Comme les petites municipalités situées sur les berges du parc dépendent (et attendent) des subventions gouvernementales pour financer la mise en place d'une station d'épuration (Lemaire, 2012), un des enjeux est de déterminer les priorités pour l'implantation des installations d'assainissement. Grâce au modèle, nous pouvons estimer le bénéfice probable d'un traitement des effluents. La méthodologie est simple : les rangs pour la source « effluents municipaux » sont réévalués de façon à simuler l'assainissement des rejets.

Selon les résultats de cette simulation (figure 8), un traitement des effluents améliorerait la situation de 4,7 à 11,1 % pour l'ensemble de la zone de risques étudiée. Parmi les sources de risques dans le PMSSL, les effluents municipaux arrivent en 3^e position (figure 3), après la contamination externe et la navigation, parce que ce type de contamination est essentiellement local. Cependant, un suivi de bio-indicateurs réalisé depuis 1994 pendant plus de 10 ans nous confirme que les rejets urbains restent un facteur de contamination non négligeable pour la zone côtière du PMSSL et demeurent donc un enjeu (Pellerin et collab., 2009). Une

analyse comparative nous montre que c'est à Baie-Sainte-Catherine (zone UE4) que le traitement des effluents urbains apporterait le plus grand bénéfice environnemental. En effet, bien que les débits soient assez faibles comparativement aux autres municipalités riveraines du fjord, l'immense vasière située dans la zone intertidale constitue un réservoir où s'accumulent les contaminants. Lemaire (2012) avait d'ailleurs identifié ce site comme le plus contaminé du PMSSL en coliformes fécaux et avait incriminé le déversement d'effluents comme principale source de contamination. La simulation montre également que le traitement des effluents serait plus bénéfique pour les municipalités du fjord que pour celles de l'estuaire. Ce résultat s'explique par une différence d'hydrodynamisme, déjà décrite

par Lemaire (2012) entre le fjord et l'estuaire. Dans le fjord, le panache des effluents reste confiné aux eaux côtières alors que dans l'estuaire, ceux-ci sont rapidement dilués, ce qui diminue le risque. Grâce aux résultats de simulation, le modèle suggère un ordre de priorité pour la construction des stations d'épuration, information que les gestionnaires peuvent intégrer dans leur processus de prise de décision.

Conclusion et perspectives

Le modèle régional de risques relatifs est un nouvel outil polyvalent qui offre une vision globale de la situation environnementale sur l'ensemble d'un territoire donné. Il sert également de simulateur pour tester différentes stratégies envisagées pour atténuer les risques environnementaux des activités humaines. L'application du modèle au PMSSL a permis de cartographier les zones les plus à risque dans le parc marin en période estivale, alors que les activités anthropiques sont les plus intenses et que les sources de risques sont les plus nombreuses. La grande flexibilité du modèle permet de travailler en simulation (augmenter ou diminuer une ou plusieurs sources) et de déterminer la portée relative d'une activité de conservation. Enfin, le modèle est capable d'évaluer les intervalles de confiance pour chacune des zones étudiées, ce qui permet de jeter un regard critique sur les résultats produits.

Si cette méthodologie a déjà fait ses preuves dans plusieurs régions du monde pour évaluer des écosystèmes variés, c'est la première fois que cette approche est déployée dans une aire de conservation marine au Canada. D'autres aires marines protégées, existantes ou futures, au Canada ou ailleurs, pourraient aussi en bénéficier. Le MRR pourrait servir les objectifs de conservation de Pêches et Océans Canada et de Parcs Canada, deux entités fédérales qui se sont engagées à établir un

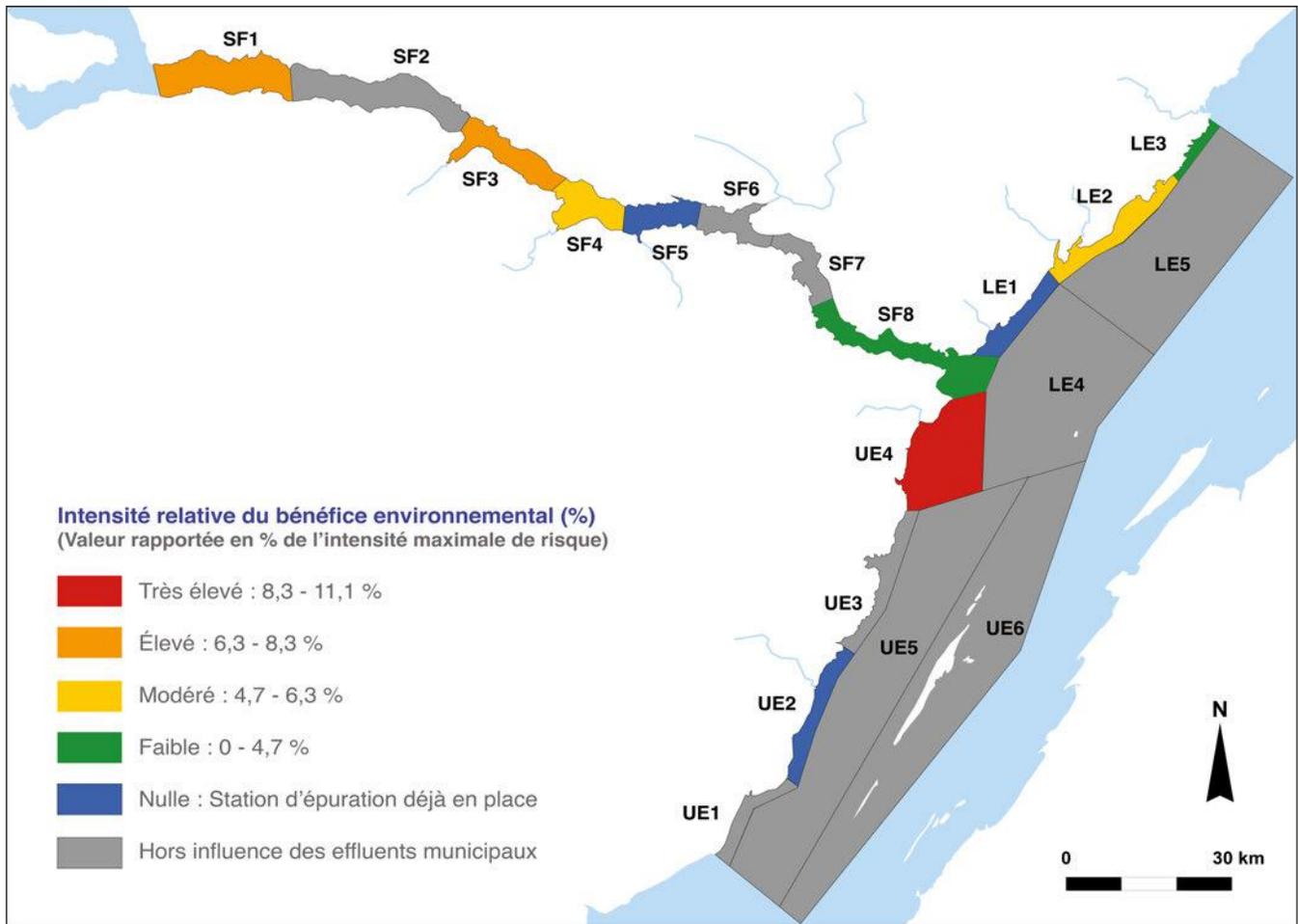


Figure 8. Simulation des bénéfices environnementaux à la suite de la mise en place d'un traitement efficace des effluents municipaux pour les secteurs sans assainissement dans le PMSSL. Voir la figure 1 pour la légende des zones de risques.

réseau d'aires marines nationales de conservation (AMNC) et d'AMP afin de protéger et de conserver les espaces maritimes, représentatifs des océans bordant son territoire atlantique, pacifique et arctique (MPO, 2007; 2009; 2015; 2016-2017). Le concept et l'approche méthodologique du MRR peuvent également être adaptés pour répondre à d'autres objectifs ou à d'autres problématiques environnementales et servir, par exemple, d'outil d'aide à la décision en cas de déversements pétroliers. Un premier outil a déjà été développé pour prioriser les interventions en cas d'échouage pétrolier sur les littoraux du golfe du Saint-Laurent (Lemaire et collab., 2015).

L'éducation et la sensibilisation sont également de bons outils de gestion des AMP. Un public averti, comprenant la valeur des ressources à protéger et la façon dont les diverses activités peuvent affecter ces ressources, est plus susceptible de se conformer, de soutenir et de jouer un rôle actif dans le respect, voire le développement des mesures de protection. L'outil développé pour le PMSSL permet de générer rapidement de nombreux résultats pouvant être cartographiés afin d'illustrer simplement, mais efficacement, les problèmes et les solutions envisageables afin de préserver les écosystèmes du PMSSL et l'expérience du visiteur.

Remerciements

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre la Chaire de recherche du Canada en écotoxicologie marine et l'équipe du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent que nous remercions. Les auteurs remercient sincèrement deux évaluateurs anonymes et l'équipe éditoriale du *Naturaliste canadien* pour leur contribution exceptionnelle à la préparation de la version finale de ce manuscrit. Le financement a été assuré par Parcs Canada, la Société des établissements de plein air du Québec et la Chaire de recherche du Canada en écotoxicologie marine (UQAR-ISMER). Ce projet est également une contribution au regroupement scientifique Québec-Océan. ◀

Références

- BLAISE, C., F. GAGNÉ, J. PELLERIN, P. HANSEN et S. TROTTIER, 2002. Molluscan shellfish biomarker study of the Saguenay Fjord (Quebec, Canada) with the soft-shell clam, *Mya arenaria*. *Environmental Toxicology*, 17 : 170-186.
- CHION, C., S. TURGEON, R. MICHAUD, J.-A. LANDRY et L. PARROTT, 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2007. Rapport présenté à Parcs Canada, 86 p. Disponible en ligne à : http://complexity.ok.ubc.ca/files/2013/05/Rapport-sur-le-traffic-maritime-dans-le-PMSSL-en-2007_Chion-et-al_version-finale.pdf.

- COMITÉ ZIP DE LA RIVE NORD DE L'ESTUAIRE, 2005. Caractérisation de la rivière du Moulin-à-Baude. Municipalité régionale de comté (MRC) de la Haute-Côte-Nord. Rapport technique, 44 p.
- CÔTÉ, I.M., E.S. DARLING et C.J. BROWN, 2018. Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 283: 20152592. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2592>.
- DAY, J.C., N. DUDLEY, M. HOCKINGS, G. HOLMES, D. LAFFOLEY, S. STOLTON et S. WELLS, 2012. Application des catégories de gestion aux aires protégées : lignes directrices pour les aires marines. Gland, Suisse : UICN, 36 p.
- DESBIENS, I., 2004. Caractérisation et distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) particuliers et dissous dans le Saguenay (Québec, Canada). Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 150 p.
- DIONNE, S., 2001. Plan de conservation des écosystèmes du parc marin du Saguenay–Saint Laurent. Parcs Canada, Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, 538 p. Disponible en ligne à : <http://www.publications.gc.ca/site/fra/104148/publication.html>.
- DOXA, A., C.-H. ALBERT, A. LERICHE et A. SAATKAMP, 2017. Prioritizing conservation areas for coastal plant diversity under increasing urbanization. *Journal of Environmental Management*, 201 : 425-434.
- FULTON, E.A., F. BOSCHETTI, M. SPORCIC, T. JONES, L.R. LITTLE, J.M. DAMBACHER, R. GRAY, R. SCOTT et R. GORTON, 2015. A multi-model approach to engaging stakeholder and modellers in complex environmental problems. *Environmental Science & Policy*, 48 : 44-56.
- GAGNÉ, F., C. BLAISE, J. PELLERIN et M. FOURNIER, 2009. Études de biomarqueurs chez la mye commune (*Mya arenaria*) du fjord du Saguenay : bilan de recherches (1997 à 2006). *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 : 253-269.
- [GESAMP] GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2001. Protecting the oceans from land-based activities — Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment. (IMO, FAO, UNESCO-IOC, WMO, WHO, IAEA, UN, UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) and Advisory Committee on Protection of the Sea. Rep. Stud. GESAMP n° 71, 162 p. Disponible en ligne à : http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/GESAMP/report71.pdf.
- GOBEL, C., 2006. Biogeochemistry and Chemical Contamination in the St. Lawrence Estuary. *The Handbook of Environmental Chemistry*, 5H : 121-147.
- GOBEL, C., B. RONDEAU et L. BEAUDIN, 2005. Contribution of municipal effluents to metal fluxes in the St. Lawrence River. *Environmental Science and Technology*, 39 : 456-464.
- HALPERN, B., K. SELKOE, F. MICHELI et C. KAPPEL, 2007. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology*, 21 : 1301-1315.
- HALPERN, M. et J. HOBIN, 2008. Evolving into science advocates. *Developmental Dynamics*, 237 : 1215-1217.
- HART, B.T. et C. POLLINO, 2008. Increased use of Bayesian network models will improve ecological risk assessments. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14 : 851–853.
- IANNUZZI, T.J., J.L. DURDA, D.V. PREZIOSI, R.G. STAHL, A.A. DESANTIS et R.A. HOKE, 2009. Development of a preliminary relative risk model for evaluating regional ecological conditions in the Delaware River Estuary, USA. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6 : 164-179.
- JOHNS, A.F., E.S. GRAHAM, M.J. HARRIS, A.J. MICKIEWICZ, J.M. STINSON et W.G. LANDIS, 2016. Using the Bayesian network relative risk model risk assessment process to evaluate management alternatives for the South River and Upper Shenandoah River, Virginia. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13 (1) : 100-114.
- KNIGHTS, A.M., G.J. PIET, R.H. JONGBLOED, J.E. TAMIS, L. WHITE et E. AKOGLU, 2015. An exposure-effect approach for evaluating ecosystem-wide risks from human activities. *ICES Journal of Marine Science*, 72 : 1105–1115.
- LANDIS, W. (édit.), 2005. Regional scale ecological risk assessment: Using the relative risk model. CRC Press, Boca Raton, 324 p.
- LANDIS, W. et J. WIEGERS, 1997. Design considerations and suggested approach for regional and comparative ecological risk assessment. *Human Ecological Risk Assessment*, 3 : 287-297.
- LEBEUF, M., 2009. La contamination du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent par les polluants organiques persistants en revue. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 : 199-233.
- LEBEUF, M. et T. NUNES, 2005. PCBs and OCPs in sediment cores from the lower St. Lawrence Estuary, Canada: Evidence of fluvial inputs and time lag in delivery to coring sites. *Environmental Science and Technology*, 39 : 1470-1478.
- LECKLIN, T., R. RYÖMÄ et S. KUIKKA, 2011. A Bayesian network for analyzing biological acute and long-term impacts of an oil spill in the Gulf of Finland. *Marine Pollution Bulletin*, 62 : 2822-2835.
- LEMAIRE, N., 2012. Évaluation des risques environnementaux dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Québec, Canada). Thèse de doctorat en océanographie, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 156 p.
- LEMAIRE, N. et É. PELLETIER, 2013. Chemical and microbial contamination baseline in the Saguenay-St. Lawrence Marine Park (Eastern Canada): concentrations and fluxes from land-based sources. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 65 (3) : 421-33.
- LEMAIRE, N. et É. PELLETIER, 2015. Un modèle de risques écologiques pour prioriser les méthodes d'intervention en cas de déversement pétrolier sur les littoraux du golfe du Saint-Laurent. Rapport scientifique (usage interne), Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 133 p.
- LI, X., R. ZUO, Y. TENG, J. WANG et B. WANG, 2015. Development of relative risk model for regional groundwater risk assessment: a case study in the lower Liaohe river plain, China. *Plos One*, 10:e0128249.
- LIU, J., Q. CHEN et Y. LI, 2010. Ecological risk assessment of water environment for Luanhe River Basin based on relative risk model. *Ecotoxicology*, 19 : 1400-1415.
- LUISETTI, T., R.K. TURNER, T. JICKELLS, J. ANDREWS, M. ELLIOTT, M. SCHAAFSA, N. BEAUMONT, S. MALCOLM, D. BURDON, C. ADAMS et W. WATTS, 2014. Coastal zone ecosystem services: From science to values and decision making; a case study. *Science of the Total Environment*, 493 : 682-693.
- MACKINNON, D., C.J. LEMIEUX, K. BEAZLEY, S. WOODLEY, R. HELIE, J. PERRON, J. ELLIOTT, C. HAAS, J. LANGLOIS et H. LAZARUK, 2016. Canada and Aichi Biodiversity Target 11: understanding 'other effective area-based conservation measures' in the context of the broader target. *Biodiversity Conservation*, 24 : 3559–3581.
- MALTAIS, B. et É. PELLETIER, 2018. Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent : création et gestion participative inédite au Canada. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 4-17.
- MAMROT, 2009. Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2008. Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire. Rapport technique, ISBN 978-2-550-56035-7, 195 p.
- MÉNARD, N., 2009. Science serving conservation in the Saguenay-St. Lawrence Marine Park: How does better knowledge lead to better protection? *Revue des Sciences de l'Eau*, 22 : 115-123.
- MÉNARD, N., M. CONVERSANO et S. TURGEON, 2018. La protection des habitats de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent : bilan et considérations sur les besoins de conservation actuels. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 115-126.
- MICHAUD M. et É. PELLETIER, 2006. Sources and fate of butyltins in the St. Lawrence Estuary ecosystem. *Chemosphere*, 64 : 1074-108.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2007. Plan de gestion de la zone de protection marine du GULLY. Direction des océans et de l'habitat Pêches et Océans Canada, Dartmouth, Nouvelle-Écosse DFO/2007-1229, 76 p. Disponible en ligne à : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/333122.pdf>.

- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2009. Zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour – Plan de gestion 2010-2015. Océans, habitat et espèces en péril, Secteur des océans, Vancouver, 45 p. Disponible en ligne à : <http://publications.gc.ca/site/fra/343988/publication.html>.
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2015. Stratégie de conservation des coraux et des éponges de l'est du Canada. Pêches et océans Canada, 72 p. Disponible en ligne à : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/publications/cs-ce/page01-fra.html>. [Visité le 2017-09-16].
- [MPO] MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 2016-2017. Coraux et éponges : une composante clé des écosystèmes marins à conserver. Consultation pour la mise en place de mesures de conservation. Document d'information pour la consultation en vue de la mise en place de mesures de conservation pour les coraux et les éponges du Saint-Laurent 2016 – 2017. Pêches et Océans Canada, 10 p.
- OBERY A. et W. LANDIS, 2002. Application of the relative risk model for Codorus Creek watershed relative ecological risk assessment: An approach for multiple stressors. *Human and Ecological Risk Assessment*, 8: 405-428.
- PAUL, M.J. et J.L. MEYER, 2001. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 333-365.
- PAULY D. et R. WATSON, 2005. Background and interpretation of the 'Marine Trophic Index' as a measure of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B: Biological Sciences, 360: 415-423.
- PELLERIN J., M. FOURNIER, S. GAUTHIER-CLERC, C. BLAISE, F. GARNEROT, J. AMIARD et F. GAGNÉ, 2009. Qu'en est-il de l'état de santé des myes au Saguenay? Un bilan d'études sur plus d'une décennie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22: 271-289.
- PELLETIER É., I. DESBIENS, P. SARGIAN, N. CÔTÉ, A. CURTOSI et R. SAINT-LOUIS, 2009. Présence des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les compartiments biotiques et abiotiques de la rivière et du fjord du Saguenay. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22: 235-251.
- PIET, G.J., A.M. KNIGHTS, R.H. JONGBLOED, J.E. TAMIS, P. DE VRIES et L.A. ROBINSON, 2017. Ecological risk assessments to guide decision-making: Methodology matters. *Environmental Science & Policy*, 68: 1-9.
- [PMSSL] PARC MARIN DU SAGUENAY-SAINTE-LAURENT, 2007. Rapport sur l'état du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Parcs Canada, Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Rapport technique. Disponible en ligne à : http://parcmarin.qc.ca/wp-content/uploads/2016/03/Rapport_sur_le%CC%81tat_du_PMSSL_2007_WEB.pdf.
- POLLINO C.A., O. WOODBERRY, A. NICHOLSON, K. KORB et B.T. HART, 2007. Parameterisation and evaluation of a Bayesian network for use in an ecological risk assessment. *Environmental Modelling & Software*, 22: 1140-1152.
- ROCHETTE, J. et E. DRUEL, 2011. Les zones marines protégées en haute mer dans le cadre de la Convention OSPAR : état des lieux et perspectives d'avenir, IDDRI, Idées pour le débat, n° 3/11. 18 p. Disponible en ligne à : <http://www.iddri.org/Publications/Les-zones-marines-protgees-en-haute-mer-dans-le-cadre-de-la-Convention-OSPAR-etat-des-lieux-et-perspectives-d-avenir>.
- SAMHOURI, J.F. et P.S. LEVIN, 2012. Linking land- and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. *Biological Conservation*, 145: 118-129.
- SAVARIA, J.-Y., G. CANTIN, L. BOSSÉ, R. BAILEY, L. PROVENCHER et F. PROUST, 2003. Compte rendu d'un atelier scientifique sur les mammifères marins, leurs habitats et leurs ressources alimentaires, tenu à Mont-Joli (Québec) du 3 au 7 avril 2000, dans le cadre de l'élaboration du projet de zone de protection marine de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2647, v + 127 p. Disponible en ligne à : http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/gestion-management/doc/Compte_rendu_atelier_scientifique_vf.PDF.
- SCYPHERS, S.B., S. PICOU et S.P. POWERS, 2015. Participatory conservation of coastal habitats: The importance of understanding homeowner decision making to mitigate cascading shoreline degradation. *Conservation Letters*, 8: 41-49. DOI:10.1111/cons.12114.
- SIMARD, Y., 2009. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent : processus océanographiques à la base de ce site unique d'alimentation des baleines du Nord-Ouest Atlantique. *Revue des Sciences de l'Eau*, 22: 177-197.
- SUTER, G.I., 1990. Endpoints for regional ecological risk assessments. *Environmental Management*, 14: 9-23.
- SYVITSKI, J., C. VÖRÖSMARTY, A. KETTNER et P. GREEN, 2005. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*, 308: 376-380.
- [UNEP/GPA] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/GLOBAL PROGRAMME OF ACTION, 2006. The state of the marine environment: Trends and processes. United Nations Environment Programme/Global Programme of Action, Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, The Hague, 50 p. Disponible en ligne à : https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12468/regional_soe_assessments.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- UNESCO, 2011. Message de Mme Irina Bokova, Directrice générale de l'UNESCO, à l'occasion de la Journée mondiale de l'océan (8 juin 2011). Disponible en ligne à : <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001927/192759f.pdf>. [Visité le 2017-12-19].
- UUSITALO, L., S. KORPINEN, J.H. ANDERSEN, S. NIIRANEN, S. VALANKO et A.-S. HEISKANEN, 2015. Exploring methods for predicting multiple pressures on ecosystem recovery: a case study on marine eutrophication and fisheries. *Continental Shelf Research*, 121: 48-60.
- VIGLINO, L., É. PELLETIER et L. LEE, 2006. Butyltin species in benthic and pelagic organisms of the Saguenay Fjord (Canada) and Imposé occurrence in common whelk (*Buccinum undatum*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 50: 45-59.
- VITOUSEK, P., J. ABER, R. HOWARTH, G. LIKENS, P. MATSON, D. SCHINDLER, W. SCHLESINGER et D. TILMAN, 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 7: 737-750.
- WIEGERS, J., H. FEDER, L. MORTENSEN, D. SHAW, V. WILSON et W. LANDIS, 1998. A regional multiple-stressor rank-based ecological risk assessment for the Fjord of Port Valdez, Alaska. *Human and Ecological Risk Assessment*, 4-5: 1125-1173.
- WILHELM, T.A., C.R.C. SHEPPARD, A.L.S. SHEPPARD, C.F. GAYMER, J. PARKS, D. WAGNER et N. LEWIS, 2014. Large marine protected areas – advantages and challenges of going big. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 4 (Suppl 2): 25-31.

