

Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE) appliqués au site d'intérêt du Banc-des-Américains

Yanick Gendreau, Claude Savenkoff, Elaine Albert,
Jacques Trottier et Vincent Lamarre

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

2018

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3264**



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 3264

2018

Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE)
appliqués au site d'intérêt du Banc-des-Américains

Yanick Gendreau¹, Claude Savenkoff¹, Elaine Albert², Jacques Trottier² et Vincent Lamarre¹

- ¹ Direction régionale des Sciences, Pêches et Océans Canada,
Institut Maurice-Lamontagne, 850, route de la Mer, Mont-Joli, Québec G5H 3Z4
- ² Direction régionale de la gestion des écosystèmes, Pêches et Océans Canada,
Institut Maurice-Lamontagne, 850, route de la Mer, Mont-Joli, Québec G5H 3Z4

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2018

N° de cat. Fs 97-6/3264F-PDF

ISBN 978-0-660-26885-9

ISSN 1488-545X

On doit citer la publication comme suit :

Gendreau, Y., Savenkoff, C., Albert, E., Trottier, J. et Lamarre, V. 2018. Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE) appliqués au site d'intérêt du Banc-des-Américains. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3264 : ix + 106 p.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES ANNEXES.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	vii
RÉSUMÉ.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCTION.....	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
2.1 Aire d'étude.....	3
2.2 Modèles de Séquence des effets.....	6
2.3 Les objectifs de conservation et les composantes écologiques (CE).....	7
2.3.1 Objectif 1 - Conserver et protéger les habitats benthiques.....	8
2.3.1.1 Habitats physiques des fonds marins.....	8
2.3.1.2 Éléments biologiques structuraux.....	9
2.3.1.3 Qualité chimique des sédiments.....	9
2.3.2 Objectif 2 - Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères.....	10
2.3.2.1 Qualité de l'eau.....	10
2.3.2.2 Qualité sonore.....	10
2.3.2.3 Copépodes.....	11
2.3.2.4 Krill.....	11
2.3.2.5 Capelan (<i>Mallotus villosus</i>).....	12
2.3.2.6 Hareng (<i>Clupea harengus</i>).....	13
2.3.2.7 Maquereau (<i>Scomber scombrus</i>).....	14
2.3.3 Objectif 3 - Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril.....	15
2.3.3.1 Loup atlantique (<i>Anarhichas lupus</i>).....	15
2.3.3.2 Baleine noire (<i>Eubalaena glacialis</i>).....	17
2.3.3.3 Rorqual bleu (<i>Balaenoptera musculus</i>).....	18
2.3.3.4 Rorqual commun (<i>Balaenoptera physalus</i>).....	19
2.3.3.5 Marsouin commun (<i>Phocoena phocoena</i>).....	20
2.4 Activités humaines et pressions (stresseurs).....	21
2.4.1 Pêches.....	23
2.4.1.1 Pêche au chalut de fond.....	26
2.4.1.2 Filet maillant.....	28
2.4.1.3 Senne danoise.....	30
2.4.1.4 Drague (à pétoncle).....	30
2.4.1.5 Casiers.....	31
2.4.1.6 Palangre.....	33
2.4.1.7 Pêche en plongée.....	35
2.4.1.8 Filets/casiers fantômes.....	36
2.4.2 Aquaculture.....	37
2.4.3 Transport maritime.....	37
2.4.4 Activités récréotouristiques.....	39
2.4.5 Activités industrielles (maritimes).....	40
2.4.5.1 Activités d'exploitation pétrolière et minière.....	40

2.4.5.2 Activités d'exploration sismique	41
2.4.5.3 Dragage	42
2.4.5.4 Câbles sous-marins	43
2.4.6 Activités scientifiques	44
2.4.7 Activités anthropiques terrestres - rejets municipaux, industriels et agricoles des eaux usées.....	45
2.4.7.1 Rejets municipaux.....	46
2.4.7.2 Rejets industriels.....	47
2.4.7.3 Rejets agricoles	47
2.4.8 Activités humaines causant les changements climatiques	47
2.4.8.1 Température	48
2.4.8.2 Oxygène	48
2.4.8.3 Acidité.....	49
2.4.8.4 Salinité	49
2.4.9 Activités autochtones	49
3. RÉSULTATS - SÉQUENCE DES EFFETS	49
3.1 Modèles de séquence des effets (SdE).....	49
3.1.1 Modèle holistique	50
3.1.2 Modèle de SdE pour l'objectif 1 Conserver et protéger les habitats benthiques	52
3.1.2.1 Détail de la SdE pour la CE « Habitats physiques des fonds marins » de l'objectif 1	54
3.1.2.2 Détail de la SdE pour la CE « Éléments biologiques structuraux » de l'objectif 1.....	55
3.1.2.3 Détail de la SdE pour la CE « Qualité des sédiments » de l'objectif 1	57
3.1.3 Modèle de SdE pour l'objectif 2 Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères.....	61
3.1.3.1 Détail de la SdE pour la CE « Qualité de l'eau » de l'objectif 2	63
3.1.3.2 Détail de la SdE de la CE « Qualité sonore » de l'objectif 2.....	66
3.1.3.3 Détail de la SdE pour la CE « Krill/copépodes » de l'objectif 2	66
3.1.3.4 Détail de la SdE pour la CE « Capelan/hareng » de l'objectif 2.....	67
3.1.3.5 Détail de la SdE pour la CE « Maquereau » de l'objectif 2.....	68
3.1.4 Modèle de la SdE pour l'objectif 3 Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril	70
3.1.4.1 Détail de la SdE de la CE « Loups » de l'objectif 3	72
3.1.4.2 Détail de la SdE pour la CE « Baleine noire/rorqual bleu » de l'objectif 3	72
3.1.4.3 Détail de la SdE de la CE « Rorqual commun » de l'objectif 3	75
3.1.4.4 Détail de la SdE de la CE « Marsouin commun » de l'objectif 3.....	76
4. DISCUSSION ET CONCLUSION.....	78
4.1 Principaux résultats.....	78
4.1.1 Activités humaines pouvant influencer les CE.....	78
4.1.2 Pressions et CE.....	79
4.2 Limitation des modèles de séquence des effets	80
5. REMERCIEMENTS	82
6. BIBLIOGRAPHIE	82
7. ANNEXES	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composantes écologiques associées aux objectifs de conservation.....	8
Tableau 2. Liste des activités humaines pouvant causer des pressions sur les composantes écologiques	23
Tableau 3. Composantes écologiques et les éléments susceptibles de les influencer	80

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du site d'intérêt du Banc-des-Américains.....	2
Figure 2. Le site d'intérêt du Banc-des-Américains, la crête et les plaines adjacentes de chaque côté sur une grille bathymétrique à haute résolution.....	4
Figure 3. Représentation schématique de la circulation des courants de surface à l'échelle du golfe du Saint-Laurent	5
Figure 4. Les zones de conservation du site d'intérêt du Banc-des-Américains.....	5
Figure 5. Composantes de la séquence des effets	6
Figure 6. Carte montrant l'indice de zone d'occupation (IZO) (zones en rouge) du loup atlantique (a), du loup à tête large (b) et du loup tacheté (c) au Canada, établi à partir des prises des relevés scientifiques au chalut de Pêches et Océans Canada.....	17
Figure 7. Recensement des activités de pêche (tous les engins confondus) : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015.....	25
Figure 8. Recensement des activités de pêche au chalut : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015	27
Figure 9. Recensement des activités de pêche au filet maillant : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015.....	29
Figure 10. Recensement des activités de pêche à la senne entre 2004 et 2015 dans le SIBA	30
Figure 11. Recensement des activités de pêche aux casiers : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015	32
Figure 12. Recensement des activités de pêche à la palangre : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015.....	34
Figure 13. Effort de pêche du concombre de mer à la drague entre 2011 et 2013.....	35
Figure 14. Densité du trafic maritime en 2013 et 2014.....	38
Figure 15. Croisières aux baleines dans le SIBA de 2008 à 2013	39
Figure 16. Aire de chevauchement des territoires utilisés lors des activités d'observation en mer au niveau de la péninsule gaspésienne du 1er juillet au 15 septembre 2014.....	40
Figure 17. Permis d'exploration pétrolier, gazier et minier (en vert) limitrophe au SIBA.....	41
Figure 18. Activités sismiques avant 1990 dans le secteur du SIBA.....	42
Figure 19. Activités sismiques après 1990 dans le secteur du SIBA	42
Figure 20. Activités de dragage dans le secteur du SIBA.....	43
Figure 21. Câbles sous-marins dans le secteur du SIBA.....	43

Figure 22. Relevés scientifiques pour le crabe des neiges et les poissons de fond dans le secteur du SIBA entre 1991 et 2012	45
Figure 23. Municipalité avec réseau d'égout sans traitement	46
Figure 24. Concentrations de phosphore et d'azote dans le fleuve Saint-Laurent pour la période 2010-2012	47
Figure 25. Température de l'eau en surface dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent entre 1985 et 2014.....	48
Figure 26. Modèle holistique de séquence des effets sur les objectifs de conservation du SIBA	51
Figure 27. Modèle spécifique de séquence des effets pour l'objectif de conservation 1 - Conserver et protéger les habitats benthiques.....	53
Figure 28. Détail de la SdE pour la composante écologique Habitats physiques des fonds marins.....	55
Figure 29. Détail de la SdE pour la composante écologique Éléments biologiques structurants.....	57
Figure 30. Détails de la SdE pour la composante écologique Qualité des sédiments.....	60
Figure 31. Modèle de la séquence des effets pour l'objectif de conservation 2 - Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères	62
Figure 32. Détail de la séquence des effets pour la CE Qualité de l'eau	65
Figure 33. Détail de la séquence des effets pour la CE Qualité sonore dans le SIBA	66
Figure 34. Détail de la séquence des effets pour la CE Krill/copépodes dans le SIBA	67
Figure 35. Détail de la séquence des effets pour la CE Capelan/hareng.....	68
Figure 36. Détail de la séquence des effets pour la CE Maquereau dans le SIBA	69
Figure 37. Modèle de séquence des effets pour l'objectif 3 - Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril	71
Figure 38. Détail de la séquence des effets pour la CE Loups.....	72
Figure 39. Détail de la séquence des effets pour la CE Baleine noire/rorqual bleu.....	75
Figure 40. Détail de la séquence des effets pour la CE Rorqual commun.....	76
Figure 41. Détail de la séquence des effets pour la CE Marsouin commun	77