Estimation de la valeur non marchande des services rendus par les écosystèmes du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent

Roxane Boquet et Claude Rioux

Résumé

Les espaces naturels ainsi que l'ensemble des usages qu'ils permettent représentent une valeur certaine pour les sociétés. Cette dernière peut être traduite par les retombées économiques de plusieurs activités comme le tourisme, par des valeurs implicites sur le marché immobilier, ou encore par le désir de protection environnementale. Or, les décisions des parties prenantes se fondent essentiellement sur la comparaison de ces valeurs avec des projets de développement économique. Ainsi, de nombreuses approches ont été testées afin d'attribuer une valeur monétaire à l'environnement. La méthode utilisée se fonde principalement sur le transfert de bénéfices appliqué par la présentation d'une méta-analyse. Au sein de ce transfert de bénéfices est inclus le transfert d'expertise réalisé par la méthode Delphi proposant la consultation d'experts. La première étape consiste à déterminer les services écosystémiques que procure l'environnement étudié; la seconde repose sur un système de pondération de ces services; et la troisième attribue une valeur en dollars/hectare/année à chaque service. Unique au Québec, possédant une riche biodiversité, le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) est le site d'application de la méthode. L'étude estime la valeur non marchande du PMSSL dans un intervalle de 27,8 à 32,9 millions de dollars canadiens par an.

MOTS CLÉS : analyse multicritère, économie, méthode Delphi, transfert de bénéfices, valeur non marchande

Abstract

Natural spaces and the use thereof represent a certain value for society. This may be reflected in the revenue generated by activities such as tourism, implicit real estate prices, or the desire for environmental protection. Decisions taken by stakeholders tend to be based mainly on a comparison of these values with those of economic development projects. Although many approaches have been developed to provide a monetary value for the environment, the Delphi technique retained for the present study is based largely on the use of a meta-analysis to assign values to identified services. This process also allows a transfer of knowledge from the experts consulted. The technique was applied to the Saguenay–St. Lawrence Marine Park (SSLMP) (Québec, Canada), a unique, biodiversity rich site. The first step involved determining the ecosystem services provided by the SSLMP. These were then weighted and assigned a value in dollars per hectare per year. The results of this process estimate that the annual non-market value of the SSLMP lies somewhere between CAN \$ 27.8 million and CAN \$ 32.9 million.

KEYWORDS: Delphi method, economy, multi-criteria analysis, non-market values, transfer of benefits

Introduction

L'approbation de projets d'investissement dans le domaine maritime est soumise à un processus normé obligeant à prendre en compte les conséquences sur le milieu biophysique et humain et à identifier des mesures pour en atténuer les effets négatifs. Souvent on y trouve aussi une étude des impacts économiques.

Or, la méthode des effets ou des retombées économiques ne permet pas de suggérer des mesures d'atténuation des effets négatifs sur l'environnement naturel et humain puisqu'elle ne considère que les biens commerciaux et les valeurs d'usage.

L'objectif de cet article est de contribuer au moins partiellement à combler cette lacune en donnant un exemple de l'application d'une démarche relativement souple, peu coûteuse, facilement reproductible permettant d'attribuer une valeur à un écosystème et d'estimer les coûts pour la société liés à sa détérioration ou les bénéfices liés à un gain.¹ Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (PMSSL) permet d'illustrer

concrètement cette démarche. Le choix de ce cas d'étude sera explicité plus loin.

L'évaluation environnementale

Une évaluation environnementale est un outil de planification et de prise de décision. Elle a pour objectifs :

- de minimiser ou d'éviter les effets environnementaux négatifs avant qu'ils se produisent;
- d'intégrer les préoccupations environnementales dans la prise de décision.

Au Québec, deux cadres légaux et réglementaires s'appliquent lorsqu'il est question du domaine maritime : la *Loi sur la qualité de l'environnement du Québec* (RLRQ, c Q-2) et la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (L.C, c. 15-21). La loi québécoise stipule qu'une entreprise, un organisme ou

Roxane Boquet, M. Sc., gestion des ressources maritimes et
Claude Rioux (directeur de recherche), UQAR.

claude_rioux@uqar.ca

1. Cette communication s'inspire largement du mémoire de maîtrise en gestion des ressources maritimes de Mme Roxane Boquet (Boquet, 2016).

une personne projetant de réaliser des activités ou des travaux susceptibles de modifier de manière significative la qualité de l'environnement doit obligatoirement fournir une étude décrivant les impacts de son projet sur l'environnement. Les projets visés et les seuils à partir desquels ils sont assujettis sont identifiés de façon précise dans le *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (LRLQ, c Q-2, r-23). Il s'agit notamment de travaux en milieu hydrique, de ports et quais, de mines, d'installations industrielles, de lieux de traitement et d'élimination de matières dangereuses, des installations de production et de transport d'énergie, des routes et autoroutes, de gares et chemins de fer, d'aéroports et de l'épandage aérien de pesticides. De plus, tous les projets d'établissement ou d'agrandissement d'un lieu d'enfouissement sanitaire ou d'un dépôt de matériaux secs sont assujettis en vertu du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (LRLQ, c Q-2, r-19).

La loi canadienne sur l'évaluation environnementale énonce que « (...) la mise en valeur des ressources naturelles [doit être] faite de manière responsable et opportune au profit de tous les Canadiens ». Une évaluation environnementale est centrée sur les effets environnementaux négatifs potentiels qui relèvent de la compétence du gouvernement fédéral, notamment :

- les poissons et leur habitat;
- d'autres espèces aquatiques;
- les oiseaux migrateurs;
- le territoire domanial;
- les effets environnementaux qui franchissent les frontières provinciales ou internationales;
- les effets qui touchent les peuples autochtones, par exemple leur usage des terres et des ressources à des fins traditionnelles;
- les changements environnementaux qui sont directement liés ou nécessairement accessoires à des décisions fédérales concernant un projet.

La substitution du processus provincial à celui du processus fédéral d'évaluation environnementale doit être faite si le ministre de l'Environnement du Canada est convaincu que les exigences essentielles de la loi canadienne peuvent être satisfaites dans le cadre d'un processus provincial et si la province en fait la demande.

Ni la loi canadienne sur l'évaluation environnementale ni la loi québécoise sur la qualité de l'environnement n'obligent à prendre explicitement en compte les valeurs économiques sacrifiées par les impacts environnementaux négatifs, et donc l'avantage net d'un projet de cette nature.

À titre d'exemple, le projet de terminal méthanier de Gros-Cacouna est passé à travers toutes les étapes de l'évaluation environnementale menée par une commission conjointe (BAPE, 2006). On n'y trouve aucune indication sur la valeur économique des impacts environnementaux, mais seulement une estimation de la valeur économique des effets en termes d'emplois, de revenus, de fiscalité liés aux dépenses d'investissements et au fonctionnement du projet. On y

présente donc des retombées ou des impacts économiques, mais sans possibilité de déterminer si ces effets sont des effets nets et encore moins s'ils sont positifs ou négatifs (BAPE, 2006). Une analyse coûts-avantages permet d'évaluer si les avantages sont nets, et donc si le projet présente une probabilité élevée d'acceptabilité sociale.

La valeur économique de l'environnement

Les biens et services essentiels au bien-être humain que nous procure la nature sont très complexes à intégrer dans une évaluation économique. L'exploitation d'une ressource non rivale, non exclusive, telle qu'un bien public pur, va provoquer la rareté de cette ressource. Seules ses valeurs marchandes vont être prises en compte et la non-considération de ses valeurs non marchandes va engendrer une sous-estimation des coûts. Par conséquent, cela va provoquer une exploitation de la ressource plus importante si elle est gérée en accès libre plutôt que sous un système de propriété privée (Bontems et Rotillon, 2013).

La qualité de l'air, la biodiversité, ou encore les écosystèmes forestiers sont considérés comme des biens publics. Par ailleurs, un producteur d'un bien privé peut choisir la quantité à produire en fonction de son prix et de son coût marginal de production. En revanche, la production supplémentaire d'un bien public permettra à tous les consommateurs d'en tirer profit, et le bénéfice marginal — soit le bénéfice pour chaque unité de bien public supplémentaire — sera égal à la somme des dispositions marginales à payer de tous les consommateurs. C'est ici que se trouve notamment le problème du « passager clandestin », où l'utilisateur retire des bénéfices sans avoir à dépenser, ce qui représente une cause de la défaillance du marché et de la persistance de la dégradation environnementale (Bontems et Rotillon, 2013). Ce problème traite de la tentation des individus de laisser les autres se charger des biens publics, car de toute façon ils en bénéficieront. L'effort total sera donc insuffisant pour maintenir une qualité, ou encore une durabilité acceptable de la ressource naturelle.

L'utilisation de ces biens et services écosystémiques apparaît donc gratuite, car la qualité des océans et leur potentiel de séquestration de carbone atmosphérique ne s'échangent pas sur les marchés, et comme dit plus haut, la sous-estimation de leurs valeurs va provoquer leur surexploitation. Mais que représentent ces biens et services écosystémiques dans notre quotidien? Quelles sont leurs valeurs? Que nous apportent-ils? Le sujet des prix et des coûts implicites amène à l'exemple des impacts d'une détérioration de l'environnement sur la santé humaine. Cette détérioration sera mise en évidence seulement lorsque l'environnement sera lui-même sérieusement endommagé, avec le risque qu'il soit déjà trop tard.

Qu'il s'agisse de protéger un environnement ou bien de déterminer le montant des dommages causés sur une zone naturelle, l'évaluation des biens environnementaux semble nécessaire. Les experts vont se servir de cette évaluation économique de l'environnement comme d'un argument important lors de la prise de décision.

On peut résumer en 5 grands thèmes les méthodologies les plus utilisées aujourd'hui pour estimer la valeur de biens ou de services environnementaux. On en trouvera une synthèse dans Revêret et collab. (2013). À l'exception d'une méthode basée sur le prix courant d'un bien écologique ayant une valeur marchande comme indicateur de la valeur de l'ensemble, toutes les autres sont fondées sur des méthodes indirectes (coût de remplacement, préférences révélées, préférences déclarées) ou par similarité de situation avec une autre ayant fait l'objet d'une évaluation indirecte (transfert de valeur).

La plupart de ces méthodes sont relativement coûteuses à mettre en place et exigent une certaine stabilité des préférences dans le temps et même sur le plan géographique, en ce qui concerne le transfert de bénéfices.

Présentation du cas d'étude

Le Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent a pour objectif d'élever le niveau de protection des écosystèmes d'une partie représentative du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent afin d'assurer une conservation au profit des générations actuelles et futures, tout en favorisant son utilisation à des fins éducatives, récréatives et scientifiques. Situé entre les Grands Lacs et l'océan Atlantique, ce parc marin se trouve à la rencontre entre les eaux en provenance des Grands Lacs, de la rivière Saguenay et de l'océan Atlantique. La topographie accidentée du sol sous-marin, les remontées régulières d'eaux froides (*upwelling*) et la circulation estuarienne sont des éléments qui participent à l'existence d'une riche biodiversité et rendent cet écosystème unique au monde (PMSSL, 2015). D'une superficie de 1 245 km², ce parc a vu le jour en 1998 à la suite d'une action concertée des gouvernements du Canada et du Québec et la participation du milieu régional (Maltais et Pelletier, 2018). L'industrie touristique et la pratique d'activités de plein air ont grandement contribué aux dynamiques sociales, économiques et environnementales des régions entourant le parc (PMSSL, 2015). Sa situation géographique nous révèle l'importance des dernières polémiques présentées dans les fils d'actualité de ces dernières années. En effet, comme l'illustre la figure 1, le parc marin se situe juste en face de la municipalité de Gros-Cacouna, où se trouve un port en eaux profondes. En 2006 et en 2014, d'importants projets industriels avaient pour objectif de transformer ce dernier en port méthanier, puis en port pétrolier. Depuis, d'autres projets en périphérie du parc marin ont été proposés, notamment le long du Saguenay en amont de la limite du parc. En effet, la zone portuaire de Grande-Anse présente également un potentiel pour un projet de port méthanier mené par *Énergie Saguenay* qui débiterait en 2021 (Shields, 2015). En dépit du fait que le PMSSL soit une aire marine protégée, de nombreux projets industriels autour de cette zone ont été présentés aux 2 gouvernements responsables. Puisque ces projets sont situés hors des limites du parc marin, les gestionnaires de ce territoire n'ont pas l'autorité sur ceux-ci, mais peuvent demander d'inclure une évaluation des impacts sur l'aire protégée. De plus, la disponibilité d'une estimation de

la valeur non marchande des écosystèmes pourrait permettre la mise en valeur des bénéfices de l'aire marine.

Avec d'un côté ses particularités géophysiques uniques et sa riche biodiversité, et de l'autre un potentiel intéressant pour les firmes industrielles, le parc marin Saguenay–Saint-Laurent nécessite une estimation de ses valeurs non marchandes telles que la beauté de ses paysages, sa valeur historique et patrimoniale, ou bien tout simplement sa valeur d'existence. L'estimation de la valeur économique des services écosystémiques dans le parc marin s'avère une aide à la décision permettant de comparer la valeur nette à la société de différents projets, notamment ceux de protection de l'environnement et de développement industriel.

Cet exercice permet de valoriser les biens et services écosystémiques du PMSSL pour assurer une bonne protection de ses écosystèmes et favorise une prise de conscience de la société face à son environnement naturel. Les besoins d'évaluation économique du PMSSL sont de différentes natures et impliquent des prises de décision et d'action à des niveaux variés.

Démarche

Choix de la méthode

Les nombreuses méthodes d'évaluation environnementale existantes s'avèrent relativement complexes, coûteuses et, dans certains cas, sensibles aux événements ponctuels (Revêret et collab., 2013). Bien qu'il ne soit pas possible d'éviter tous les biais et influences multiples, une méthode peu coûteuse, facile à reproduire, faisant appel à des experts et balisée par des comparaisons avec d'autres études devrait permettre d'ajuster les évaluations à mesure que l'état des connaissances s'améliore.

Nous avons donc choisi d'inclure dans notre méthode le transfert d'expertise. De plus, la difficulté d'attribuer spontanément une valeur monétaire à un service écosystémique nous a amenés à introduire une méta-analyse rassemblant des résultats provenant d'études antérieures. Ces approches ont été complétées par des pondérations attribuées par les experts à chacun des biens et services écosystémiques qu'ils avaient sélectionnés lors d'un sondage.

Recrutement des experts et méthode Delphi

La sélection des experts participant à cette étude s'est basée sur leur domaine de compétence lié à leur expérience professionnelle ou personnelle vis-à-vis du PMSSL. Des biologistes marins, des économistes environnementaux, des gestionnaires de ressources marines, des gestionnaires du PMSSL, ou encore des comptables spécialisés dans l'environnement ont été contactés par courriel. Au total, 22 experts ont participé à cette étude. Chacun d'entre eux a pu garder son anonymat auprès des autres en apparaissant seulement sous la forme d'un numéro qu'ils avaient choisi et communiqué à l'auteure au préalable (tableau 1).

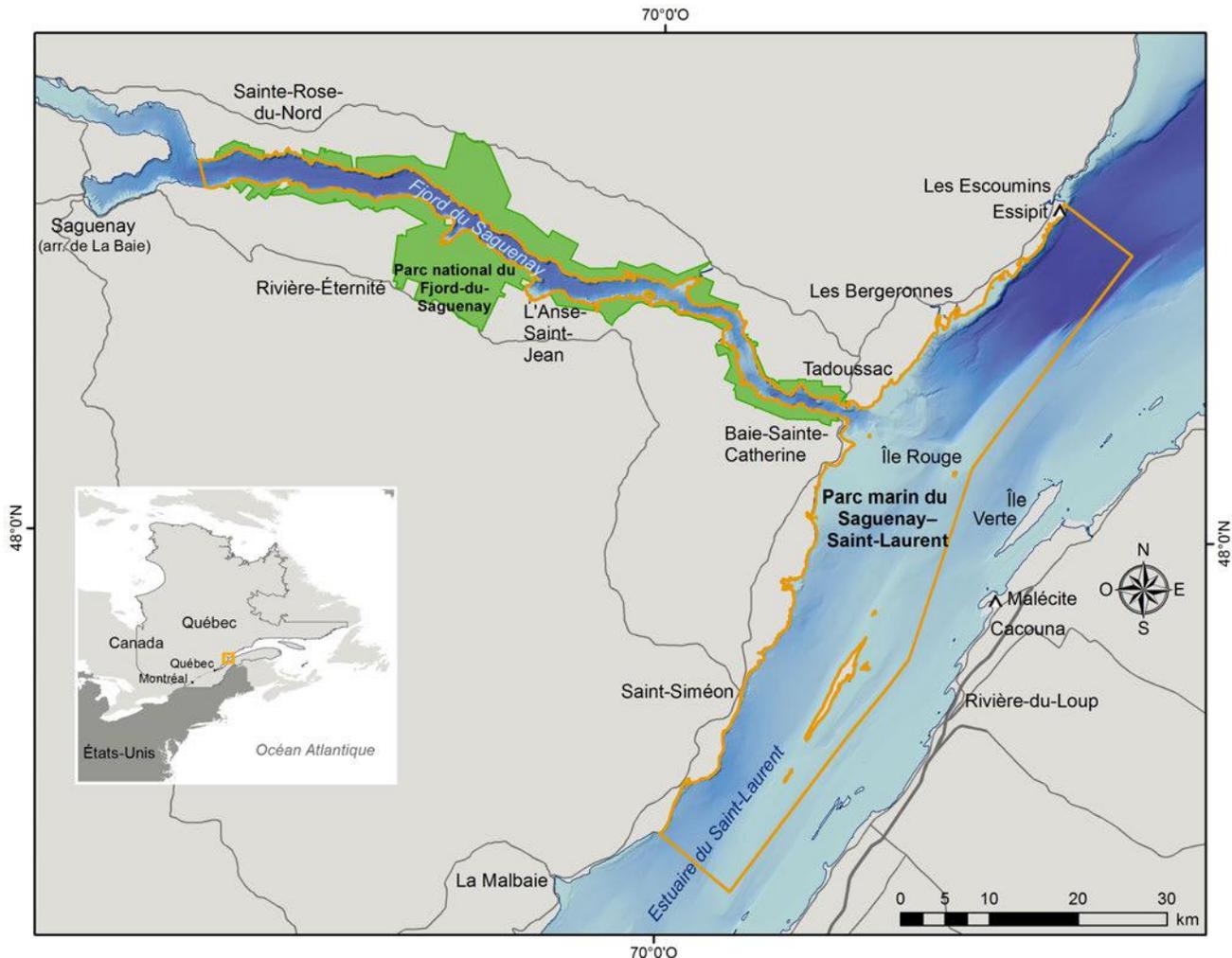


Figure 1. Le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Carte reproduite avec la permission du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent.

Afin d'obtenir un consensus au sein des réponses des experts, nous avons choisi la méthode Delphi (Leduc et Raymond, 2000). Cette technique est utilisée dans de nombreux domaines afin d'obtenir une réponse quasi consensuelle de la part de tous les répondants à une même question. Dans notre étude de cas, cette méthode débute tout d'abord par la mise en ligne d'un premier questionnaire, alors que les experts participants reçoivent les indications nécessaires pour y accéder. Les réponses à ce questionnaire sont ensuite analysées par l'enquêteur et les réponses similaires sont regroupées. Les résultats sont réexpédiés aux experts sous forme de tableau synthèse. Il est demandé aux répondants dont les réponses s'éloignent de la tendance centrale de réévaluer leur propre position aux vues des réponses des autres. Ils peuvent alors modifier leur réponse ou encore la maintenir en justifiant leur choix. Pour donner suite à ces réajustements et justifications, l'enquêteur envoie un résumé des nouvelles réponses obtenues dans le but d'avoir un accord de tous les experts avant de passer à l'étape suivante.

Les avantages de la méthode Delphi sont nombreux. D'abord, elle est peu coûteuse en temps et en argent, et les experts n'ont pas à participer à de longues réunions. De plus,

l'hétérogénéité des participants présents lors d'une éventuelle réunion risquerait d'engendrer des incompréhensions lors du débat qui s'ensuivrait. Par ailleurs, avec l'utilisation des questionnaires en ligne, les experts sont libres d'y répondre quand bon leur semble durant toute la période permise pour l'étape en cours, soit de 10 à 15 jours. Enfin, la méthode permet aux experts de justifier leur raisonnement tout en respectant leur anonymat.

La démarche proposée comporte 3 étapes bien distinctes, chacune basée sur un questionnaire. La première consiste à sélectionner les biens et services écosystémiques que procure le PMSSL. La seconde repose sur un système de pondération des services écosystémiques, tandis que la troisième et dernière étape va attribuer une valeur en dollars/ha/année à chaque service écosystémique en utilisant le transfert de bénéfice sur la base d'une méta-analyse.

Sélection des services écosystémiques procurés par le PMSSL

Dans la première étape, 10 biens et services écosystémiques identifiés par le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) comme étant fournis par un

Tableau 1. Présentation des domaines d'expertise des participants.

Catégorie	Numéro	Expertise / Domaine de compétence
Biologie/ Écologie	27	Écologie du zooplancton/krill et océanographie des pêches
	1	Biologiste, plongeur dans le parc marin, étudiant en gestion des ressources maritimes
	6	Aires marines protégées, conservation du milieu marin, océanographie biologique, protection et conservation des mammifères marins
	28	Mammifères marins, écologie alimentaire, interactions avec les humains, bruit
	8	Océanographie physique, circulation des eaux du fjord du Saguenay
	19	Biologiste-analyste de projets en milieux côtiers et hydriques
	47	Sciences environnementales marines, incluant chimie, océanographie et écotoxicologie
	3	Biologiste, dossier aires protégées
	55	Biologie marine, microbiologie environnementale, gestion des ressources maritimes
	54	Biologie, aires protégées, aires marines protégées, exploration pétrolière en mer (techniques, politique, gestion, etc.)
	7	Géomatique, analyse de données spatiales, hydroacoustique, mammifères marins, trafic maritime
Économie de l'environnement	15	Économie écologique
	16	Comptabilité, finance, économie
	17	Économie de l'environnement et de la santé
Gestion	14	Administration publique, secteur environnement
	26	Spécialiste en conservation des écosystèmes marins et politique marine
	30	Gestion intégrée du Saint-Laurent
	13	Gestion aire marine protégée
	76	Coordonnatrice au partenariat d'une aire marine protégée
	98	Pêches, aquaculture, transformation des produits marins et valorisation de la biomasse marine. Recherche-développement et innovation. Gestion de projets
	5	Aires marines protégées, économie non marchande, pêches maritimes, gestion intégrée des océans
	99	Gestion des ressources maritimes, pêche récréative et commerciale, valorisation de la biomasse marine, aquaculture, diversification des pêcheries

environnement marin ont été proposés aux répondants. Les services votés par plus de 50 % des experts ont été automatiquement retenus. En revanche, les services votés par moins de 50 % des experts ont été soumis à une deuxième consultation visant à atteindre un consensus. À la suite de cette étape, si des services ayant recueilli moins de 50 % des votes lors de la première consultation étaient choisis par plus de 50 % des experts, et si les services votés minoritairement n'avaient pas été sérieusement remis en question par un expert, nous avons considéré qu'un consensus final était atteint. Par ailleurs, en plus de pouvoir sélectionner des services écosystémiques, les experts ont pu en proposer. Sur 8 propositions ainsi reçues, 2 ont été retenues de manière consensuelle par les experts.

Pondération des services écosystémiques

Lors de la deuxième étape, un système de pondération est mis en place à l'aide de 3 modèles de pondération qui mettent de l'avant chacun un aspect différent des services écosystémiques. Ces 3 modèles réunis permettront aux poids finaux de faire ressortir les aspects environnementaux, économiques et socioculturels de chaque service écosystémique

(tableau 2). Ce système de pondération s'inspire directement de celui utilisé dans l'étude de Curtis (2004). Le modèle 1 met en avant les services essentiels à l'homme et désirables à son bien-être. Ce modèle reflète directement l'aspect instrumentaliste de ce type d'étude face à la nature. Le modèle 2 est basé sur des critères tout d'abord économiques, puis patrimoniaux, et enfin, esthétiques. À nouveau, les services possédant une valeur d'usage direct (production de nourriture, ressources génétiques, etc.) vont se voir attribuer la plus grosse pondération. Le modèle 3 représente une moyenne de 6 critères soit 1) les menaces affectant le service, 2) les risques qu'il soit affecté par les activités humaines, 3) l'incertitude vis-à-vis de sa sensibilité, 4) les précautions qu'il nécessite et, enfin, 5) sa résistance et 6) sa résilience face à une altération. Dans ce modèle, chaque service se verra attribuer 6 sous-pondérations différentes, une pour chacun des critères. La moyenne de chaque sous-pondération traduira le degré de sensibilité du service écosystémique. Plus ce chiffre sera faible, plus la sensibilité sera grande. En effet, les critères « résistance » et « résilience » peuvent être notés de 0 à 7 afin de compenser la négativité des 4 autres critères. Par exemple, un service menacé connaissant un risque important

Tableau 2. Présentation des trois modèles de pondération.

Modèle 1 : « Anthropocentrique »							
Essentiel à la vie humaine	6						
Désirable, mais pas essentiel au bien-être humain	5						
Essentiel pour la maintenance du capital naturel	4						
Essentiel à la santé de l'écosystème	3						
Désirable, mais pas essentiel à la santé de l'écosystème	2						
Désirable, mais pas essentiel à la maintenance du capital naturel	1						
Modèle 2 : « Utilitaire »							
Valeur d'usage direct (nourriture, bois, biomasse)	6						
Valeur d'option (usage potentiel futur) (conservation)	5						
Valeur d'usage indirect (contrôle biologique, régulation)	4						
Valeur patrimoniale (non-usage)	3						
Valeur d'option (non-usage potentiel futur)	2						
Valeur d'existence (non-usage)	1						
Modèle 3 : « Sensibilités »		-4	-3	-2	-1	0	0-7
Menace	Très menacé	Menacé	Menacé de façon saisonnière	Peu menacé	Pas du tout menacé		-
Risque		Très risqué d'être affecté	Risque d'être affecté	Peu risqué d'être affecté	Pas du tout risqué		-
Incertitude			Sensibilité très certaine	Sensibilité plutôt incertaine	Aucune incertitude		-
Précaution				Besoin important de précaution	Nul besoin de précaution		-
Résistance de l'écosystème							7 = Écosystème très résistant - 0 = résistance nulle de l'écosystème
Résilience de l'écosystème							7 = Capacité de résilience totale de l'écosystème - 0 = Résilience nulle de l'écosystème

Source : Curtis (2004)

d'affectation, dont les connaissances scientifiques sont quasi nulles, et possédant un besoin important de précaution va voir sa sensibilité diminuer s'il possède une importante résistance ainsi qu'une importante résilience. C'est le cas pour le service 1 présenté dans le tableau 3.

Le service 2 est peu menacé et risque peu d'être affecté. Sa sensibilité est connue avec certitude et il n'a nul besoin de précaution particulière. En revanche, le service 2 n'est pas du tout résistant et ne possède aucune capacité de résilience en cas d'affectation. Sa sensibilité sera donc bien plus faible que celle du service 1. Enfin, le service 3 est de loin le plus sensible. Voyant tous ces critères à la baisse, il possède donc la plus importante pondération. Les services 2 et 3 ont des

pondérations finales s'avoisinant (40,4 % et 41,9 %), car les critères anthropocentriques (modèle 1) et utilitaires (modèle 2) du service 2 connaissent des pondérations plus élevées que celles du service 3.

Attribution des valeurs monétaires

La dernière étape de la méthode consiste à attribuer une valeur monétaire/ha/année. Cette dernière étape justifie le choix d'un environnement marin bien connu qui possède une délimitation précise permettant de connaître sa superficie. Le parc marin répond très bien à ces critères. Cette étape finalise l'approche dont cette étude s'est inspirée, soit le transfert de valeurs ajustées ressortant de la méta-analyse par l'expérience consensuelle d'un panel d'experts. Nous avons établi cette

Tableau 3. Exemple fictif de pondération de trois services différents.

	MODÈLE 1		MODÈLE 2		1&2	Modèle 3						MODÈLE 3	Rang	Rang /1	Poids 1&2 * Rang	Poids finaux
						Menace	Risque	Incertitude	Précaution	Résistance	Résilience					
Service 1	4	27	5	50	38	-4	-3	-2	-1	7	7	0,7	1	0,14	5,6	17,7
Service 2	6	40	3	30	35	-1	-1	0	0	0	1	-0,2	2,5	0,36	12,7	40,4
Service 3	5	33	2	20	27	-4	-3	-2	-1	0	0	-1,7	3,4	0,49	13,1	41,9
Totaux	15	100	10	100	100								6,9	1	31,4	100

méta-analyse à partir d'études antérieures réalisées dans différents pays. Pour la créer, nous avons utilisé des bases de données telles que *Environmental Valuation Reference Inventory* (EVRI, 2011) ou encore MESP (*Marine Ecosystem Services Partnership*²). Plus spécifiquement, une méta-analyse relativement connue comprenant les critères d'intérêt pour cette troisième étape a été mise en place par une équipe de chercheurs afin de former une base de données d'évaluation de l'économie des écosystèmes et de la biodiversité (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, ou TEEB Valuation Database; De Groot et collab., 2011). Nous recherchions les résultats des études portant sur des services écosystémiques d'un environnement marin, exprimés en devise/ha/année. Nous devons aussi connaître la méthode d'évaluation utilisée ainsi que la date et le lieu de l'étude. En regroupant les résultats d'évaluations environnementales antérieures et provenant d'autres régions, elle va permettre de donner une échelle de grandeur des valeurs en \$ CA/ha/année pour les services précédemment sélectionnés par les experts.

Une étude minutieuse de la méta-analyse par les experts est importante, car ils doivent bien prendre en compte le lieu de tous les sites d'étude présentés, et donc leur écosystème (tropical, polaire, fluvial, côtier, etc.).

Les experts ont été invités à sélectionner des intervalles de valeur monétaire pour chaque service. Ils ont été choisis par l'auteure en fonction des valeurs trouvées dans la littérature. Certains intervalles pouvaient comprendre une cinquantaine, une centaine, ou encore un millier de dollars. Une ronde consensuelle a également été effectuée dans cette étape. Les intervalles de valeur s'éloignant de plus de trois intervalles de la moyenne des répondants pour un même service aboutiront à une nouvelle attribution des valeurs pour ce service lors de l'étape consensuelle.

Les valeurs moyennes ont été multipliées par la superficie (en ha) de l'environnement étudié afin d'obtenir des valeurs moyennes en \$ CA/année. Enfin, ces valeurs

moyennes ont été multipliées par les pondérations des services correspondants afin d'obtenir des valeurs moyennes pondérées pour chaque service. La somme de ces valeurs moyennes pondérées représentera la valeur non marchande des services écosystémiques procurés en une année par l'environnement étudié. Les valeurs minimales et maximales pondérées ont également été estimées dans le but de présenter le résultat final sous forme d'intervalle de valeur.

Résultats

Le tableau 4 décrit les services définitifs sélectionnés par les experts après un consensus. Les différentes valeurs et utilisations de ces services sont représentées grâce aux pondérations qui leur ont été attribuées dans la deuxième étape.

Nos résultats finaux sont présentés au tableau 5. Les 3 premières colonnes de ce tableau présentent les moyennes des valeurs minimales, médianes et maximales qui ont été attribuées par les experts. Les 3 colonnes suivantes représentent la multiplication de ces valeurs par la superficie du parc marin (124 500 ha), elles sont donc exprimées en \$ CA/année. Elles exposent des valeurs non marchandes minimales, médianes et maximales que procurent chaque année les services écosystémiques offerts par le parc. Les 3 dernières colonnes du tableau correspondent à ces mêmes valeurs, mais cette fois-ci multipliées par leur facteur de pondération. La somme des valeurs pondérées de chaque service représente donc la valeur totale estimée des services procurés par le parc marin chaque année.

Comme il s'agit d'une estimation, la valeur totale est exprimée au sein d'un intervalle. On estime que la valeur non marchande minimale des services écosystémiques que procure le parc est de 27 766 625 \$ CA par année, et la valeur maximale est de 32 907 760 \$ CA par année. En étudiant plus précisément ce tableau, on s'aperçoit que l'ordre d'importance des valeurs n'est pas le même avant et après avoir intégré le coefficient de pondération. En effet, la régulation du climat détient la plus grande valeur au départ, suivie des possibilités touristiques

2. <http://www.marineecosystemservices.org/>

et enfin de la production de nourriture. Ce dernier service possède la pondération la plus importante et passe donc en première position. L'étape des pondérations s'avère donc relativement influente sur le résultat.

De plus, il est nécessaire de rappeler que, grâce à la méthode Delphi, la dernière étape, soit l'attribution des valeurs, a subi plusieurs rondes de consultation afin de voir apparaître un consensus. C'est pourquoi l'écart existant entre les valeurs minimales et les valeurs maximales n'est jamais trop important. Enfin, en comparant les valeurs attribuées avec les valeurs présentes dans la méta-analyse, on constate que nombreuses sont les valeurs des services sélectionnés comprises entre les valeurs extrêmes de la méta-analyse, à l'exception des services suivants : contrôle biologique, biodiversité/habitat, possibilités éducatives, et autres possibilités culturelles. Ces services se sont vu attribuer des valeurs plus importantes que les valeurs présentes dans la méta-analyse. On suppose que les experts ont estimé leur valeur non marchande relativement plus importante que celles présentes dans les cas d'études de la méta-analyse.

Discussion et conclusion

Les estimations obtenues sont une tentative d'évaluation des valeurs non marchandes des services procurés par un environnement marin et peuvent servir de point de départ pour leur intégration dans un processus décisionnel. Grâce à ces estimations, il est maintenant possible de calculer que la valeur des services écosystémiques attribués au parc PMSSL se situe entre 27,8 et 32,9 millions de dollars canadiens par an.

Cependant, des précautions sont à prendre à l'égard de ces estimations. En effet, il ne s'agit que de valeurs non marchandes concernant des services que fournissent des écosystèmes dont nos connaissances sont plus que lacunaires. De plus, ces estimations ont une validité temporelle assez

restreinte. En effet, les dynamiques écosystémiques complexes se modifient rapidement et les priorités sociales dans lesquelles sont intégrées les questions environnementales se modifient en fonction de plusieurs processus (actions politiques, catastrophes naturelles, fenêtres d'opportunités au sein des politiques publiques, etc.).

Les résultats obtenus dépendent beaucoup des évaluations faites par un groupe d'experts (biologie marine, économie de l'environnement, gestion environnementale, géographie, comptabilité environnementale). Le même groupe d'experts est intervenu ou a été sollicité aux différentes étapes du processus (identification des biens et services, pondération, attribution d'une valeur monétaire, etc.). Sans prétendre à la représentativité statistique, ceci constitue un éventail assez large de points de vue. Cependant, certains ont pu se voir obliger de sortir de leur zone de confort en se prononçant sur des aspects pour lesquels leurs connaissances étaient limitées.

En définitive, d'autres études seront nécessaires pour raffiner les estimations faites, soit en constituant des groupes d'experts différents selon l'étape du processus d'évaluation, soit en développant d'autres méthodes d'évaluation des biens environnementaux. Néanmoins, nos estimations donnent déjà un aperçu de la valeur des biens et services environnementaux non marchands. De ce fait, elles peuvent contribuer à une gestion plus rationnelle de ceux-ci.

De plus, il pourrait être intéressant de voir si cette approche peut être appliquée dans des contextes un peu différents, plus complexes sur le plan environnemental et socio-économique, comme celui du golfe du Saint-Laurent.

Par ailleurs, comme relaté plus haut dans les résultats, l'étape des pondérations s'avère importante. La pondération permet de prendre en compte les critères difficilement traduisibles en valeur monétaire. En effet, la sensibilité ne peut

Tableau 4. Services que procure le PMSSL, selon les experts consultés.

Services de régulation	Contrôle biologique	Régulation de la dynamique des relations trophiques de l'écosystème (p. ex., réduction des herbivores par les prédateurs, contrôle par les écosystèmes de maladies, pathogènes ou espèces nuisibles à la fois aux humains et aux systèmes naturels).
	Régulation du climat local et global	L'environnement marin affecte les températures locales, les vents, ainsi que les précipitations (la grande inertie thermique de l'eau va avoir un rôle de tampon thermique). L'environnement marin participe également à la séquestration de CO ₂ à l'échelle planétaire.
	Biodiversité/Habitat	Habitat pour les populations résidentes et de passage (pouponnières, habitat pour les espèces migratoires, etc.). Habitat naturel fournissant donc une riche biodiversité.
Services d'approvisionnement	Production de nourriture	Une portion de la production de l'écosystème que l'on peut extraire sous forme de nourriture (poissons, crustacés, mollusques, etc.)
	Ressources génétiques	L'écosystème possède une certaine richesse génétique dont l'exploitation durable est intéressante (microalgues, anticorps d'éponges marines, etc.)
Services culturels	Possibilités touristiques	Capacité de l'environnement à permettre des activités touristiques (écotourisme, récréotourisme, pêche sportive, etc.)
	Possibilités éducatives	Capacité de l'environnement marin à permettre des activités éducatives (musées, sorties scolaires, panneaux d'interprétation, etc.)
	Autres possibilités culturelles	Capacité de l'environnement marin à permettre des activités culturelles (qui améliorent le bien-être humain par l'esthétisme de l'environnement et la pratique d'activités sportives, arts, religion, tradition, etc.)

Tableau 5. Calcul de l'intervalle des valeurs minimales, médianes et maximales estimées pour les services procurés par le PMSSL.

	Valeurs déterminées en \$ CA/ha/an			Valeurs agrégées pour tout le parc en \$ CA/an			Pondérations	Valeurs pondérées en \$ CA/an		
	Valeur minimale	Valeur médiane	Valeur maximale	Valeur minimale	Valeur médiane	Valeur maximale		Valeur minimale	Valeur médiane	Valeur maximale
Contrôle biologique	89	114	139	11 075 556	14 190 556	17 305 556	12 %	1 351 218	1 731 248	2 111 278
Régulation du climat	367	392	417	45 686 667	48 801 667	51 916 667	13 %	6 122 013	6 539 423	6 956 833
Biodiversité/Habitat	197	222	247	24 573 889	27 688 889	30 803 889	16 %	4 005 544	4 513 289	5 021 034
Production de nourriture	350	375	400	43 610 000	46 725 000	49 840 000	20 %	8 547 560	9 158 100	9 768 640
Ressources génétiques	113	123	133	14 121 333	15 367 333	16 613 333	14,1 %	1 991 108	2 166 794	2 342 480
Possibilités touristiques	361	386	408	44 994 444	48 109 444	50 878 333	10,4 %	4 679 422	5 003 382	5 291 347
Possibilités éducatives	64	74	84	8 029 778	9 275 778	10 521 778	7,2 %	578 144	667 856	757 568
Autres possibilités culturelles	59	69	79	7 337 556	8 583 556	9 829 556	7 %	491 616	575 098	658 580
								Valeur minimale totale estimée	Valeur moyenne totale estimée des services du PMSSL en \$ CA/an	Valeur maximale totale estimée
								27 766 625	30 355 190	32 907 760

en aucun cas se réduire à une valeur monétaire. C'est dans ce sens que les 3 modèles de pondération proposés tentent de préciser du mieux possible la sensibilité d'un environnement grâce aux 6 sous-modèles. De plus, en fonction des objectifs de l'étude, les modèles de pondération proposés peuvent être modifiés de sorte que le modèle « anthropocentrique » peut devenir un modèle « biocentrique », faisant passer les intérêts de l'écosystème avant ceux de la société. Cette nouvelle approche permettrait de considérer en priorité les services essentiels à l'écosystème, d'autant plus que la restauration d'un écosystème endommagé est bien plus coûteuse que la conservation d'un écosystème fonctionnel (Malakoff, 1998).

Sur un plan plus conceptuel, la notion de valeur non marchande n'est pas aussi tranchée que prévu. La production de nourriture donne lieu à une production marchande (par exemple, pêche commerciale) et non marchande (pêche récréative où le « prix » payé comporte aussi une valeur liée à l'aspect loisir de l'activité). Nous avons choisi de traiter ce service comme étant une valeur non marchande qui pouvait aussi englober une valeur marchande. Enfin, un traitement statistique plus poussé faisant usage d'un

coefficient de concordance de Kendall ainsi qu'une analyse de sensibilité constitue une étape ultérieure essentielle dans l'approfondissement de cette étude.

Remerciements

En premier lieu, un merci sincère à tous les experts qui ont accepté de répondre à nos questionnaires et de nous donner des évaluations franches et honnêtes. Leur apport a été essentiel dans cette recherche. Nos remerciements s'adressent aussi à Mme Nadia Ménard (PMSSL), en bonne partie responsable de notre intérêt à évaluer la valeur des écosystèmes du parc marin. Merci aussi au professeur Marcel Lévesque pour ses précieux commentaires lors du cheminement de la recherche. Un merci tout spécial aux professeurs Pascal Sirois et Émilien Pelletier, éditeurs *ad hoc* de ce numéro thématique du *Naturaliste canadien* pour leur invitation à soumettre un article, ainsi qu'aux 2 évaluateurs anonymes pour leurs précieux commentaires qui ont contribué à améliorer grandement notre article, de même qu'à l'équipe du *Naturaliste canadien*. Cette recherche a bénéficié d'un soutien financier des programmes d'études supérieures en gestion des ressources maritimes de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). ◀

Références

[BAPE] BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT, 2006. Projet d'implantation du terminal méthanier Énergie Cacouna-rapport d'enquête et d'audience publique, 1^{er} novembre 2006. Rapport numéro 230. Disponible en ligne à : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/tous/index.htm>. [Visité le 2017-06-05].

BONTEMS, P. et G. ROTILLON, 2013. L'économie de l'environnement. La Découverte, 128 p.

BOQUET, R., 2016. Estimation des valeurs non marchandes d'un environnement marin : le parc marin Saguenay-Saint-Laurent. Mémoire présenté dans le cadre du programme de maîtrise en gestion des ressources maritimes en vue de l'obtention du grade de maître ès science. UQAR, Rimouski, juillet 2016, 136 p.

CURTIS, I.A., 2004. Valuing ecosystem goods and services: A new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a Delphi panel to assign weights to the attributes. *Ecological Economics*, 50 (3-4) : p.163-194.

DE GROOT, R., L. BRANDER, S. VAN DER PLOEG, R. COSTANZA, F. BERNARD, L. BRAAT, M. CHRISTIE, N. CROSSMAN, A. GHERMANDI, L. HEIN, S. HUSSEIN, P. KUMAR, A. MCVITTIE, R. PORTELA, L.C. RODRIGUEZ, P. BRINK et P. VAN BEUKERING, 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1 : 50-61.

[EVRI] ENVIRONMENTAL VALUATION REFERENCE INVENTORY, 2011. Disponible en ligne à : <https://www.evri.ca>.

LEDUC, G.A. et M. RAYMOND, 2000. L'évaluation des impacts environnementaux : un outil d'aide à la décision. Éditions MultiMondes, 403 p.

MALAKOFF, D., 1998. Restored wetlands flunk real-world test. *Science*, 280 : 371-372.

MALTAIS, B. et E. PELLETIER, 2018. Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent : création et gestion participative inédite au Canada. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 4-17.

[MEA] MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Dans : MEA. Millenium Ecosystem Assessment.

[PMSSL] PARC MARIN DU SAGUENAY-SAINTE-LAURENT, 2015. Limites et composantes du territoire. Disponible en ligne à : http://parcmarin.qc.ca/limites_composantes_territoire.html.

REVÉRET, J-P, J. DUPRAS et J. HE, 2013. L'évaluation économique des biens et services écosystémiques dans un contexte de changements climatiques, Montréal, Ouranos, 218 p.

SHIELDS, A., 2015. GNL Québec s'étend avec trois nations innues. Disponible en ligne à : <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/441048/projet-energie-saguenay-gnl-quebec-s-entend-avec-trois-nations-innues>. [Visité le 2017-09-17].



PESCA
ENVIRONNEMENT

DES GENS DE RESSOURCES
DEPUIS 25 ANS

Services-conseils en environnement
Énergie
Autorisations
Industrie
Communication
Stratégie
Société

Carleton-sur-Mer
Rimouski
Québec
Montréal
Calgary

pescaenvironnement.com 1 888 364-3139



Yvan Bedard
PHOTONATURE

Ph.D. Prof. émérite
Neuveville, Qc
Canada G0A 2R0
1-418-561-7046

yvan_bedard@hotmail.com
PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS
<http://yvanbedardphotonature.com>

Selection
Laminard inc.

Diane Lemay et Pierre Savard, prop.

- Encadrement
- Laminage
- Matériel d'artiste
- Cours de peinture
- Galerie d'art

254, rue Racine
Loretteville (Québec)
G2B 1E6

Tél. : (418) 843-6308
Fax. : (418) 843-8191
Courriel : selection.laminard@videotron.ca
www.selectionart.com

Les aires marines protégées : évolution récente et perspectives de développement

Émilien Pelletier

Résumé

Les aires marines protégées (AMP) sont au cœur des efforts de conservation des écosystèmes marins entrepris au cours des 40 dernières années. Après un bref historique du développement du concept d'AMP, cet article aborde les diverses approches qui ont été proposées pour classer les AMP selon leurs objectifs de conservation, leurs usages et leurs caractéristiques géomorphologiques et océanographiques. Nous examinons ensuite trois exemples de développement de réseaux d'AMP : l'Australie, la Californie et le Canada. Les Australiens ont été les pionniers dans la mise en place des AMP dès le début des années 1970. Ensuite viennent les Californiens, qui ont déployé des efforts de concertation exceptionnels pour parvenir à protéger adéquatement plus de 1 000 km de leurs côtes fortement développées. Plus récemment, les Canadiens ont commencé à travailler à la protection de leurs écosystèmes marins les plus fragiles, avec en tête l'échéance de 2020 pour la protection de 10 % de leurs eaux marines. Une attention particulière est portée ici au parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, présenté comme un cas unique de concertation entre les différents ordres de gouvernements et les intervenants du milieu. Les éléments clés du succès de l'implantation des AMP sont examinés en détail, et quelques leçons en sont tirées.

MOTS CLÉS : aire marine protégée, classification, évaluation, parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, perspectives

Abstract

Over the last 40 years, marine protected areas (MPA) have been central to efforts to conserve marine ecosystems. This paper gives a brief history of the development of the MPA concept, and then reviews the various approaches that have been proposed to classify MPA according to their conservation objectives, uses, and geomorphological and oceanographical characteristics. Examples of MPA network development in Australia, the United States and Canada are examined. In the early 1970s, Australia became a pioneer in the establishment of MPAs. Work in California followed soon after, where outstanding cooperative efforts led to the adequate protection of 1000 km of its highly developed coastal zone. More recently, Canada started to work towards protecting its most fragile marine ecosystems, setting a 2020 goal for the protection of 10% of its marine waters. This paper gives special attention to the Saguenay–St. Lawrence Marine Park (Québec, Canada), which is seen as a unique example of collaboration between governments and local stakeholders. Key factors for successful implementation of MPA are examined in detail, and the lessons learned are highlighted.

KEYWORDS: classification, evaluation, marine protected area, perspectives, Saguenay–St. Lawrence Marine Park

Introduction aux réserves et parcs marins

Le tout premier parc marin comprenant à la fois un lieu historique et une aire marine d'une grande richesse a été désigné en janvier 1935 par le président américain Franklin D. Roosevelt sous le nom de *Fort Jefferson National Monument*. Il a été renommé *Dry Tortugas National Park* en 1992 et se situe à l'extrémité sud-ouest des Keys (Floride). Le premier parc marin hors des États-Unis a été le parc national terrestre et marin des Îles Exumas (*Exuma Cays Land-and-Sea Park*) créé en 1958 par le gouvernement bahamien et administré encore aujourd'hui par les *Bahamas National Trust*. Dans la foulée de cette initiative, plusieurs parcs marins ont commencé à émailler les eaux côtières du monde : *Buccoo Reef Marine Park* (république de Trinité-et-Tobago), *Phosphorescent Bay* (Porto Rico), *Buck Island* (îles Vierges), ainsi que le *Green Island Sanctuary* dans le récif de la Grande Barrière en Australie (Ray, 1962). Notons aussi la création, en 1960, du *Key Largo Coral Reef Preserve* (maintenant nommé *John Pennekamp Coral Reef State Park*), en Floride, qui fut le premier parc sous-marin aux États-Unis. L'objectif premier de ces parcs était de protéger la

nature sauvage face aux assauts constants du développement économique et touristique.

La première conférence mondiale sur les parcs nationaux s'est tenue à Seattle (Washington) en juillet 1962 sous les auspices de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et le Service des parcs nationaux américains. Même si certains parcs marins avaient été créés avant cette date, cette conférence marque le véritable point de départ des aires marines protégées (AMP) parce que, pour la première fois, on y fait manifestement mention de l'importance et de l'urgence de mettre en place

L'auteur est professeur associé à l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (UQAR/ISMER). Il préside le Comité de coordination du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et participe aux activités de plusieurs organismes à vocation de conservation des milieux naturels.

emilien_pelletier@uqar.ca

les mécanismes de création et de gestion des aires protégées à l'échelle mondiale. Dans sa lettre de bienvenue aux congressistes, le président J.F. Kennedy écrit :

Growth and development of national park and reserve programs throughout the world are important to the welfare of the people of every nation. We must have places where we can find release from the tensions of an increasingly industrialized civilization, where we can have personal contact with the natural environment which sustains us. (J.F. Kennedy)

L'un des arguments forts mis de l'avant par Carleton Ray (membre de la Société zoologique de New York et auteur de nombreux ouvrages sur la vie marine) lors de cette conférence était, déjà à cette époque, l'urgence de protéger certaines zones de pêche surexploitées et d'arrêter le pillage des zones coralliennes et autres secteurs marins peu profonds par la chasse sous-marine en scaphandre autonome (Ray, 1962). L'auteur reconnaît aussi l'ignorance abyssale qui avait cours en ce milieu du 20^e siècle sur les océans et les espèces marines. Il fait un appel pressant à la formation de biologistes marins et d'océanographes pour que se développe une science des océans.

Les choses ont radicalement changé depuis les lointaines années 1960. Un vaste mouvement mondial de développement des AMP s'est progressivement mis en place, en grande partie motivé par l'effondrement des pêcheries mondiales au début des années 1990. C'est en janvier 1997 que Pêches et Océans Canada publie un document de réflexion sur la mise en place et la gestion des AMP en vertu de la partie II de la Loi sur les océans adoptée en 1997 (MPO, 1997). Cependant, la loi canadienne sur les océans ne restreint pas les activités qui peuvent se dérouler dans les AMP, y compris les activités minières. Toutes les restrictions applicables aux AMP doivent être établies par réglementation. Dès le début des années 2000, on trouve une abondante documentation traitant de l'établissement des AMP de par le monde et de certaines méthodes de gestion qui pourraient en garantir le succès (Agardy et collab., 2003; Day et Roff, 2000; Guénette et Alder, 2007; Lester et collab., 2009).

Dans les paragraphes suivants, nous examinons d'abord les diverses définitions et catégorisations applicables aux AMP ainsi que les controverses qu'elles soulèvent. Ensuite, nous décrivons quelques cas spécifiques d'AMP qui peuvent servir d'exemples, ou encore, susciter de vives controverses. Nous examinons aussi les approches à privilégier pour établir de nouvelles AMP et abordons quelques éléments critiques sur les moyens d'évaluer l'efficacité des AMP.

Définitions, catégories et controverses à propos des AMP

De façon générale, la notion d'aire marine protégée réfère à une portion des eaux marines côtières ou océaniques qui possède un statut particulier de protection quant aux activités anthropiques qui pourraient nuire à la conservation de l'écosystème global qui s'y trouve (espèces biologiques, artefacts culturels et historiques, structures géologiques et océanographiques). Quant aux activités pouvant nuire à la conservation, on pense immédiatement aux pêcheries

commerciales, aux forages extracôtiers, au trafic maritime et aux activités récréatives motorisées. Les AMP sont presque toutes situées en zone côtière ou insulaire et sont désignées par les pays qui y exercent leur souveraineté (zone économique exclusive). Souvent, les AMP sont jumelées à des zones terrestres adjacentes, afin de permettre une protection adéquate de la zone littorale (plages, mangroves, marais, falaises, récifs), ou à des zones estuariennes situées à l'embouchure des fleuves. Cependant, il existe de multiples appellations des AMP dans différents pays, ce qui entraîne souvent une certaine confusion chez les gestionnaires, les législateurs et le grand public. On utilise volontiers des termes comme : parc marin, réserve marine naturelle, zone de protection marine, sanctuaire marin, aire de conservation marine, réserve de la biosphère ou encore zone marine sauvage.

Une classification basée sur la conservation et le mode de gestion

Pour mettre de l'ordre dans les multiples définitions des aires protégées (AP) et leur classification, l'UICN a adopté, en 2008, des lignes directrices proposant diverses catégories essentiellement basées sur le degré de protection accordé aux espaces désignés par le législateur en milieux terrestre et marin (Dudley, 2008). Selon la définition de l'UICN, « une aire protégée est un espace géographique clairement défini, reconnu, spécialisé et géré par des moyens légaux ou d'autres moyens efficaces, visant à assurer la conservation à long terme de la nature et des services écosystémiques et valeurs culturelles qui y sont associés »¹. Cette définition est suffisamment inclusive pour y associer plusieurs aires marines possédant un statut de protection et de conservation, mais permet aussi d'exclure certaines zones qui n'ont pas pour premier objectif la conservation, mais qui, accessoirement, pourraient protéger temporairement ou favoriser la conservation d'espèces marines.

À la suite des directives générales de 2008 et des dérives possibles quant à la désignation d'aires marines protégées qui n'en respecteraient pas la définition, il est apparu nécessaire à l'UICN de publier, en 2012, des lignes directrices spécifiquement appliquées aux AMP (Day et collab., 2012). Ainsi, le nouveau document ajoute des définitions, des objectifs et de multiples exemples d'applications en milieu marin afin d'aider les décideurs et les gestionnaires à définir adéquatement la catégorie d'AMP qu'ils souhaitent mettre en place (tableau 1).

Si les définitions et objectifs de certaines catégories d'AMP paraissent relativement simples et faciles à comprendre (catégories Ia, Ib, III et IV), les directives associées à d'autres catégories sont beaucoup plus difficiles à appliquer dans un contexte marin (catégories II, V et VI). Par exemple, la catégorie V des aires protégées s'applique d'abord à la préservation des paysages terrestres, un concept difficile à appliquer dans un environnement marin, selon l'aveu même de l'UICN (Day et collab., 2012). La notion de paysage marin a été originalement développée par Roff et Taylor (2000) et visait à établir une

1. <https://www.iucn.org/content/vers-une-d%C3%A9finition-correcte-des-aires-marines-prot%C3%A9g%C3%A9es>

Tableau 1. Catégories de gestion des aires marines protégées telles que décrites par l’UICN (d’après Day et collab., 2012, chapitre 4).

Catégorie	Définitions et objectifs	Commentaires
Ia	Aires marines avec un statut de « protection intégrale » pouvant servir d’aires de référence en recherche et éducation avec des visites et des impacts humains strictement contrôlés et limités. L’objectif principal est de conserver des écosystèmes exceptionnels et des milieux naturels exemplaires et de réduire au minimum les perturbations anthropiques. L’objectif inclut la conservation des valeurs culturelles et spirituelles associées à la nature.	Pour cette catégorie, l’utilisation des eaux environnantes, la connectivité marine et l’influence des courants doivent être évaluées et gérées de manière appropriée. Tout prélèvement d’espèce marine ou toute modification, extraction ou récolte de ressources marines (pêche, dragage, exploitation minière ou forage) est incompatible avec cette catégorie. Pas de navigation de plaisance ni de transport maritime.
Ib	Vastes aires marines avec un statut de protection très élevé visant des zones à l’état sauvage ayant été peu modifiées par l’activité humaine et dépourvues d’infrastructures modernes. L’objectif est de protéger à long terme l’intégrité écologique d’aires naturelles pour les générations présentes et futures.	Tout comme la catégorie Ia, tout prélèvement d’espèce marine ou récolte de ressources marines est incompatible avec cette catégorie, à l’exception de travaux de recherche peu invasifs et d’activités traditionnelles autochtones dans le respect des valeurs culturelles et spirituelles. Pas de tourisme extensif, mais les visites y sont tolérées.
II	Vastes aires naturelles sauvages offrant des possibilités de visites dans le respect de l’environnement marin. L’objectif premier est de protéger des processus écologiques à grande échelle ainsi que les espèces et les caractéristiques des écosystèmes sous-jacents. L’objectif est aussi de promouvoir l’éducation et les loisirs en permettant un accès contrôlé au grand public.	Les aires de la catégorie II doivent être gérées pour la préservation à long terme de l’intégrité de l’écosystème en permettant l’accès aux visiteurs, les activités récréatives sans prélèvement, l’écotourisme (y compris la plongée sous-marine, le nautisme, etc.), et la recherche avec prélèvement. La pêche n’y est pas permise, même à l’échelle artisanale.
III	Sites naturels sous-marins généralement de faibles dimensions comportant des éléments spécifiques d’un grand intérêt pour le visiteur. L’objectif est de protéger des éléments naturels remarquables ainsi que leurs habitats et la biodiversité qui y est associée. Conserver les valeurs traditionnelles et culturelles d’un site. Protéger des paysages historiques ou archéologiques submergés.	Les aires de la catégorie III permettent de protéger des éléments spécifiques comme : des monts sous-marins ou des épaves devenues des sites à forte concentration de la biodiversité, des zones de concentration clés pour des espèces emblématiques, ou d’autres éléments marins qui peuvent avoir une valeur culturelle ou récréative pour des groupes particuliers d’utilisateurs.
IV	Des aires marines ayant besoin d’interventions régulières et actives pour répondre aux exigences d’espèces particulières ou pour maintenir des habitats. L’objectif premier est de maintenir, conserver et restaurer des espèces et des habitats comme des formations végétales ou des fragments d’habitats dans une stratégie de conservation de paysages terrestres et marins. Développer l’éducation du public et offrir aux citoyens un moyen d’être régulièrement en contact avec la nature.	Les aires de la catégorie IV regroupent des zones souvent de petites tailles permettant de protéger une espèce ou un groupe particulier (p. ex. : les sanctuaires pour les oiseaux de mer, les tortues ou les requins). On peut y inclure les zones bénéficiant d’une protection saisonnière, comme les plages où les tortues viennent construire leurs nids et qui sont protégées pendant la période de reproduction. Les visites sans prélèvement y sont permises.
V	Aires protégées où les interactions homme-nature ont marqué l’environnement marin et qui possèdent un caractère distinct et une grande richesse écologique. L’objectif premier est de protéger et maintenir d’importants paysages terrestres ou marins, de conserver la nature qui y est associée ainsi que d’autres valeurs. Fournir des opportunités de distractions, de bien-être et d’activités socioéconomiques grâce aux loisirs et au tourisme.	Dans un contexte marin, la catégorie V s’appliquerait à des espaces où des communautés vivent dans un environnement marin et utilisent les ressources de manière durable mais où les objectifs premiers sont néanmoins la protection et la conservation de la nature. Le prélèvement de ressources y est autorisé. Le parc marin du Saguenay – Saint-Laurent peut correspondre à cette catégorie.
VI	Aires protégées généralement vastes qui préservent des écosystèmes et des habitats, ainsi que les valeurs culturelles et les systèmes de gestion des ressources naturelles traditionnelles qui y sont associés. L’objectif premier est de protéger les écosystèmes et d’utiliser durablement les ressources naturelles, lorsque conservation et utilisation durable peuvent être mutuellement bénéfiques. Encourager les bénéfices sociaux et économiques pour les communautés locales, tout en conservant la biodiversité.	Des AMP dont l’objectif est de maintenir des habitats en grande partie naturels mais qui autorisent le prélèvement durable de certaines espèces (p. ex. : certaines espèces comestibles, des coraux d’ornement ou des coquillages) peuvent correspondre à la catégorie VI. Il est souvent difficile de déterminer quand une aire gérée pour ses ressources peut devenir une AMP de catégorie VI.

classification générale de l’environnement marin basée sur des caractéristiques géophysiques qui pouvaient refléter des changements dans la composition des communautés biologiques qui s’y trouvent. Comme ces paysages sont encore bien peu caractérisés et que la notion de conservation de paysages marins demeure floue, leur protection se résume à quelques cas bien particuliers (Ismail et collab., 2015). Notons aussi la définition fourre-tout de la catégorie VI qui réfère à des

AMP avec exploitation des ressources. Il s’agit d’aires marines ayant une vocation de conservation, mais où certaines activités anthropiques sont permises ou même encouragées, dans des conditions visant à assurer un développement durable et à protéger certaines espèces ou certains habitats d’une grande valeur écologique ou culturelle. Il y a là une porte grande ouverte à la désignation d’AMP couvrant de très grandes superficies, mais bénéficiant, dans les faits, de très peu de protection.

Le classement des AMP par catégories spatiales pose parfois problème et ne fait pas l'unanimité (Al-Abdulrazzak et Trombulak, 2012). Le principal reproche adressé à la classification de l'UICN est la difficulté de classer les AMP aux multiples usages qui incluent plusieurs zones avec des règles différentes de gestion. Ainsi, une vaste AMP de catégorie VI avec un large accès au tourisme et à la pêche commerciale pourrait contenir plusieurs petites zones de protection extrême, comme des îlots de nidification (catégorie Ia), un sanctuaire d'épaves permettant la plongée (catégorie III) et une voie maritime achalandée (aucune catégorie). Le fait de fragmenter un grand ensemble en une suite de petites zones géographiques avec des niveaux de protection différents ne tient pas compte de la connectivité spatiale et temporelle entre les assemblages écologiques. Ce problème est particulièrement important pour les petites AMP, car les écosystèmes marins n'ont pas de frontières spatiales et résultent le plus souvent d'un réseau complexe et dynamique d'espèces, dont certaines sont migratrices ou encore montrent une ségrégation spatiale et temporelle en fonction des stades de développement (Al-Abdulrazzak et Trombulak, 2012). À propos de ce problème, il apparaît que les objectifs des AMP ne sont pas toujours clairement énoncés dans les plans de gestion des instances qui les ont créées (le plus souvent à cause d'un manque de connaissances des écosystèmes en place) et que la réglementation n'est pas forcément cohérente par rapport aux objectifs énoncés (Fitzsimons, 2011; Hosta e Costa et collab., 2016). Il en découle parfois une confusion certaine quant à l'attribution d'une catégorie UICN à une AMP donnée. Surtout, il devient difficile d'évaluer l'efficacité d'une AMP si l'on ne sait pas au juste ce qui doit être protégé et quels outils de gestion peuvent être déployés. Enfin, notons que certains pays, comme les États-Unis et le Canada, n'utilisent pas les catégories UICN dans leur désignation des AMP.

Une classification basée sur la réglementation et les usages

En réponse aux difficultés posées par une classification basée sur des zones géographiques avec des objectifs de conservation variant selon la valeur attribuée aux composantes biologiques, certains auteurs ont proposé une classification basée sur la réglementation et les répercussions potentielles des activités autorisées dans les AMP (Horta e Costa et collab., 2016). Ces auteurs ont appuyé leur proposition sur une vaste étude comptant 54 AMP et 115 zones spécifiques avec une réglementation détaillée à la fois pour les AMP et les zones internes, afin de bien représenter l'hétérogénéité de ces aires protégées réparties dans le monde. Les AMP ont été réparties en 5 catégories selon leurs usages (pêcheries commerciales, pêcheries récréatives, aquaculture, exploitation minière et aire sans prélèvement). Un classement (score) a été ensuite attribué à chacune des AMP selon l'impact potentiel des usages sur la biodiversité et les habitats, tel que décrit dans la documentation scientifique ou perçu par des experts du domaine. L'essentiel du système de classification est basé sur le type et le nombre

d'équipements de pêche qui sont utilisés dans une zone donnée ainsi que sur la sévérité des dommages attribués à chacun de ces équipements. À ceci s'ajoutent les dommages causés par l'aquaculture, l'exploitation des fonds et les zones d'ancrage. Les résultats ont été comparés avec les catégories UICN afin de déterminer si des différences importantes pouvaient en résulter (Horta e Costa et collab., 2016). Finalement, 5 classes d'AMP ont été définies (protection complète, très haute, modérée, faible et absente) et les AMP ont été classées en utilisant la somme des scores accordés aux diverses zones composant les AMP en tenant compte de leur superficie relative. Selon ces auteurs, on obtient ainsi un outil robuste et facile à utiliser offrant un système de classification qui peut mesurer les progrès obtenus et l'efficacité des systèmes de gestion mis en place par de nombreux pays pour les AMP. Les tenants de la classification UICN n'ont pas tardé à réagir (Dudley et collab., 2017) en reprochant à la classification de Hosta e Costa et collaborateurs une vision à court terme (pêcheries, forages et tourisme) et délaissant de multiples autres services fournis par les AMP et des efforts de conservation pour certaines espèces ou des sites non directement menacés par des activités commerciales.

En fait, la proposition de Hosta e Costa et collab. (2016) ne vise pas à remplacer le système des catégories de l'UICN, mais pousse à la réflexion et pourrait être d'une grande utilité pour aider les gouvernements à établir correctement la catégorisation de leurs AMP et, aussi, à évaluer le taux de succès de leurs efforts de protection. Au lieu de rejeter ce classement par types d'usage, il apparaît plus avisé de l'inclure dans un système plus holistique et pragmatique, à la fois basé sur la conservation et le mode de gestion, sur les risques causés par les usages anthropiques, y compris les aspects sociologiques et économiques, afin de dresser un portrait d'ensemble des AMP. Le Canada pourrait bénéficier de cette approche basée sur les usages.

Les AMP dans le monde

Le rapport 2016 du Centre mondial pour la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE-CMCN) fournit un état des lieux quant à la mise en place des AMP depuis l'adoption des objectifs d'Aichi pour la biodiversité (Marques et collab., 2014). Rappelons que l'objectif 6 de la convention sur la biodiversité s'énonce comme suit :

D'ici à 2020, tous les stocks de poissons et d'invertébrés et plantes aquatiques sont gérés et récoltés d'une manière durable, légale et en appliquant des approches fondées sur les écosystèmes, de telle sorte que la surpêche soit évitée, des plans et des mesures de récupération sont en place pour toutes les espèces épuisées, les pêcheries n'ont pas d'impacts négatifs marqués sur les espèces menacées et les écosystèmes vulnérables, et l'impact de la pêche sur les stocks, les espèces et les écosystèmes restent dans des limites écologiques sûres (UNEP-WCMC et IUCN, 2016).

De plus, l'objectif 11 d'Aichi précise les superficies relatives des aires terrestres et marines devant être protégées :

D'ici à 2020, au moins 17 % des zones terrestres et d'eaux intérieures et 10 % des zones marines et côtières, y compris les zones qui sont particulièrement importantes pour la

diversité biologique et les services fournis par les écosystèmes, sont conservées au moyen de réseaux écologiquement représentatifs et bien reliés d'aires protégées gérées efficacement et équitablement et d'autres mesures de conservation effectives par zone, et intégrées dans l'ensemble du paysage terrestre et marin. (UNEP-WCMC et UICN, 2016)

La Base de données mondiale sur les aires protégées (WDPA) est compilée à partir de jeux de données nationaux et régionaux, en étroite collaboration avec les agences gouvernementales et les organismes œuvrant pour la conservation de la nature. Ces données peuvent être consultées en ligne². La WDPA comprend uniquement les aires protégées qui correspondent aux définitions de l'UICN. En 2016, elle comptait 14 688 aires marines protégées (AMP), correspondant à 4,12 % (14 900 000 km²) de l'océan mondial et à 10 % des aires marines et côtières relevant d'une juridiction nationale (WDPA, 2016). La croissance récente des AMP est fortement centrée sur les eaux au large de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, des États-Unis, du Royaume-Uni et de l'Espagne.

Quelques exemples d'AMP notables de par le monde

Dans les sections suivantes, notre objectif est d'offrir au lecteur trois exemples concrets d'AMP créées et développées dans des contextes géographiques et politiques très différents, mais aussi avec des enjeux qui peuvent être assez proches les uns des autres. Le choix de ces exemples repose essentiellement sur la disponibilité d'une abondante documentation scientifique portant à la fois sur les caractéristiques biophysiques et écologiques des AMP choisies et sur les mécanismes administratifs et politiques ayant mené à leur création.

L'Australie et ses 42 parcs marins

L'hégémonie de l'Australie en matière de protection des aires marines n'a rien de spontané. La loi protégeant la Grande Barrière de corail au nord-est du continent australien a été promulguée en 1975 (*Great Barrier Reef Marine Park Act*) afin de protéger l'immense richesse écologique de cette zone côtière tout à fait unique. Ce parc possède aujourd'hui une superficie totale de 344 400 km². Sa gestion est sous la responsabilité d'une agence gouvernementale (*GBRMP Authority*) qui travaille en cogestion avec la province du Queensland pour conseiller le gouvernement sur les mesures à mettre en place pour assurer une protection à long terme du milieu marin et son utilisation durable³. En 2012, le gouvernement australien a restructuré et accru l'ensemble de ses aires marines en créant le plus grand réseau d'AMP au monde (*National Representative Network of Marine Protected Areas*) afin de protéger la majorité des espèces marines vivant le long des côtes australiennes et d'assurer une certaine connectivité entre les multiples parcs et réserves qui constituent ce réseau. Celui-ci s'étend sur 3,3 millions de km², compte pas moins de 42 parcs marins (appelés *Marine reserves*), quelques habitats protégés (UICN,

catégorie IV) et un grand nombre de zones à usages multiples ou spécifiques (UICN, catégorie VI).

Le réseau des *Commonwealth marine reserves* a été divisé en 6 vastes régions géographiques et couvre le tiers des eaux côtières australiennes. Chaque région possède ses propres objectifs de conservation puisque les espèces endémiques et migratrices, ainsi que les écosystèmes associés et les climats, varient considérablement tout autour du continent. Le réseau est constitué d'une mosaïque de différentes catégories d'AMP qui sont appelées *National Marine Park Zones* ou *Marine Sanctuaries* représentant 30 % de la superficie totale du réseau où la pêche est strictement prohibée (UICN, catégorie II). Le réseau a été mis en place pour minimiser les conséquences de la surpêche tout en gardant 90 % des eaux australiennes ouvertes à la pêche sportive et en réduisant au minimum les répercussions sur la pêche commerciale (Australian Government, 2016). Cependant, ce grand projet d'un réseau d'AMP entourant l'Australie a soulevé une énorme controverse politique et sociale dès 2012 de la part des pêcheurs commerciaux et des pêcheurs récréatifs, ainsi que des scientifiques, en particulier dans la zone de la mer de Corail qui borde la Grande Barrière corallienne du nord-est de l'Australie (Cressey, 2013). Le gouvernement Abbott, élu en 2013, a stoppé la mise en place des plans de gestion et remis en question les plans de zonage avec l'objectif de réduire les zones de protection sans prélèvement (Phillips, 2017).

La Grande Barrière de corail

Le parc marin du récif de la Grande Barrière (*Great Barrier Reef Marine Park*) a une superficie de 344 400 km² à partir de la pointe de Cape York au nord jusqu'à l'île Lady Elliot au sud avec une frontière à l'est de 70 à 250 km de la ligne de côte. Le parc comprend aussi environ 70 îles et îlots ainsi que toutes les eaux marines sous la marque de la marée basse, en excluant les eaux intérieures du Queensland et un certain nombre d'îles qui sont des propriétés privées ou gouvernementales (GBRMPA, 2014). Le plan de gestion décrit dans la loi australienne (*GBRM Act*, 1975) mentionne un certain nombre d'objectifs que l'on peut résumer comme suit :

- 1) prendre des mesures pour réduire ou éliminer les menaces qui peuvent peser sur les valeurs de conservation de la nature, les valeurs culturelles, historiques et scientifiques du parc marin;
- 2) assurer le rétablissement, la protection et la conservation des espèces et communautés écologiques en voie d'extinction, en péril ou vulnérables;
- 3) garantir que les activités à l'intérieur du parc marin soient gérées sur la base d'un usage écologiquement durable;
- 4) fournir les outils nécessaires à la gestion des conflits d'intérêts avec les usages et les valeurs du parc et assurer aux citoyens une participation aux activités récréatives du parc.

Sans que ce soit explicitement mentionné dans le texte de loi, ce sont les pêcheries récréatives, traditionnelles et commerciales, ainsi que la circulation maritime qui sont,

2. www.protectedplanet.net

3. <http://www.australia.gov.au/directories/australia/gbrmpa>

à cette époque, au cœur de la question de la protection de la biodiversité et des valeurs historiques du parc marin du récif de la Grande Barrière.

Dans les années qui ont suivi l'adoption de la loi, un long et complexe processus de zonage de la Grande Barrière a été entrepris par une équipe de spécialistes. De nombreux scientifiques du monde marin ont participé à la définition des écorégions et à l'identification des écosystèmes essentiels à protéger. Il a fallu 13 ans pour compléter les plans de zonage pour l'entièreté du parc marin. Des centaines de séances d'information et de consultation auprès des parties prenantes et du grand public ont été tenues (Osmond et collab., 2010). Un plan de zonage révisé et renforcé pour une meilleure protection de tous les écosystèmes du parc a été adopté en 2004, préservant plus du tiers du parc en zones sans prélèvement.

Presque 40 ans après la promulgation de la loi sur le parc de la Grande Barrière, les autorités font état des menaces et des défis de conservation qui doivent être relevés au cours des prochaines années (GBRMPA, 2014). Les auteurs constatent que même si des améliorations notables ont été apportées à la gestion des risques, comme une entente sur les pêches traditionnelles et une réduction des apports terrestres en polluants, certaines grandes menaces n'ont pas disparu. Ainsi, les changements climatiques, la piètre qualité des eaux de ruissellement, les effets du développement côtier constamment en progression et certains impacts résiduels de la surpêche demeurent des menaces majeures à la vitalité future de la Grande Barrière (GBRMPA, 2014). Le blanchiment de coraux deviendra plus fréquent dans le futur, étant donné l'augmentation constante de la température et de l'acidité de l'océan Pacifique. Les problèmes liés aux prises accidentelles (notamment de tortues marines), aux quotas trop élevés pour certaines espèces et à l'utilisation d'équipements de pêche non sélectifs et destructeurs des habitats restent présents et constituent des menaces additionnelles à long terme pour la conservation des écosystèmes du parc (GBRMPA, 2014). En conclusion, nous constatons que les difficultés rencontrées aujourd'hui par le parc marin de la Grande Barrière sont en bonne partie dues à des facteurs méconnus au moment de sa création en 1975. Des travaux de recherche sont urgents pour tenter de comprendre ce qui s'y passe véritablement et trouver comment intervenir pour minimiser les effets très néfastes déjà observés.

La réserve marine de la mer de Corail

Telle que proposée en 2012, la réserve marine de la mer de Corail (*Coral Sea Marine Reserve*) devait s'étendre jusqu'aux limites de la zone économique exclusive de l'Australie au nord-est et posséder une superficie totale de 989 842 km², dont 51 % se classaient dans la catégorie II de l'UICN. L'objectif premier était d'ajouter une vaste zone de protection d'habitats océaniques uniques au monde et d'assurer la connectivité avec les écosystèmes du parc de la Grande Barrière (Australian Government, 2016). Les principaux habitats à protéger sont ceux fréquentés par la baleine à bosse (*Megaptera*

novaeangliae) durant sa migration annuelle le long des côtes australiennes, les zones de nidification de la tortue verte (*Chelonia mydas*), les zones de nidification et d'élevage de multiples espèces d'oiseaux marins (noddis, sternes, frégates, fous), ainsi que les zones de distribution et d'agrégation du grand requin blanc (*Carcharodon carcharias*) et du requin-baleine (*Rhincodon typus*). De plus, le courant est-australien se forme en mer de Corail à partir du courant sud-équatorial et est considéré comme la route principale du déplacement de plusieurs grands prédateurs comme les thons et les marlins. La réserve inclut aussi les récifs, cayes et hauts fonds des plateaux du Queensland et Marion, ainsi que la chaîne des monts sous-marins Tasmantides.

Les enjeux centraux de la réserve marine de la mer de Corail ont été et restent sans aucun doute les pêcheries commerciales et le degré de protection pouvant être accordé à certaines zones spécifiques comme les récifs coralliens. Même si ce projet représente un apport majeur aux AMP australiennes, plusieurs scientifiques et observateurs ont émis des critiques importantes quant au réalisme du projet et aux réelles possibilités d'atteindre les objectifs fixés. Une première analyse quant aux coûts et bénéfices de la réserve a été publiée dès 2013 (Hunt, 2013). Dans sa discussion, l'auteur se fait très critique quant à l'établissement de cette réserve qui apporte peu de bénéfices quantifiables. Il blâme le gouvernement australien pour sa gestion déficiente des pêcheries de la région du Queensland, ce qui inclut la Grande Barrière et la mer de Corail. L'auteur suggère que des investissements importants sont nécessaires et urgents ailleurs que dans la mer de Corail, notamment pour fournir à l'Australie les moyens d'assurer son hégémonie auprès de la WCPFC (*Western Central Pacific Fisheries Commission*).

Le nouveau plan de gestion de la réserve marine de la mer de Corail déposé en juillet 2017 par le gouvernement australien (Director of National Parks, 2017) réduit considérablement la zone sans prélèvement (UICN, catégorie II) au profit d'une immense zone de catégorie IV, définie comme pouvant « conserver les écosystèmes, habitats et espèces dans un état aussi naturel que possible tout en permettant des activités qui ne causent pas la destruction des habitats benthiques ». Ce zonage permet la pêche commerciale avec permis. Pratiquement tous les types de pêche y sont autorisés, y compris les palangres pélagiques et la chasse sous-marine. Les filets maillants pélagiques et démersaux et les chaluts démersaux sont cependant exclus. Enfin, notons que le nouveau plan crée aussi une vaste zone de catégorie VI (tout type de pêche permis) dans la partie sud de la réserve, juste à la frontière avec le parc marin de la Grande Barrière. Ce nouveau plan est l'objet d'une vive controverse politique et scientifique en Australie (Phillips, 2017), notamment à cause de l'autorisation de la pêche à la palangre pour la capture du thon. Il s'agit très nettement d'un recul quant aux zones sans prélèvement et à la protection des récifs et îlots coralliens, considérés comme particulièrement fragiles aux changements climatiques et à la remontée du niveau marin.

La mosaïque des parcs marins de la Californie

Avant la mise en application de la Loi sur la protection de la vie marine (*Marine Life Protection Act*), l'État de la Californie possédait un total de 63 AMP couvrant à peine 2,7 % de ses eaux côtières, essentiellement situées de 0 à 5 km le long du littoral et autour de quelques îles (Gleason et collab., 2013). La mise en place de la nouvelle loi sur la protection de la vie marine, adoptée en 1999, avait pour principaux objectifs :

- 1) de protéger la diversité naturelle et l'abondance de la vie marine, ainsi que la structure, les fonctions et l'intégrité des écosystèmes marins;
- 2) de contribuer à soutenir, conserver et protéger les populations marines, y compris celles ayant une valeur économique ou en reconstruction après avoir été décimées;
- 3) d'accroître les possibilités de loisirs, d'éducation et de recherche fournies par les écosystèmes marins et gérer ces usages de manière à protéger la biodiversité;
- 4) de protéger l'héritage naturel marin, y compris les habitats marins représentatifs et uniques des eaux californiennes.

Le ministère californien de la chasse et de la pêche (*California Department of Fish and Game* maintenant devenu le *California Department of Fish and Wildlife*) a tenté à deux reprises, de 2000 à 2002, d'implanter un réseau d'AMP en vertu de la loi de 1999, mais il n'a pas réussi, entre autres à cause d'un manque de ressources provenant de l'État de la Californie et du peu d'acceptabilité sociale des propositions d'AMP développées essentiellement par des scientifiques et des gestionnaires gouvernementaux (Weible, 2008). Plus spécifiquement, il est fait état d'objectifs incohérents, désordonnés et flous, de la désignation scientifique des zones protégées sans égard aux parties prenantes, du manque d'expertise des intervenants en gestion des processus politiques d'implantation et d'une polarisation des intervenants en coalitions « pour » et « contre » les AMP. À ceci, il faut ajouter un échéancier beaucoup trop court au regard de la tâche à accomplir, surtout concernant les consultations publiques (Weible, 2008).

À la lumière de ces échecs, une toute nouvelle approche a été développée à partir de 2004, basée sur un partenariat public-privé (*California Marine Life Protection Act Initiative*) ayant pour mission de développer un plan directeur pour l'ensemble de l'État et de mener un processus régional de planification conduisant à un nouveau design des AMP californiennes existantes. Ce partenariat public-privé incluait un protocole d'entente spécifiant les rôles des agences gouvernementales et des fondations privées (type OBNL), établissant les livrables et les échéanciers et créant un groupe de travail multipartite (*Blue Ribbon Task Force*) pour superviser l'ensemble du processus (Kirlin et collab., 2013). L'initiative a été structurée de façon à apporter plus de ressources pour soutenir les efforts de planification au niveau régional, placer les scientifiques dans un rôle de conseillers et non de décideurs et, surtout, impliquer directement les parties

prenantes dans le design des propositions d'AMP. Ainsi, quatre grands chantiers régionaux (sans compter celui de la baie de San Francisco, qui constitue un chantier indépendant encore en gestation) ont été mis en place de 2004 à 2011 afin de redessiner les AMP existantes et proposer de nouvelles zones à protéger, un mécanisme conduisant à un intense processus de négociation (avec obligation de résultat) entre les intervenants eux-mêmes (les environnementalistes, d'une part, et les pêcheurs et exploitants divers, d'autre part), les gestionnaires gouvernementaux et les scientifiques, tous soucieux de protéger au mieux les espèces et les habitats en conformité avec la loi de 1999 (Gleason et collab., 2013). Ce n'est qu'en décembre 2012 que la commission responsable du plan directeur est parvenue à une proposition définitive qui tente de répondre à de multiples enjeux locaux, régionaux et nationaux.

Le nouveau réseau mis en place est constitué de 124 AMP protégeant 16 % des eaux côtières, y compris 61 AMP sans prélèvement, soit 9,4 % des eaux côtières californiennes. Le total des surfaces protégées est de 2 197 km². Le réseau compte aussi 15 enceintes spécifiquement consacrées à la protection des oiseaux et des mammifères marins⁴

On y trouve 5 types d'aires protégées définies en fonction du niveau de protection recherchée et des autorités chargées de leur gestion :

- 1) Les réserves marines offrent le plus haut degré de protection. Ce sont des aires sans prélèvement avec un accès limité à certaines zones spécifiques. Des travaux de recherche, de restauration, d'éducation et de surveillance peuvent y être autorisés avec permis (UICN, catégorie II).
- 2) Les aires marines de conservation se divisent en 2 sous-catégories et sont fréquemment situées en périphérie des réserves marines. Elles offrent des aires de protection sans prélèvement, si les gestionnaires déterminent que de tels prélèvements peuvent compromettre la protection des espèces, des habitats, des communautés naturelles et des éléments géologiques d'intérêt (UICN, catégories IV et V).
- 3) Les parcs marins (désignation rare) sont aussi des zones sans prélèvement commercial des ressources biologiques et minières. Elles offrent toutefois un plus grand accès aux activités récréatives et scientifiques, y compris la pêche récréative (UICN, catégories IV et V).
- 4) Les zones marines de gestion des activités de loisirs offrent un minimum de protection des ressources marines (UICN, catégorie VI). Le prélèvement des ressources aquatiques et minérales y est permis, dans le respect du développement durable des ressources.
- 5) Les enceintes marines spéciales sont destinées à protéger des zones de nidification, des échoueries et autres zones fréquentées par les oiseaux et mammifères marins en y restreignant les activités de plaisance à certaines périodes de l'année (UICN, catégorie IV).

4. <https://www.wildlife.ca.gov/Conservation/Marine/MPAs>

Les résultats sont impressionnants et l'expérience californienne est unique en soi. Elle fait appel à un modèle de partenariat privé-public à l'américaine difficilement exportable vers d'autres pays, mais elle nous enseigne surtout l'étonnante dose de ténacité, de sagacité et de lucidité dont toutes les parties prenantes ont dû faire preuve pour arriver à un consensus acceptable pour la plus grande partie des intervenants.

Le système canadien des AMP et le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent

L'approche canadienne des AMP diffère passablement de celles de l'Australie et des États-Unis. À ce jour, le réseau des AMP est nettement moins développé au Canada que dans les exemples décrits dans les sections précédentes. Selon les documents gouvernementaux canadiens en ligne⁵, le concept d'AMP utilisé au Canada se conforme bien aux objectifs de l'UICN et englobe une panoplie d'aires protégées fédérales, provinciales et territoriales ayant une composante marine. Le Canada définit ainsi son réseau d'AMP en devenir : « un ensemble d'aires marines protégées individuelles qui fonctionnent en collaboration et en synergie, à diverses échelles spatiales, et font l'objet de divers niveaux de protection, en vue d'atteindre des objectifs écologiques plus efficacement et plus exhaustivement que ne le feraient des sites individuels. » (Gouvernement du Canada, 2011).

Le développement des AMP au Canada

Dans un effort de planification et de concertation à l'échelle nationale impliquant à la fois les ministères fédéraux et provinciaux, un Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada (Cadre national) a été développé au début des années 2010. Il fournit des lignes directrices pour la conception d'un réseau national d'AMP (Gouvernement du Canada, 2011). On peut y lire que :

la Loi sur les océans du Canada de 1996 attribue un rôle de leadership et de coordination au ministre de Pêches et Océans Canada (MPO) pour l'élaboration et l'application d'un réseau national d'aires marines protégées dans le contexte de la gestion intégrée des environnements estuariens, côtiers et marins. La Stratégie sur les océans du Canada (2002), ainsi que le Plan d'action du Canada pour les océans (2005) connexe et le financement des initiatives Santé des océans (2007), comportent eux aussi d'autres engagements visant à réaliser des progrès significatifs en ce qui a trait à la planification et à l'avancement d'un réseau national d'AMP dans les trois océans du Canada. (Gouvernement du Canada, 2011)

Le tableau 2 résume les lois fédérales et provinciales (du Québec seulement) qui fournissent des mandats aux divers ministères et organismes concernant l'établissement et la gestion des AMP. On y voit bien la dispersion des mandats au sein de trois entités fédérales de même que les possibles conflits de juridiction avec les entités québécoises.

À ce jour, le Canada n'a pas de réseau d'AMP formellement établi, mais possède un petit nombre de territoires protégés

en vertu de l'une ou l'autre des lois mentionnées au tableau 2 et ayant une composante marine. Selon les dernières données disponibles de la base de données WDPA (consultée en février 2018), le Canada posséderait 7 642 aires protégées (toutes catégories confondues, y compris les désignations provinciales et territoriales) qui représentent un peu plus de 964 000 km² en milieu terrestre (9,7 % du total) et environ 50 000 km² en milieu marin, soit une très faible couverture de 0,87 % des eaux territoriales du Canada. On y trouve 95 désignations différentes, dont 8 AMP et un seul parc marin⁶. Des ajouts importants viendront modifier ces données en 2018.

Au cours des dernières années, le ministère des Pêches et Océans Canada a procédé à la désignation de quelques zones de protection marines (ZPM). Par exemple, la ZPM du Gully a été créée en mai 2004 pour protéger un écosystème unique et riche situé dans un canyon profond creusé à même la pente continentale de l'océan Atlantique, au large de la Nouvelle-Écosse (MPO, 2007). L'écologie de ce canyon présente des caractéristiques exceptionnelles, comme la présence de coraux d'eaux froides (Mortensen et Buhl-Mortensen, 2005), de la baleine à bec commune (*Hyperoodon ampullatus*) (Wimmer et Whitehead, 2004) et de nombreuses espèces de poissons. La ZPM couvre une superficie de 2 364 km² et est divisée en 3 zones de gestion : les zones 1 et 2 (le fond et les parois du canyon), et la zone 3 constituée des bancs peu profonds qui se trouvent de chaque côté du canyon (MPO, 2007). Bien qu'il soit généralement interdit de perturber, d'endommager, de détruire ou d'enlever tout organisme marin vivant ou toute partie de son habitat dans la zone de protection marine du Gully, d'importantes exceptions à cette règle sont prévues pour les titulaires de permis de pêche commerciale valides pour la pêche de poissons de fond et visant précisément le flétan, ainsi que ceux visant l'espadon, le thon et le requin dans les zones 2 et 3 (MPO, 2007).

La côte ouest canadienne a aussi accueilli quelques désignations de ZPM dont celle d'Endeavour qui se trouve à une profondeur de 2 250 m et à une distance de 250 km au sud-ouest de l'île de Vancouver, avec une superficie d'environ 100 km². Cette ZPM a pour objectif de protéger un système hydrothermal concentré sur un fossé tectonique d'environ 20 km de long. Site d'activités volcaniques et tectoniques, la zone Endeavour abrite un écosystème diversifié basé sur une communauté microbienne qui puise son énergie dans les produits chimiques dissous dans les panaches d'eau surchauffée par les échanges géothermiques (MPO, 2009).

Une récente annonce par Parcs Canada, en août 2017, portait sur la création de l'aire marine nationale de conservation (AMNC) Tallurutiup Imanga (Nunavut), une zone correspondant au détroit de Lancaster et au passage du Nord-Ouest. Ensemble, l'AMNC proposée dans la région de Tallurutiup Imanga/détroit de Lancaster, le parc national Sirmilik, le Refuge d'oiseaux migrateurs de l'île Prince Leopold et la Réserve nationale de faune de Nirjutiqavvik totalisent une surface de plus de 131 000 km². Des ententes restent à finaliser avec les communautés inuites. Il s'agit d'un habitat essentiel

5. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/publications/mpafaq-rqfzpm/index-fra.html>

6. <https://www.protectedplanet.net/country/CAN>

Tableau 2. Liste des principales lois des gouvernements du Canada et du Québec définissant les termes par lesquels des aires marines protégées ont été ou pourront être établies. Source : Gouvernement du Canada, 2011.

Loi ou règlement	Type de zone	Ministère ou organisme responsable de l'application de la loi	Raison d'être
Loi sur les océans, L.C. 1996, ch. 31	Zone de protection marine établie en vertu de la Loi sur les océans (ZPMLO)	Pêches et Océans Canada (MPO)	Assurer la conservation et la protection des poissons, des mammifères marins et de leur habitat; ainsi que des zones uniques et des zones de forte productivité ou de grande diversité biologique.
Loi sur les aires marines nationales de conservation du Canada, L.C. 2002, ch.18	Aire marine nationale de conservation (AMNC)	Parcs Canada (PC)	Assurer la conservation et la protection d'exemples représentatifs du patrimoine marin canadien, qu'il soit naturel ou culturel, et offrir au public des occasions d'enrichir ses connaissances et de profiter de ce patrimoine.
Loi sur les parcs nationaux du Canada, L.C. 2000, ch. 32	Parc national	PC	Assurer la protection d'exemples représentatifs du patrimoine naturel du pays, pour que les Canadiens puissent en profiter et enrichir leurs connaissances.
Loi sur les espèces sauvages au Canada, L.R. 1985, ch. W-9	Réserve nationale de faune	Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)	Assurer la conservation et la protection de l'habitat de multiples espèces sauvages, y compris les oiseaux migrateurs et les espèces en péril.
Loi sur les espèces en péril, L.C. 2002, ch. 29	Habitat essentiel protégé	MPO, PC et ECCC	Protéger et rétablir les espèces sauvages en péril au Canada.
Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, L.C. 1997, ch. 37	Parc marin du Saguenay–Saint-Laurent	PC et Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq)	Protéger particulièrement une zone désignée du Saguenay et du fleuve Saint-Laurent comprise dans cette aire protégée.
Loi sur la conservation du patrimoine naturel, L.R.Q., 2002, ch C- 61.01 (amendée 2017)	Réserve aquatique	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)	Protéger une partie ou la totalité d'un plan ou d'un cours d'eau, y compris les milieux humides connexes, en raison de la valeur exceptionnelle qu'il présente du point de vue scientifique, en matière de biodiversité ou pour la conservation de la diversité de ses biocénoses ou de ses biotopes.
Loi sur les parcs, L.R.Q. 1977, ch. P-9	Parc national (conservation et récréation)	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs	Les parcs du Québec sont des aires protégées dans un but de conservation et pour permettre des activités récréatives. Le parc national du Bic comprend une composante marine littorale et insulaire.

pour des espèces telles que l'ours polaire (*Ursus maritimus*), la baleine boréale (*Balaena mysticetus*), le narval (*Monodon monoceros*) et le béluga (*Delphinapterus leucas*)⁷. Ce territoire représentera 1,9 % des AMP canadiennes.

À partir de l'automne 2017, Pêches et Océans Canada a commencé l'annonce d'une série de mesures de gestion des pêches commerciales par l'établissement de « refuges marins » pour les poissons, les mammifères et leurs habitats. Il s'agit de mesures de conservation qui restreignent ou interdisent certaines activités de pêche ou de cueillette dans des secteurs géographiques bien définis. MPO définit ainsi l'établissement des refuges marins :

Une mesure de conservation [qui] doit répondre à cinq critères pour contribuer aux objectifs de conservation marine du Canada : l'emplacement géographique doit être clairement défini; l'objectif de conservation ou de gestion des stocks doit être directement lié à une espèce ou un habitat important; la zone doit contenir une espèce et un habitat important; les mesures doivent être à long terme; les mesures doivent protéger les espèces importantes et leur

habitat contre les pressions actuelles et prévisibles. À partir de ces critères, certaines zones existantes dans les eaux canadiennes, où les mesures de gestion des pêches permettent de fournir un refuge marin en vue de protéger les poissons, les mammifères marins et les habitats, ont été délimitées. D'autres mesures de gestion des pêches seront évaluées et pourraient contribuer également aux objectifs de conservation du Canada. (MPO, communiqué de presse, 6 juin 2017⁸)

Citons en exemple la mise en place de mesures de conservation pour les coraux et les éponges dans la biorégion de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les sites proposés ont une superficie totale de 9665 km² et couvrent des profondeurs de 54 m à 486 m. À partir de 2018, les sites seront fermés à tout engin de pêche touchant le fond, notamment le chalut de fond, la drague, les filets maillants, la palangre de fond, la seine de fond et les casiers. Il s'agit d'une première étape menant à la mise en place d'un véritable réseau d'AMP dans le golfe du Saint-Laurent (MPO, 2015; 2016-2017). Selon le MPO⁹,

7. <https://www.pc.gc.ca/fr/amnc-nmca/cnamnc-cnmca/lanca-ster/rapp-ort-report>

8. <https://www.canada.ca/fr/peches-oceans/nouvelles/2017/06/des-refuges-marins-travailler-avec-les-pecheurs-pour-protoger-les-cotes.html>

9. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/oeabcm-amcepz/refuges/index-eng.html>

en date du 21 décembre 2017, l'ensemble des désignations de refuges marins devrait représenter approximativement 275 000 km², soit une protection de 4,78 % du territoire marin du Canada. En incluant les AMP existantes et les refuges marins, le gouvernement canadien affirme protéger 446 000 km² ou 7,75 % des milieux côtiers canadiens.

Il faut cependant nuancer cette affirmation. Les refuges marins ne sont pas des AMP au sens donné par l'UICN. La réglementation édictée par MPO pour les refuges marins ne porte que sur les pêcheries commerciales et récréatives pour les espèces dûment mentionnées, une réglementation en conformité avec l'application de la Loi sur les océans du Canada. À notre connaissance, les refuges marins ne comportent pas de restrictions sur les autres activités anthropiques qui pourraient menacer l'écosystème global s'étendant sur l'entièreté de la colonne d'eau comme l'exploration sismique, le trafic maritime, les activités minières sous-marines, l'implantation d'infrastructures immergées et la pêche commerciale aux espèces non spécifiquement mentionnées dans la description dudit refuge. Il apparaît difficile de classer les refuges marins canadiens dans l'une ou l'autre des définitions données par l'UICN (tableau 1). Il pourrait s'agir au mieux d'une catégorie VI offrant une protection minimale pour une partie de l'écosystème (surtout benthique) et laissant libre cours aux autres activités anthropiques. Les intervenants (associations de pêcheurs et communautés autochtones) ont été consultés (ou plutôt informés) de la mise en place des refuges marins, mais il n'existe aucune consultation ou interaction avec d'autres intervenants socioéconomiques et gouvernements régionaux. Au Canada, la mise en place des AMP rencontre un sérieux problème de dispersion et de fragmentation des pouvoirs réglementaires provenant de diverses lois fédérales et provinciales (tableau 2) qui n'ont pas été sanctionnées spécifiquement pour la création et la gestion à long terme des AMP. Les agences et ministères travaillent trop souvent en silo, sans véritables outils de coordination de leurs actions sur le terrain.

Le cas bien particulier du PMSSL

Les aspects historiques de la création du PMSSL sont décrits en détail dans un autre article de ce numéro thématique du *Naturaliste canadien* (Maltais et Pelletier, 2018) et ne sont pas repris ici. Plusieurs des caractéristiques géomorphologiques et océanographiques du parc marin ont fait l'objet d'articles publiés en 2009 à l'occasion du 10^e anniversaire du PMSSL dans un numéro thématique de la *Revue des sciences de l'eau* (Bolduc et Duchesne, 2009; Locat et Levesque, 2009; Ménard, 2009; Saucier et collab., 2009). Rappelons brièvement que la superficie du PMSSL est de 1 246 km², qu'il comporte un fjord profond avec une colonne d'eau stratifiée et bien oxygénée, un estuaire maritime avec une puissante remontée d'eau (*upwelling*) générée par une remontée brusque du fond marin et un estuaire peu profond et bien mélangé recevant les eaux du fleuve Saint-Laurent en amont de l'île aux Coudres. La zone de remontée des eaux profondes à la tête du chenal Laurentien combine plusieurs

facteurs océanographiques faisant de ce site le plus favorable à l'agrégation du krill dans le nord-ouest de l'Atlantique et créant une zone exceptionnelle d'alimentation pour les baleines et les oiseaux marins (Simard, 2009). Le parc marin est soumis à une forte activité anthropique, qui comprend une circulation maritime intense (navires marchands, traversiers, croisiéristes et plaisanciers), une anthropisation croissante des berges et un apport constant de contaminants provenant des eaux douces du fleuve Saint-Laurent et de la rivière Saguenay, une situation déjà bien documentée au moment de la mise en place du parc marin (Dionne, 2001; Savaria et collab., 2003).

La particularité du PMSSL est qu'il a été créé sur la base d'une entente bilatérale Canada-Québec signée en 1990, conduisant à l'adoption de lois miroirs fédérale/provinciale en 1997. Cette approche très spécifique permettait de contourner la nécessité pour Parcs Canada de devenir propriétaire des terres et des fonds marins, droits que le Québec ne voulait pas céder. L'objectif du parc est énoncé dans la Loi sur le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent (L.C. 1997, ch.37) :

La présente loi a pour objectif de rehausser, au profit des générations actuelles et futures, le niveau de protection des écosystèmes d'une partie représentative du fjord du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent aux fins de conservation, tout en favorisant son utilisation à des fins éducatives, récréatives et scientifiques (L.C. 1997, ch 37).

Quoique les objectifs soient moins détaillés ici que dans les lois australienne et californienne décrites précédemment, on voit l'intention du législateur de conserver et de protéger, tout en ménageant des utilisations éducatives, récréatives et scientifiques. Cependant, il faut bien voir que cette loi n'exclut en rien les activités anthropiques qui sont encadrées par d'autres lois fédérales et provinciales. Ainsi, les pêcheries commerciales et récréatives restent sous l'autorité exclusive de Pêches et Océans Canada, le transport maritime est réglementé par Transports Canada et toute la réglementation sur la contamination des eaux et des sédiments est sous la responsabilité partagée d'Environnement et Changement climatique Canada et du ministère québécois du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), selon leurs compétences respectives. Pour aider le parc marin à atteindre ses objectifs légaux tout en conciliant les responsabilités des autres ministères, un comité d'harmonisation a été chargé de la mise en œuvre des activités et des programmes du gouvernement du Québec et du gouvernement du Canada à l'égard du parc (conservation et protection, planification, délivrance de permis, programmation d'activités, partage d'infrastructures, installations et équipements). Ce comité permanent se réunit au besoin et est formé de représentants du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et de la Sépaq (Société des établissements de plein air du Québec), d'une part, et de représentants de Parcs Canada et du PMSSL, d'autre part. Enfin, notons qu'un comité d'arrimage (non défini par la loi) entre le PMSSL et la direction régionale de Pêches et Océans Canada se réunit deux fois par année pour

discuter des divers dossiers liés à la gestion des pêches sur le territoire du parc marin et les zones environnantes.

Autre innovation en matière de gestion participative, la Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent crée un comité de coordination chargé de recommander aux ministres provincial et fédéral les mesures à prendre pour la réalisation des objectifs du Plan directeur. Il s'agit d'un comité permanent, composé de 4 représentants issus de communautés locales (municipalités régionales de comté), d'un représentant de la Première Nation des Innus Essipit, de 3 représentants non élus des milieux de la science, de l'interprétation et de l'éducation, ainsi qu'un délégué de Parcs Canada et d'un délégué provenant du gouvernement du Québec. Le directeur du parc marin et le directeur du parc national du Fjord-du-Saguenay (Sépaq) sont présents à toutes les réunions du comité de coordination afin de fournir les informations pertinentes aux délibérations du comité. Au fil des années, le comité de coordination a mis en place 4 comités-conseils (marketing et signalisation, gestion des écosystèmes et recherche, aménagements et immobilisations, éducation et interprétation) composés de gestionnaires gouvernementaux et locaux, d'intervenants du milieu, de consultants experts et d'un représentant de la Première Nation des Innus Essipit. Ces comités-conseils reçoivent leurs mandats du comité de coordination et doivent fournir des avis sur divers dossiers touchant la mise en application du Plan directeur et tout autre enjeu concernant les objectifs de conservation du parc marin. Cette gouvernance participative constitue une forme de gouvernement où l'on reconnaît comme légitime la dynamique interne développée entre les intervenants étatiques et non étatiques, et où l'objectif est de favoriser la confiance interpersonnelle devant mener à une stabilisation des attentes et à un équilibre dans les rapports d'autorité et de pouvoir de l'État et ceux des intervenants du milieu (Lequin, 2003).

Cette culture de la concertation entre les gestionnaires gouvernementaux, les représentants locaux et les groupes d'intérêt s'est développée dès le début du processus parce que la pression populaire sur les politiciens a joué un rôle moteur dans la préparation de l'entente Québec-Canada de 1990, qui pavait la voie à la création du parc marin (Guénette et Alder, 2007; Lequin, 2003; Maltais et Pelletier, 2018). La création de la Coalition pour le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent en 1988 et la tenue, la même année, du Forum international pour la survie du béluga à Tadoussac sont des exemples de la concertation du milieu et de la volonté des intervenants à proposer une solution audacieuse aux enjeux de conservation d'un milieu exceptionnel et de protection de la population de bélugas (Maltais et Pelletier, 2018). La création du parc n'a pas soulevé de conflits majeurs. On ne trouvait qu'un seul permis de pêche commercial, soit une petite exploitation de pêche aux pétoncles, et quelques activités de pêche récréative en hiver qui sont suivies par Pêches et Océans Canada (voir Gauthier, 2018).

Évaluation des AMP

Les réseaux d'AMP d'Australie et de Californie sont trop récents pour être soumis à un processus rigoureux d'évaluation

quant aux effets bénéfiques ou néfastes sur les espèces et les écosystèmes se trouvant à l'intérieur ou en périphérie des AMP, ainsi qu'aux conséquences socioéconomiques à long terme causées par l'implantation des réseaux d'AMP. Cependant, de nombreuses évaluations comparatives ont été faites pour des AMP individuelles établies depuis plus longtemps et disposant de données environnementales et socioéconomiques suffisamment importantes permettant une méta-analyse comparant de multiples variables (Babcock et collab., 2010; Edgar et collab., 2009; Lester et collab., 2009; Sadio et collab., 2015; Villamor et Becerro, 2012). Une importante équipe internationale menée par des chercheurs australiens (Edgar et collab., 2014) a montré que les succès de conservation des AMP (essentiellement des zones de récifs coralliens) étaient fonction de 5 caractéristiques essentielles : 1) le niveau de prélèvement permis dans l'AMP; 2) le degré de mise en application de la réglementation; 3) l'âge de l'AMP; 4) la taille de l'AMP et 5) le relatif isolement des AMP permettant ou non l'exportation de la biomasse à l'extérieur de ses frontières. Les auteurs ont examiné les données de 987 sites répartis dans 87 AMP, partout dans le monde, et ont établi des comparaisons statistiques avec plus de 1 000 sites hors AMP. Les résultats montrent que les AMP possédant 4 à 5 des caractéristiques essentielles (non-prélèvement, réglementation bien appliquée, plus de 10 ans, plus de 100 km² et isolement relatif) présentent une forte augmentation de la biomasse totale des poissons, y compris la biomasse des grands poissons prédateurs. Tous les facteurs contribuent à ce résultat et en particulier celui de l'isolement géographique, un effet attribué au fait que les poissons ne quittent pas leur habitat protégé faute d'habitats acceptables hors frontière et aussi au fait que les AMP isolées sont plus faciles à contrôler et à protéger du braconnage. Malgré leur capacité à s'éloigner des zones protégées, les grands poissons pélagiques (requins et thons) semblent profiter grandement de la protection des AMP (Edgar et collab., 2014). Les sites d'AMP possédant seulement une ou deux caractéristiques essentielles ne présentent aucune différence significative de leur biomasse avec les sites hors AMP. Cela montre, par exemple, qu'une AMP de grande surface avec un statut sans prélèvement peut échouer dans son rôle de conservation si les autres caractéristiques ne sont pas présentes. Cette étude montre aussi que la biodiversité des poissons n'augmente pas de façon significative dans les AMP, même celles possédant 4 à 5 des caractéristiques essentielles. L'explication la plus probable tient au fait que la présence des grands prédateurs tend à réduire l'abondance et la diversité des petits poissons, qui étaient artificiellement « protégés » avant l'installation de l'AMP par la forte mortalité des grands poissons attribuable à la surpêche (Babcock et collab., 2010). Le même phénomène est aussi observé dans les AMP de la Californie où des poissons prédateurs des oursins, maintenant protégés de la surpêche, réduisent les populations d'oursins, ce qui entraîne l'augmentation du couvert des forêts d'algues géantes (*Macrocystis* sp. et *Nereocystis* sp.) (Selden et collab., 2017).

L'évaluation de l'efficacité des AMP se révèle d'une grande complexité, mais des outils de plus en plus sophistiqués

utilisant les métadonnées sont en développement et devraient devenir disponibles au cours des prochaines années. De tels outils sont essentiels pour les gestionnaires des AMP et des réseaux d'AMP qui doivent optimiser la protection de la biodiversité marine en mettant l'accent sur une meilleure conception des AMP en fonction des habitats, des écosystèmes et des contraintes socioéconomiques.

Implantation des AMP : les clés du succès

Les expériences vécues aux États-Unis, en Australie, au Canada et dans plusieurs autres pays au cours des 20 dernières années ont permis de tirer d'importantes leçons quant aux facteurs de succès de l'implantation des AMP individuelles. D'abord, il faut un cadre législatif clair et une volonté politique forte, accompagnés des moyens financiers nécessaires au développement des structures administratives et à la mise en place des plans directeurs. Ensuite, il faut identifier les stratégies qui guideront un processus de planification public et transparent menant à des propositions d'AMP individuelles ou en réseau, propositions qui doivent s'appuyer sur des avis scientifiques rigoureux et obtenir un fort soutien de la part des intervenants du milieu (Gleason et collab., 2010). Un autre élément essentiel de succès est la nécessité de définir clairement les rôles et responsabilités des multiples intervenants dans le processus de planification et d'implantation. Les intervenants sont nombreux (pêcheurs regroupés ou individuels, plongeurs, excursionnistes, pilotes, fournisseurs de services, plaisanciers, groupes écologistes, communautés autochtones, scientifiques et chercheurs, collectifs d'artistes, gestionnaires gouvernementaux, gouvernements locaux et divers organismes privés) et présentent le plus souvent des intérêts divergents et même franchement conflictuels, même si tous adhèrent aux grands principes du développement durable et de la protection des écosystèmes marins. Il apparaît nécessaire d'attribuer des rôles précis à ces intervenants dans le développement des AMP et de ne pas se contenter de les écouter passivement. Les camps opposés doivent parvenir à s'entendre par le jeu d'une négociation franche et ouverte sous la supervision de gestionnaires éclairés et impartiaux. En amont des discussions et des négociations, il faut tenter d'identifier qui sont les intervenants crédibles et ayant des intérêts culturels, sociaux et économiques au sein du territoire visé par le projet d'AMP. Il faut aussi trouver un mécanisme permettant d'équilibrer les intérêts conflictuels et mettre en place un processus d'harmonisation des buts et des aspirations de chacun. Chaque intervenant ou groupe d'intervenants doit se voir attribuer des responsabilités et des devoirs. Il ne suffit pas de défendre vigoureusement son point de vue et tenter d'influencer certaines décisions; il faut apporter des solutions et des compromis acceptables pour la majorité des participants (Gleason et collab., 2010).

Les travaux en Californie et ailleurs ont montré la nécessité d'établir la crédibilité du processus dans une toute première étape de la démarche vers une AMP. Il apparaît essentiel de définir et faire connaître les buts et les objectifs de l'établissement d'un réseau d'AMP et démontrer qu'ils

sont cohérents avec le cadre législatif. Il faut fournir des avis scientifiques concis et précis basés sur les meilleures connaissances disponibles ainsi que sur les données des utilisateurs qui ont souvent une excellente connaissance des zones exploitées ou exploitables. Tous ces avis viennent en support à la prise de décision commune des intervenants et ne servent pas à établir une proposition d'AMP qui serait formulée en amont des consultations. Enfin, il faut faire preuve d'ouverture quant à la formulation d'autres propositions d'AMP provenant des intervenants et qui se conformeraient aux objectifs législatifs et aux avis scientifiques de faisabilité tout en minimisant les impacts socioéconomiques (Gleason et collab., 2010).

Dans une analyse approfondie et critique récente, Chuenpagdee et collab. (2013) ont examiné les facteurs de succès et d'échec de quelques projets d'AMP menés en Espagne et au Mexique au cours des années 2000-2010. Les auteurs parviennent à un certain nombre d'observations, d'enjeux et de conclusions qui nous apparaissent cruciaux. Ainsi, les auteurs démontrent que les principales causes d'échec apparaissent dès le premier stade du processus, lors de la conception de l'idée d'AMP, de la communication et de la discussion avec les intervenants. Les exemples cités montrent que les jeux de pouvoir entre les intervenants, ainsi que les enjeux politiques souvent plus larges que le contexte même de l'AMP, se manifestent tôt dans le processus d'implantation et peuvent entraîner le projet vers sa perte. Pour cette raison, il est important que les gestionnaires d'AMP prennent clairement conscience des risques politiques, des écueils et des pièges que peut comporter le lancement d'un projet d'AMP. Les auteurs rappellent que la mise en place d'une AMP n'est pas seulement une mesure technique de gestion, mais une « entreprise sociopolitique » (Chuenpagdee et collab., 2013). L'établissement d'une AMP est le plus souvent influencé et même orienté par plusieurs groupes d'intérêts avec des objectifs différents. Les politiciens locaux et nationaux veulent utiliser l'AMP pour démontrer leurs réussites et obtenir une reconnaissance des instances internationales quant à l'atteinte de leurs objectifs. Les utilisateurs des ressources veulent conserver leurs acquis et régler certains irritants parfois accumulés depuis longtemps. Les militants environnementaux veulent démontrer l'utilité de leurs actions et leur capacité d'influencer les décideurs publics. Les scientifiques, aussi bien en sciences naturelles qu'en sciences sociales et économiques, veulent démontrer l'importance de baser des décisions aussi déterminantes sur des données et des connaissances approfondies des milieux naturels et des enjeux socioéconomiques et politiques. Enfin, les gestionnaires sont tenus de mettre en œuvre les lois adoptées par les législateurs et veulent montrer leur habileté à résoudre des problèmes sociétaux complexes.

Implantation des réseaux d'AMP

Plusieurs auteurs ont souligné que le développement des réseaux d'AMP apporte un degré de difficulté supplémentaire par rapport à l'établissement d'AMP isolées (Ardron, 2008; Dudley et Hockins, 2017; Ross et collab., 2017). Ces auteurs

recommandent d'aborder résolument 5 objectifs prioritaires pour le développement harmonieux d'un réseau d'AMP :

- 1) Développer des arguments écologiques, sociologiques et culturels pour promouvoir l'augmentation des zones sans prélèvement, le meilleur outil de préservation des écosystèmes très fragiles dont les composantes s'étendent sur plusieurs sites proches ou apparentés. Il faut démontrer la légitimité et la nécessité d'établir de tels réseaux et ainsi obtenir l'acceptabilité des parties prenantes et du public en général.
- 2) Créer des réseaux d'AMP qui sont «écologiquement cohérents» à partir des meilleures données scientifiques disponibles sur la connectivité à l'intérieur des réseaux. Idéalement, les réseaux d'AMP devraient maintenir les structures, fonctions et processus des éléments qu'on veut protéger, établir un fonctionnement synergique de façon à ce que les sites individuels à protéger profitent du succès des autres, et ainsi assurent la résilience aux conditions changeantes actuelles.
- 3) Encadrer la volonté politique de créer des réseaux d'AMP pour satisfaire les engagements nationaux et internationaux. Trop d'AMP créées dans l'urgence, sans une volonté véritable de les mettre en application avec les moyens nécessaires, conduisent à des pseudo-réseaux d'AMP (*paper parks*) et ne contribuent pas aux objectifs de conservation des environnements marins.
- 4) Réaliser des études rigoureuses pour évaluer les bénéfices des AMP et rendre publics leurs résultats en toute transparence. La science de l'évaluation des réseaux d'AMP est balbutiante, mais les outils d'utilisation des métadonnées sont en progression rapide et leur application aux AMP doit être favorisée.
- 5) Porter attention aux leçons apprises des AMP à succès et des réseaux d'AMP déjà bien implantés. Il importe de trouver des sites de démonstration pouvant servir d'exemples pour des AMP qui peinent à maintenir leurs ressources marines, faute de moyens financiers pour faire appliquer la réglementation, combattre le braconnage et prévenir les actions hautement dommageables pour l'environnement (déversements, dragages).

Conclusion

L'adoption, en octobre 2010, du Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 (les objectifs d'Aichi) et les engagements fermes de nombreux pays côtiers à protéger d'importantes portions de leurs eaux territoriales pour 2020 ont provoqué une certaine frénésie chez les politiciens et les gestionnaires qui ont senti l'urgence d'agir. Plusieurs scientifiques et observateurs des milieux de la conservation et de la protection environnementale ont critiqué des objectifs trop ambitieux et des échéanciers trop courts, en particulier pour des pays n'ayant pas les ressources matérielles et les expertises techniques et scientifiques pour développer des aires marines protégées. Les expériences relatées dans les paragraphes précédents montrent qu'il faut beaucoup de temps

(souvent de 10 à 15 ans) et des moyens financiers considérables (des dizaines de millions de dollars) pour parvenir à établir des AMP qui répondent aux objectifs de conservation énoncés par le Plan stratégique de 2011-2020. Des approches très différentes selon les pays (planification étatique en réseau suivie de consultations extensives, négociation forcée entre les intervenants pour parvenir à établir un réseau, actions séparées de ministères et agences selon leurs champs de compétence pour ensuite tenter d'établir un réseau) montrent des succès certains, mais aussi des échecs évidents. La mise en place des AMP au cours des 40 dernières années a aussi montré toutes les difficultés à maintenir les acquis territoriaux (surtout pour les zones sans prélèvement) et à déployer les moyens nécessaires pour réduire au minimum les menaces provenant des captures accidentelles, du braconnage, de la pêche illégale, des déversements de produits toxiques en mer, du ruissellement des eaux usées et du dérangement causé par le bruit sous-marin.

À ces facteurs anthropiques directs s'ajoutent des facteurs climatiques (acidification, réchauffement, remontée du niveau marin et événements extrêmes) qui n'étaient pas même mentionnés il y a 50 ans, mais qui sont maintenant perçus comme des sources de stress hors normes sur lesquels il est impossible d'agir à court terme. Au Canada, avec le réchauffement sans précédent du golfe du Saint-Laurent, à partir du détroit de Cabot (Galbraith et collab., 2017), on peut s'attendre à une érosion de la niche «subarctique» et le remplacement des espèces qui en font partie par d'autres qui remontent de l'Atlantique nord et du golfe du Maine. Les AMP sont des outils essentiels pour faire face aux changements lourds et irréversibles qui vont se poursuivre au cours du 21^e siècle. Il y a urgence pour les pays post-industriels riches à pousser le développement de leurs réseaux d'AMP, mais aussi, et surtout à apporter une contribution majeure et soutenue à l'aide internationale pour les pays en développement pour sauver des écosystèmes marins en péril, notamment le long des côtes africaines et asiatiques.

Remerciements

L'auteur remercie sincèrement la contribution précieuse de deux évaluateurs anonymes quant au contenu scientifique du manuscrit, ainsi que l'équipe du *Naturaliste canadien* pour leur révision linguistique et stylistique du texte. ◀

Références

- AGARDY, T., P. BRIDGEWATER, M.P. CROSBY, J. DAY, P.K. DAYTON, R. KENCHINGTON, D. LAFFOLEY, P. MCCONNEY, P.A. MURRAY, J.E. PARKS et L. PEAU, 2003. Dangerous targets? Unresolved issues and ideological clashes around marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 353-367.
- AL-ABDULRAZZAK, D. et S.C. TROMBULAK, 2012. Classifying levels of protection in marine protected areas. *Marine Policy*, 36: 576-582.
- ARDRON, J.A., 2008. The challenge of assessing whether the OSPAR network of marine protected areas is ecologically coherent. *Hydrobiologia*, 606: 45-53.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2016. Australian marine parks - current management arrangements. Disponible en ligne à : <http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/overview/management>. [Visité le 2017-10-02].

- BABCOCK, R.C., N.T. SHEARS, A.C. ALCALA, N.S. BARRETT, G.J. EDGAR, K.D. LAFFERTY, T.R. MCCLANAHAN et G.R. RUSS, 2010. Decadal trends in marine reserves reveal differential rates of change in direct and indirect effects. *Proceeding of National Academy of Science*, 107 : 18256-18261.
- BOLDUC, A. et M.-J. DUCHESNE, 2009. Découverte de mégadunes dans l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent, Québec, Canada. *Revue des sciences de l'eau*, 22 : 125-134.
- CHUENPAGDEE, R., J.J. PASCUAL-FERNANDEZ, E. SZELIANSZKY, J.L. ALEGRET, J. FRAGA et S. JENTOFT, 2013. Marine protected areas: Re-thinking their inception. *Marine Policy*, 39 : 234-240.
- CRESSEY, D., 2013. Australia's plans for sea havens 'flawed'. *Nature Infocus News*, 495 : 155.
- DAY, J.C. et J.C. ROFF, 2000. Planning for representative marine protected areas: A framework for Canada's oceans. *World Wildlife Fund Canada*, Toronto, 147 p.
- DAY, J.C., N. DUDLEY, M. HOCKINGS, G. HOLMES, D. LAFFOLEY, S. STOLTON et S. WELLS, 2012. Application des catégories de gestion aux aires protégées: lignes directrices pour les aires marines. Gland, Suisse : UICN, 36 p.
- DIONNE, S. (sous la direction de), 2001. Plan de conservation des écosystèmes du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Parc Canada, parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, Québec, 538 p.
- DIRECTOR OF NATIONAL PARKS, 2017. Draft Coral Sea Commonwealth Marine Reserve management plan 2017, Director of National Parks, Canberra.
- DUDLEY, N. (sous la direction de), 2008. Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées. Gland, Suisse : UICN, 96 p.
- DUDLEY, N. et M. HOCKINGS, 2017. Marine protected area governance and effectiveness across networks. Dans : Goriup, P.D. (édit.). *Management of marine protected areas: A network perspective*. John Wiley & Sons, 312 p.
- DUDLEY, N., J. DAY, D. LAFFOLEY, M. HOCKINGS et S. STOLTON, 2017. Defining marine protected areas: A response to Horta e Costa et al. *Marine Policy*, 77 : 191-192.
- EDGAR, G.J., N.S. BARRETT et R.D. STUART-SMITH, 2009. Exploited reefs protected from fishing transform over decades into conservation features otherwise absent from seascapes. *Ecological Applications*, 19 : 1967-1974.
- EDGAR, G.J. et 24 auteurs, 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506 : 216-220.
- FITZSIMONS, J.A., 2011. Mislabeling marine protected areas and why it matters – a case study of Australia. *Conservation Letters*, 4 : 340-345.
- GALBRAITH, P.S., J. CHASSÉ, C. CAVERHILL, P. NICOT, D. GILBERT, B. PETTIGREW, D. LEFAIVRE, D. BRICKMAN, L. DEVINE et C. LAFLEUR, 2017. Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016. *Pêches et Océans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2017/044*, Ottawa. vi + 91 p.
- GAUTHIER, J., 2018. Le programme de suivi de la pêche récréative hivernale aux poissons de fond dans le fjord du Saguenay: un effort collectif. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 115-126.
- [GBRMPA] GREAT BARRIER REEF MARINE PARK AUTHORITY, 2014. *Great Barrier Reef Outlook Report 2014*, Townsville, Australia, 309 p.
- GLEASON, M., S. MCCREARY, M. MILLER-HENSON, J. UGORETZ, E. FOX, M. MERRIFIELD, W. MCCLINTOCK, P. SERPA et K. HOFFMAN, 2010. Science-based and stakeholder-driven marine protected area network planning: A successful case study from north central California. *Ocean & Coastal Management*, 53 : 52-68.
- GLEASON, M., E. FOX, S. ASHCRAFT, J. VASQUES, E. WHITEMANE, P. SERPA, E. SAARMAN, M. CALDWELL, A. FRIMODIG, M. MILLER-HENSON, J. KIRLIN, B. OTA, E. POPE, M. WEBER et K. WISEMAN, 2013. Designing a network of marine protected areas in California: Achievements, costs, lessons learned, and challenges ahead. *Ocean & Coastal Management*, 74 b : 90-101.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, 2011. Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada. *Pêches et Océans Canada*, Ottawa, 34 p.
- GUÉNETTE, S. et J. ALDER, 2007. Lessons from marine protected areas and integrated ocean management initiatives in Canada. *Coastal Management*, 35 : 51-78.
- HORTA E COSTA, B., J. CLAUDET, G. FRANCO, K. ERZINI, A. CARO et E.J. GONÇALVES, 2016. A regulation-based classification system for marine protected areas (MPAs). *Marine Policy*, 72 : 192-198.
- HUNT, C., 2013. Benefits and opportunity costs of Australia's Coral Sea marine protected area: A preliminary tale. *Marine Policy*, 39 : 352-360.
- ISMAIL, K., V.A.I. HUVENNE et D.G. MASSON, 2015. Objective automated classification technique for marine landscape mapping in submarine canyons. *Marine Geology*, 362 : 17-32.
- KIRLIN, J., M. CALDWELL, M. GLEASON, M. WEBER, J. UGORETZ, E. FOX et M. MILLER-HENSON, 2013. California's Marine Life Protection Act Initiative: supporting implementation of legislation establishing a statewide network of marine protected areas. *Ocean & Coastal Management*, 74 : 3-13.
- LEQUIN, M., 2003. Développement touristique et éco-compatibilité: le cas du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent au Québec. *Market Management*, 3 : 51-67.
- LESTER, S.E., B.S. HALPERN, K. GRORUD-COLVERT, J. LUBCHENCO, B.I. RUTTENBERG, S.D. GAINES, S. AIRAME et R.R. WARNER, 2009. Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, 384 : 33-46.
- LOCAT, J. et C. LEVESQUE, 2009. Le fjord du Saguenay: une physiographie et un registre exceptionnels. *Revue des sciences de l'eau*, 22 : 135-157.
- MALTAIS, B. et E. PELLETIER, 2018. Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent: création et gestion participative inédite au Canada. *Le Naturaliste canadien*, 142 (2) : 4-17.
- MARQUES, A. et 21 auteurs, 2014. A framework to identify enabling and urgent actions for the 2020 Aichi Targets. *Basic Applied Ecology*, 15 : 633-638.
- MÉNARD, N., 2009. La science au service de la conservation au parc marin du Saguenay-Saint-Laurent: comment mieux comprendre permet de mieux protéger. *Revue des sciences de l'eau*, 22 : 115-123.
- MORTENSEN, P.B. et L. BUHL-MORTENSEN, 2005. Dans : FREIWALD, A. et J.M. ROBERTS (édit.). *Deep-water corals and their habitats in The Gully, a submarine canyon off Atlantic Canada. Cold-water Corals and Ecosystems*, Springer, Berlin, p. 247-277.
- [MPO] MINISTÈRE PÊCHES ET OCÉANS, 1997. An approach to the establishment and management of marine protected areas under the Oceans Act: A discussion paper. *Pêches et Océans Canada*, Ottawa, Canada. Disponible en ligne à : <http://www.racerocks.com/racerock/admin/govtpages/1997discussion.htm>. [Visité le 2017-09-17].
- [MPO] MINISTÈRE PÊCHES ET OCÉANS, 2007. Plan de gestion de la zone de protection marine du GULLY. Direction des océans et de l'habitat, Pêches et Océans Canada, Dartmouth, Nouvelle-Écosse DFO/2007-1229, 76 p.
- [MPO] MINISTÈRE PÊCHES ET OCÉANS, 2009. Plan de gestion : zone de protection marine du champ hydrothermal Endeavour 2010-2015. Océans, Habitat et Espèces en péril, Secteur des océans, Pêches et Océans Canada, Vancouver, 45 p.
- [MPO] MINISTÈRE PÊCHES ET OCÉANS, 2015. Stratégie de conservation des coraux et des éponges de l'est du Canada. *Pêches et Océans Canada*, 72 p. Disponible en ligne à : (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/publications/cs-ce/page01-fra.html>). [Visité le 2017-09-16].
- [MPO] MINISTÈRE PÊCHES ET OCÉANS, 2016-2017. Coraux et éponges: une composante clé des écosystèmes marins à conserver. Consultation pour la mise en place de mesures de conservation. Document d'information pour la consultation en vue de la mise en place de mesures de conservation pour les coraux et les éponges du Saint-Laurent 2016 – 2017, Pêches et Océans Canada, 10 p.
- OSMOND, M., S. AIRAME, M. CALDWELL et J. DAY, 2010. Lessons for marine conservation planning: A comparison of three marine protected area planning processes. *Ocean & Coastal Management*, 53 : 41-51.

- PHILLIPS, N., 2017. Australia cuts conservation protections in marine parks. *Nature News*, 25 July 2017, 3 p. doi:10.1038/nature.2017.22369.
- RAY, C. 1962. Inshore Marine Conservation. Dans: ADAMS, B.A. (édit.). *Proceeding of the First world conference on National Parks*, Seattle, Washington, June 30–July 7, 1962, National Park Service, United States Department of the Interior, Washington, D.C., USA, 491 p.
- ROFF, J.C. et M.E. TAYLOR, 2000. Viewpoint: National frameworks for marine conservation—a hierarchical geophysical approach. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10: 209-223.
- ROSS, R.E., W.A.M. NIMMO-SMITH et K.L. HOWELL, 2017. Towards 'ecological coherence': Assessing larval dispersal within a network of existing Marine Protected Areas. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 126: 128-138.
- SADIO, O., M. SIMIER, J.-M. ECOUTIN, J. RAFFRAY, R. LAË et L.T. DE MORAIS, 2015. Effect of a marine protected area on tropical estuarine fish assemblages: Comparison between protected and unprotected sites in Senegal. *Ocean & Coastal Management*, 116: 257-269.
- SAUCIER, F.J., R. ROY, S. SENNEVILLE, G. SMITH, D. LEFAIVRE, B. ZAKARDJIAN et J.-F. DUMAIS, 2009. Modélisation de la circulation dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent en réponse aux variations du débit d'eau douce et des vents. *Revue des sciences de l'eau*, 22: 159-176.
- SAVARIA, J.-Y., G. CANTIN, L. BOSSÉ, R. BAILEY, L. PROVENCHER et F. PROUST, 2003. Compte rendu d'un atelier scientifique sur les mammifères marins, leurs habitats et leurs ressources alimentaires, tenu à Mont-Joli, Québec du 3 au 7 avril 2000, dans le cadre de l'élaboration du projet de zone de protection marine de l'estuaire du Saint-Laurent, Rapport 2647, 108 p.
- SELDEN, R.L., S.D. GAINES, S.L. HAMILTON et R.R. WARNER, 2017. Protection of large predators in a marine reserve alters size-dependent prey mortality. *Proceedings of the Royal Society B*, 284. doi.org/10.1098/rspb.2016.1936.
- SIMARD, Y., 2009. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent : processus océanographiques à la base de ce site unique d'alimentation des baleines du Nord-ouest Atlantique. *Revue des sciences de l'eau*, 22: 177-197.
- [UNEP-WCMC et IUCN] PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Centre mondial pour la conservation de la nature, 2016. *Protected Planet Report 2016*. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge UK and Gland, Switzerland, 73 p.
- VILLAMOR, A. et M.A. BECERRO, 2012. Species, trophic and functional diversity in marine protected and non-protected areas. *Journal of Sea Research*, 73: 109-116.
- WEIBLE, C.M., 2008. Caught in a maelstrom: implementing California marine protected areas. *Coastal Management*, 36: 350-373.
- WIMMER, T. et H. WHITEHEAD, 2004. Movements and distribution of northern bottlenose whales, *Hyperoodon ampullatus*, on the Scotian Slope and in adjacent waters. *Canadian Journal of Zoology*, 82: 1782-1794.
- [WPDA] WORLD DATABASE OF PROTECTED AREAS, 2016. Disponible en ligne à : <https://www.protectedplanet.net/c/world-database-on-protected-areas>. [Visité le 2017-06-15].

Les livres

Champignons comestibles du Québec : les connaître, les déguster



La maison Michel Quintin propose une édition revue et augmentée du guide nature de Jean Després sur les champignons comestibles. Selon l'auteur, ce livre s'adresse « aux personnes qui désirent faire l'expérience gastronomique des champignons sauvages en toute sécurité, sans avoir à devenir spécialistes ». Pour atteindre ce but, le guide fournit une initiation aux champignons (55 pages), une série

de portraits utiles sur les champignons comestibles (140 pages) et un recueil de recettes (20 pages).

L'initiation fournit une mine de renseignements pratiques et indispensables touchant notamment l'identification, la cueillette, l'évaluation de la fraîcheur, la conservation et les valeurs nutritives des champignons comestibles du Québec. Une autre section, très utile également, traite des champignons à éviter. La partie centrale de l'ouvrage porte sur une cinquantaine d'espèces comestibles qui présentent un réel intérêt gastronomique. De plus, pratiquement les trois quarts des espèces traitées dans le guide se reconnaissent, de l'avis de l'auteur, au premier coup d'œil ou à la suite d'un examen sommaire. Chaque espèce est illustrée et décrite en termes clairs et pratiques permettant de différencier les espèces à déguster de celles à éviter. Pour ces dernières, la possibilité de confusion avec les espèces toxiques est discutée. Enfin, le guide se termine par une vingtaine de recettes qui sont autant d'invitations à la dégustation. Pour le lecteur, qu'il soit ou non gourmet des champignons, ce guide est agréable à consulter en raison de la qualité exceptionnelle de son iconographie. La lumière et la netteté qui se dégagent des photos sont tout simplement remarquables. Les nombreux plans rapprochés donnent une impression de proximité, comme si l'on découvrait les champignons lors d'une promenade en nature. Sur le plan esthétique, Jean Després fait ressortir habilement les couleurs, les formes et les textures, de manière à rendre les champignons véritablement appétissants. Le naturaliste aimera également feuilleter ce guide pour sa conception graphique soignée et cohérente qui permet de le consulter de façon efficace. Par exemple, une clé d'identification visuelle facilite la comparaison des champignons et joue le rôle d'index pour orienter rapidement

le lecteur vers un portrait détaillé des espèces. De plus, les espèces sont assorties de logos qui permettent de juger rapidement de leur intérêt gastronomique (classement d'une à quatre fourchettes), de leur fréquence d'occurrence (occasionnelle, commune ou abondante) et de leur difficulté d'identification (quatre degrés). Ainsi, un amateur plus craintif peut aisément se concentrer uniquement sur les espèces faciles à identifier et qui ne présentent aucun risque de confusion avec des champignons toxiques, telles que le coprin, le pleurote ou la morille. Par ailleurs, un gourmet plus averti pourra rapidement sélectionner les espèces présentant le plus grand intérêt gustatif telles que la chanterelle, le marasme ou le tricholome.

Bref, c'est un ouvrage solide et bien conçu qui fera grandir, à coup sûr, la passion pour la cueillette de champignons sauvages au Québec.

Després, Jean, 2017. *Champignons comestibles du Québec : les connaître, les déguster*. Collection Guides Nature Quintin. Éditions Michel Quintin, 224 p. Prix de vente : 34,95 \$

Source : Bruno Drolet

Histoire des sciences

Les livres qui décrivent l'histoire de chaque science par le menu abondent. En fait, il en existe tellement qu'il faudrait une détermination hors du commun pour attaquer tous les ouvrages relatant les moments clés d'une seule discipline. Aussi, lorsque la collection Que sais-je? nous propose une *Histoire des sciences* qui tient dans la paume de la main, la première idée qui vient à l'esprit est que cet invitant raccourci vers le savoir universel est trop beau pour être vrai.



Dès l'introduction, l'auteur Yves Gingras tempère les attentes. Son ouvrage se restreindra à l'astronomie, la physique, la chimie et la biologie dont il décrira les événements

marquants dans trois grandes périodes : de 500 av. J.-C. à 1600 après J.-C., de 1500 à 1800 et de 1800 à 2000. Un programme tout de même substantiel, avouons-le. L'intérêt de ce livre réside principalement dans l'impressionnant exercice de synthèse auquel s'est livré l'auteur. Comme un film projeté en accéléré qui s'arrête brièvement sur des images choisies, *Histoire des sciences* passe en revue 2500 ans d'histoire en s'attardant succinctement sur les personnages, les idées, les outils et les forces sociales qui ont façonné les sciences à chaque époque.

Depuis 1941, la collection Que sais-je? fait œuvre utile en publiant des livres compacts qui présentent l'essentiel de ce qu'il convient de savoir sur un sujet donné. *Histoire des sciences* s'inscrit dans cette lignée et fait honneur à la tradition.

Gingras, Yves. 2018. *Histoire des sciences*. Presses Universitaires de France, collection Que sais-je?, 128 p. Prix en librairie : 17,95 \$.

Source : Jean Hamann



iA
Valeurs mobilières

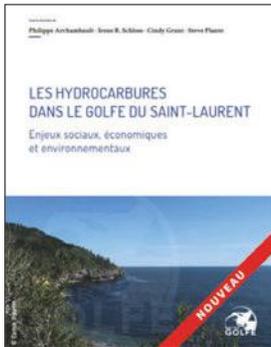


www.iavaleursmobilières.ca

Gervais Comeau, Conseiller en placement

1040, avenue Belvédère bureau 101, Québec (Québec) G1S 3G3
Téléphone : 418 681-2442 • gervais.comeau@iaqto.ca

Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent : enjeux sociaux, économiques et environnementaux



Depuis quelques décennies, des projets d'exploration et d'exploitation des ressources gazières et pétrolières du golfe du Saint-Laurent font périodiquement surface. Chaque fois, promoteurs et groupes écologistes croisent le fer au sujet des impacts environnementaux potentiels de ces projets. Et chaque fois, bien malins sont ceux qui parviennent à départager le vrai du faux dans ces débats. Des scientifiques québécois réunis au sein du groupe Notre Golfe

ont décidé de mettre un peu de raison et de réflexion dans la discussion en publiant *Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent : enjeux sociaux, économiques et environnementaux*.

Les quatre responsables du livre – Philippe Archambault et Cindy Grant de l'Université Laval, et Steve Plante et Irene R. Schloss de l'UQAR – ont demandé à une trentaine d'experts de différents horizons de se joindre à eux pour synthétiser les connaissances actuelles sur les hydrocarbures du Saint-Laurent et sur les répercussions prévisibles de leur exploitation. Les thèmes abordés dans l'ouvrage font écho aux préoccupations

exprimées par les participants à un colloque organisé par Notre Golfe à l'occasion du congrès de l'Acfas présenté à Rimouski en 2015.

Le résultat est un ouvrage de plus de 300 pages qui aborde des sujets fondamentaux et appliqués allant de la physique des océans et du golfe aux impacts des déversements sur les organismes marins, en passant par les répercussions de l'exploitation pétrolière et des déversements pétroliers sur la santé humaine. L'ouvrage s'adresse à la fois aux scientifiques, aux citoyens avisés et aux décideurs.

L'impression générale qui se dégage de cet exercice de synthèse est qu'il subsiste beaucoup d'incertitude au sujet des hydrocarbures du golfe et de leur exploitation, en particulier pendant la période d'englacement parce que le golfe a été très peu étudié en hiver. Il reste donc beaucoup de travail à faire avant de disposer de suffisamment de données scientifiques pour avoir un portrait juste et complet de tous les impacts socioécologiques de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe. Cet ouvrage collectif, qui pose un regard croisé sur les multiples facettes de la question, jette des bases solides pour la suite des choses.

Archambault, Philippe, Irene R. Schloss, Cindy Grant et Steve Plante, 2017. *Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent : enjeux sociaux, économiques et environnementaux*. Notre Golfe, 323 p.

L'ouvrage est disponible uniquement en format numérique. On peut le télécharger gratuitement en se rendant sur www.notregolfe.ca.

Source : Jean Hamann

Protéger,
aménager,
sensibiliser...

C'est dans notre nature !

Depuis 30 ans, la Fondation de la faune stimule et soutient le mouvement faunique au Québec. Près de 5 500 projets pour les habitats ont été réalisés avec des partenaires de toutes les régions !

fondationdelafaune.qc.ca

Fondation de la faune du Québec

1987
2017
30 ans

Terrace du Canada
Photo : Lisa Die Semmes,
Québec Couleur Nature 2014

Vie de la Société



Réhaume Courtois

Bénévoles lors de l'inventaire de reconnaissance en novembre 2017

Les étangs vernaux, vous connaissez ?

Leur nom paraît un peu rébarbatif, mais vous en avez certainement croisés fréquemment sans les remarquer. Les étangs vernaux sont de petites cuvettes ou mares temporaires, peu profondes (moins de 1 m) qui apparaissent au printemps lors de la fonte des neiges et qui s'assèchent généralement durant l'été. Malgré leur apparence anodine, les étangs vernaux sont d'une grande importance pour la faune. En effet, plusieurs espèces de grenouilles et de salamandres viennent s'y reproduire, car elles y trouvent un habitat optimal pour cette partie de leur cycle de vie. Les étangs vernaux servent aussi de refuge pour plusieurs espèces végétales.

Pour en connaître davantage, Hugo Tremblay (biologiste au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec) monte présentement un projet de suivi de l'herpétofaune dans les étangs vernaux urbains et périurbains de la région de Québec. Le but du projet est de mettre en place un vaste suivi des étangs vernaux dans un maximum de milieux naturels afin de mieux les connaître et les protéger.

Ce type de projet cadre bien avec les orientations en science citoyenne de la Société Provancher. De plus, nos territoires protégés se prêtent parfaitement à ce genre de suivi à long terme. Le 25 novembre 2017, notre petit groupe de bénévoles est donc parti à la recherche d'étangs vernaux dans la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher. Malgré la neige au sol et la pluie intermittente, une trentaine de sites potentiels ont pu être repérés. Afin d'avoir une vue d'ensemble sur la Réserve, un recensement des étangs vernaux a eu lieu au cours du printemps 2018 pour vérifier la présence d'espèces telles que la grenouille des bois, la rainette crucifère, la salamandre maculée et la salamandre à points bleus. Les résultats seront connus sous peu.

Pour en connaître davantage, nous vous référons à l'excellent reportage *Les mares éphémères*¹ paru à la *Semaine Verte* de Radio-Canada, en septembre 2017.

Source : Hugo Tremblay, Ludivine Quay, Hugo Cayuela, Marc J. Mazerolle, Réhaume Courtois

1. <http://ici.radio-canada.ca/tele/la-semaine-verte/site/segments/reportage/39480/mares-ephemeres-faune-salamandres>

Soirée de reconnaissance des bénévoles de la Société Provancher

Le 23 février dernier, plus de 80 personnes se sont rencontrées au restaurant Le Piolet pour la « Soirée des bénévoles », un souper de reconnaissance par lequel la Société Provancher rend hommage à toutes les personnes bénévoles qui ont contribué à la réalisation de ses diverses activités en 2017.

Dans une ambiance très chaleureuse, les hôtes – le président du conseil d'administration et les responsables des comités – ont accueilli chaque bénévole et souligné sa contribution auprès des autres membres présents. Ainsi, des liens nouveaux ont pu se tisser entre ceux qui agissent dans des champs et des lieux d'activité différents : un moment privilégié pour échanger et faire connaissance entre passionnés.

La Société a tenu à souligner la contribution exceptionnelle de certaines personnes dans l'atteinte de ses objectifs. Ainsi en est-il des plus de 800 heures qu'un membre a consacrées à la réalisation des projets de la Société pendant l'année 2017 ! Le travail bénévole est essentiel à la Société pour réaliser tous ses projets : activités d'animation et d'éducation auprès des jeunes et des adultes, recherche, protection et mise en valeur de ses lieux de conservation, publications scientifiques, financement, publicité et communication.

Source : Johane La Rochelle



Ludivine Quay

Tablée de plusieurs bénévoles impliqués à la réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher.

Conférence de M. Alain Asselin intitulée Curieuses histoires de plantes du Canada



Le moins que l'on puisse dire, c'est que M. Alain Asselin, « connaît bien le tabac ». Ce professeur retraité du département de phytologie de l'Université Laval est l'auteur principal de plusieurs ouvrages traitant de l'usage des plantes québécoises par les Amérindiens et les colons français de la Nouvelle-France.

La trentaine de personnes présentes à sa conférence du 7 février dernier intitulée *Curieuses histoires de plantes du Canada* ont appris comment plusieurs végétaux servaient autrefois à divers usages alimentaires, médicinaux, tinctoriaux ou enivrants au pays de la

Nouvelle-France. Une tisane d'aiguilles de conifères (*annedda*) pour contrer le scorbut, la ciguë contre la syphilis, la sanguinaire pour avorter ou se maquiller, le tabac des paysans (pétun) comme lavement pour guérir le tétanos ou soigner les plaies, si ce n'est en fumée pour « planer », les feuilles de cette plante étant huit fois plus concentrées en nicotine que le tabac d'aujourd'hui. Venait-il qu'en manquer dans les « pétunoirs », on pouvait toujours se rabattre sur le chanvre indien ou le houblon, des succédanés de la « mari » en quelque sorte! À cette époque, on n'avait pas jugé bon de légiférer sur ces pratiques culturelles, médicales et aphrodisiaques. C'est donc sans contrainte qu'on cultivait ces plantes autour des maisons des richards de la colonie.

Champlain ayant « senti » la bonne affaire, il n'a pas tardé à installer un marché d'exportation de végétaux américains avec la mère patrie. Apparemment, le commerce des plantes « stimulantes », majoritairement des solanacées, était passablement lucratif et complétait admirablement bien le commerce outre-Atlantique des peaux de fourrure et du bois de construction. D'ailleurs, le clergé avait également flairé la bonne affaire et fixé une dîme quasi usuraire sur les profits engendrés par ce commerce.

C'est en observant attentivement le comportement alimentaire des animaux et par essais et erreurs que les Amérindiens ont tant appris sur les propriétés alimentaires et médicinales des plantes. Présents depuis près de 5 000 ans sur ce territoire, leurs « druides » avaient su mettre au point des recettes secrètes qu'ils ont pu par la suite troquer avec nos ancêtres en échange de menus objets fabriqués en Europe (fusils, munitions, ustensiles et autres ferronneries). C'est ainsi que des substances aujourd'hui illicites et servant autrefois lors des rituels religieux des autochtones sont devenues des remèdes contrôlés, des hallucinogènes contestés ou même des poisons utilisés en Europe. Vive le libre-échange!

Grâce aux livres rédigés par notre conférencier et compte tenu des conseils qu'il a prodigués au moment de l'établissement du jardin médicinal du carré de l'apothicaresse du monastère des Augustines de Québec, il est maintenant possible à tout un chacun d'en apprendre davantage sur l'histoire de la pharmacie et des premiers apothicaires de la ville de Québec, dont Louis Hébert et le missionnaire jésuite naturaliste Louis Nicolas.

Jean-Luc DesGranges, Ph. D.
Chercheur émérite, Environnement Canada

Reconstruction de l'exutoire du marais de la réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher

Le marais Léon-Provancher, d'une superficie de 19 ha, est au cœur de la réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, à Neuville. Des milliers de visiteurs y viennent annuellement pour participer aux activités organisées par la Société Provancher et pour profiter d'un site exceptionnel d'observation des oiseaux au printemps et en été. Rappelons que la structure de contrôle de l'eau et la digue du marais Léon-Provancher ont été érigées en 1996 par Canards Illimités Canada (CIC) dans le but de créer des habitats favorables à la sauvagine. À cet effet, CIC en est, par entente avec la Société Provancher, le mandataire auprès de la Direction de la sécurité des barrages du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Originellement, le territoire de la réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher appartenait à la Fondation de la faune du Québec qui, en 1996, l'a cédé à la Société Provancher. Depuis, celle-ci en est propriétaire et gestionnaire. Après 20 ans, l'exutoire du marais Léon-Provancher était arrivé en fin de vie. Des fuites d'eau importantes avaient été décelées à l'été 2016, et la situation a empiré significativement en 2017. Des échanges intensifs ont donc été entrepris avec Canards Illimités Canada, la Direction de la sécurité des barrages du MDDELCC et la ville de Neuville pour apporter une solution technique et financière à cette situation. Cette collaboration remarquable a mené à la reconstruction de l'exutoire en février et mars 2018. Il s'agit d'un travail majeur pour lequel des mesures d'atténuation importantes ont été mises en place afin de diminuer les répercussions sur la faune et les usagers de la réserve. Ainsi, il a été nécessaire d'abaisser le niveau d'eau du marais afin de faciliter les travaux. Cette étape préalable s'est faite à l'automne 2017 afin de permettre à la faune de s'adapter à ce changement avant la période hivernale. Au début de février 2018, l'entrepreneur choisi pour les travaux a d'abord dégagé le chemin d'accès pour permettre au sol de geler. Les travaux eux-mêmes se sont déroulés du 20 février au 5 mars. L'entrepreneur reviendra au début juin pour faire des réajustements à la digue et au chemin temporaire. Il s'agit d'un investissement global de 365 000 \$ de Canards Illimités Canada. Quant à la ville de Neuville, elle a accepté de prendre le relais de CIC quant aux inspections exigées par la Direction de la sécurité des barrages du MDDELCC. La Société Provancher est particulièrement fière de sa collaboration avec CIC et la ville de Neuville pour la réalisation de ce projet. Grâce à cette initiative, les usagers de la réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher pourront continuer d'admirer les beautés de la nature dans ce territoire exceptionnel.

Source : Société Provancher



Marcel Turgeon



Marcel Turgeon

Installation de la nouvelle structure de contrôle de l'eau

Saviez-vous que...

Suivi démographique du troupeau de caribous migrateurs de la rivière aux Feuilles, Québec

Le 21 février 2018, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a rendu publique la mise à jour des données démographiques du troupeau de caribous migrateurs de la rivière aux Feuilles, dans la péninsule d'Ungava. Bien que ces données indiquent une légère hausse de l'effectif à l'automne 2017, la population est toujours en déclin.

Cette année, le fort taux de survie des femelles adultes et la proportion élevée de faons dans la population indiquent une croissance de 16 %, situant l'effectif à environ 209 000 caribous. Cette donnée représente un résultat positif dans une tendance globale de décroissance. En effet, certains indicateurs témoignent de la fragilité de la hausse, puisque l'on trouve actuellement une faible proportion de mâles dans la composition du troupeau. Le rétablissement du segment des grands mâles est toujours précaire. De plus, la forte proportion de faons dans la population en 2017 n'est pas garante de leur survie jusqu'à l'âge adulte.

Les indicateurs démographiques varient grandement d'une année à l'autre, la situation démographique du troupeau de la rivière aux Feuilles demeure donc très préoccupante. Rappelons que la population de ce troupeau a connu une forte décroissance de l'ordre de près de 70 %, passant de plus de 600 000 au début des années 2000 à 181 000 en novembre 2016.

Cette situation ne permet pas de remettre en question la décision prise de fermer la chasse sportive à compter du 1^{er} février 2018. De plus, un suivi de la récolte de caribous par les Autochtones bénéficiaires des conventions en milieu nordique est nécessaire.

L'élaboration du plan de gestion du troupeau de la rivière aux Feuilles progresse, en collaboration avec le comité mixte de chasse, de pêche et de piégeage. Son processus intègre également la consultation des principaux partenaires en gestion faunique. Par ailleurs, le Gouvernement du Québec maintient le suivi des troupeaux de caribous migrateurs et entend poursuivre sa collaboration avec le groupe de recherche Caribou Ungava.

Source : <http://mffp.gouv.qc.ca/2018-02-22-suivi-demographique-du-troupeau-de-caribous-migrateurs-de-la-riviere-aux-feuilles/>

L'Observatoire global du Saint-Laurent

Créé en 2005 par un regroupement d'organisations provenant des gouvernements fédéral et provincial ainsi que des milieux académiques et communautaires, l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) est le premier système intégré d'observation des océans au Canada.

Son concept permet de maximiser les retombées de la collecte de données par l'intégration de données multidisciplinaires provenant de multiples partenaires sur un portail Web unique, favorisant ainsi la découverte des données et leur valorisation. L'OGSL compte actuellement 41 membres et est reconnu à travers le monde.

La vision de l'OGSL est de fournir à la collectivité un accès intégré, rapide et en temps opportun aux données et à l'information d'un réseau d'organismes membres de façon à contribuer à une gestion durable de l'écosystème global du Saint-Laurent.

La mission de l'OGSL est de favoriser et de faciliter l'accessibilité, la diffusion et l'échange de données et d'informations électroniques officielles et de qualité sur l'écosystème du Saint-Laurent, grâce au regroupement et à la mise en réseau des divers organismes producteurs et détenteurs de données afin de répondre à leurs besoins et à ceux des utilisateurs, d'améliorer les connaissances et d'aider la prise de décision dans différents domaines tels la sécurité publique, les changements climatiques, le transport, la gestion des ressources et la conservation de la biodiversité.

Le contenu diffusé par l'OGSL couvre l'ensemble des disciplines, thèmes et domaines d'intérêt que les membres producteurs d'information choisissent de rendre accessibles. Une grande quantité d'information de nature scientifique et environnementale est déjà disponible sur le portail. L'équipe de l'OGSL développe des applications Web conviviales pour faciliter la visualisation et le téléchargement des données sous différents formats directement utilisables à l'aide de logiciels en licence libre afin de maximiser la démocratisation des données.

Source : <https://ogsl.ca/fr>



UN ACCOMPAGNEMENT SUR MESURE, À CHAQUE ÉTAPE DE VOTRE VIE

Desjardins
Caisse populaire du Piémont Laurentien

Places d'affaires

- 1638, rue Notre-Dame
L'Ancienne-Lorette G2E 3B4
- 1095, boulevard Pie-XI Nord
Québec (Québec) G3K 2S7
- Centre de services automatisé
Carrefour de la Bravoure
1930, rue de l'Interlude
Québec (Québec) G3K 0R6

UN SEUL NUMÉRO :
418 872-1445 | 1 866 972-1445

desjardins.com/
caisse-piemont-laurentien

Visitez notre page facebook! 



**Aubé
Anctil
Pichette
& Associés**

Comptables agréés | Société en nom collectif

5300, boul. des Galeries, bur. 200, Québec QC G2K 2A2
Tél.: 418 622-4804 | Téléc.: 418 622-2681

Pour vos randonnées : deux territoires à découvrir...

La Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher

Le territoire de la Réserve naturelle du Marais-Léon-Provancher, situé à Neuville, est doté d'un réseau de 5 km de sentiers. C'est un milieu idéal pour la randonnée, la photo de nature et l'initiation des enfants à la découverte des plantes et des animaux.

Grâce au travail de nombreux bénévoles, le territoire est accessible toute l'année, gratuitement.

Pour de plus amples renseignements, consultez le site Internet de la Société Provancher :

www.provancher.org



Le Parc naturel et historique de l'Île-aux-Basques

Le Parc naturel et historique de l'Île-aux-Basques, situé au large de Trois-Pistoles, représente une destination de choix pour des visites guidées ou pour de courts séjours en chalet.

Les visites guidées durent 3 heures et sont offertes de juin à septembre. Les personnes intéressées doivent réserver auprès du gardien de l'île aux Basques, Jean-Pierre Rioux, au numéro de téléphone 418 851-1202 à Trois-Pistoles.



La location de chalets est offerte aux membres de la Société Provancher pour des séjours allant d'une à sept nuitées. Les modalités de réservation, le tableau des disponibilités et la grille tarifaire sont disponibles sur le site Internet de la Société Provancher :

www.provancher.org



PARC MARIN
DU SAGUENAY-SAINTE-LAURENT

SAGUENAY-ST. LAWRENCE
MARINE PARK

parcmarin.qc.ca | marinepark.qc.ca



20 ANS 1998
YEARS 2018

Participez au colloque scientifique!

17 au 19 octobre 2018,
Hôtel Tadoussac, Tadoussac

Le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent :
un modèle participatif de recherche, de conservation
et de mise en valeur. Conférences thématiques
et rencontres d'experts sur les défis de la protection
des milieux marins.

Programme et inscription sur
colloqueparcmarin.com

Take part in the Scientific Symposium!

October 17 to 19, 2018,
Hôtel Tadoussac, Tadoussac

The Saguenay-St. Lawrence Marine Park:
a participatory model of research, conservation
and the showcasing of a unique marine
environment. Conferences and meetings with
experts on the challenges
of protecting marine environments.

Schedule and registration on
colloqueparcmarin.com

Canada 

Québec 

CONVENTION DE LA POSTE-PUBLICATION NO 40999003
RETOURNER TOUTE CORRESPONDANCE NE POUVANT ÊTRE
LIVRÉE AU CANADA À :
SOCIÉTÉ PROVANCHER
1400, ROUTE DE L'AÉROPORT
QUÉBEC QC G2G 1G6