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Description des différents termes et des symboles utilisés dans les modèles de séquence des effets.....	96
Annexe 2. Définitions des activités humaines, des pressions et des impacts retrouvés dans les modèles de SdE	99

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CE	Composante(s) écologique(s)
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
IML	Institut Maurice-Lamontagne
LEP	Loi sur les espèces en péril
MPO	Pêches et Océans Canada
SdE	Séquence des effets
SIBA	Site d'intérêt du Banc-des-Américains
ZPM	Zone de protection marine

RÉSUMÉ

Gendreau, Y., Savenkoff, C., Albert, E., Trottier, J. et Lamarre, V. 2018. Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE) appliqués au site d'intérêt du Banc-des-Américains. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3264 : ix + 106 p.

En 2011, le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) a sélectionné le Banc-des-Américains, à l'extrémité est de la péninsule gaspésienne, comme site d'intérêt en vue de créer une zone de protection marine (ZPM) en vertu de la Loi sur les océans¹. En lien avec le site d'intérêt, trois objectifs de conservation ont été définis : (1) conserver et protéger les habitats benthiques, (2) conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères et (3) favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril. Afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de conservation, les gestionnaires des ZPM doivent identifier les activités (généralement humaines), et les pressions qui en découlent, qui pourraient avoir des effets négatifs sur ces objectifs. L'identification de ces activités et pressions se fait dans le cadre d'une analyse de risque. La première étape (descriptive) de cette analyse consiste à documenter les liens qui existent entre les activités humaines et les objectifs de conservation à l'aide de modèles de séquence des effets (SdE). Ainsi, dans ce rapport, nous présentons et documentons les liens qui existent entre les objectifs de conservation représentés par des composantes de l'écosystème et les activités humaines incluant les pressions associées à ces dernières. Un modèle holistique de SdE est présenté pour l'ensemble des objectifs de conservation. Par la suite, des modèles spécifiques de SdE sont présentés pour chaque objectif de conservation et pour chaque composante écologique. Ces modèles de SdE serviront à appuyer la démarche en cours pour la mise en place d'une aire marine protégée dans ce secteur.

¹ En juin 2018, les gouvernements du Québec et du Canada ont annoncé l'Entente de collaboration Canada-Québec pour l'établissement d'un réseau d'aires marines protégées au Québec. Le premier projet visé par l'Entente est celui du Banc-des-Américains. La nouvelle aire marine protégée possèdera un double statut, soit celui de réserve aquatique, selon la législation du Québec, et celui de ZPM, en vertu de la Loi sur les océans.

ABSTRACT

Gendreau, Y., Savenkoff, C., Albert, E., Trottier, J. et Lamarre, V. 2018. Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE) appliqués au site d'intérêt du Banc-des-Américains. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3264 : ix + 106 p.

In 2011, the Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO) has selected the Banc-des-Américains at the eastern end of the Gaspé Peninsula as an area of interest (AOI) to create a Marine Protected Area (MPA) under of the Oceans Act². Three conservation objectives were defined for this AOI: (1) conserve and protect benthic habitats, (2) conserve and protect pelagic habitats and forage species, and (3) promote the recovery of whales and wolffishes at risk. To ensure the achievement of conservation objectives, MPA managers should identify activities (usually human), and the pressures resulting therefrom, which could jeopardize conservation objectives. The identification of these activities and pressure is part of a risk analysis. The first stage (descriptive) of this analysis is to document the relationships between human activities and conservation objectives with the Pathway of effects (PoE). Thus, in this report we present and document the links between conservation objectives (represented by ecosystem components), human activities and associated pressures with PoE. An holistic model of PoE is presented. Subsequently, specific models of PoE are presented for each conservation objective and for each ecosystem component. These PoE models can be used to support the ongoing process to establish a marine protected area in this sector.

² In June 2018, the governments of Canada and Quebec announced the Canada-Quebec Collaborative Agreement to establish a network of marine protected areas in Quebec. The first joint marine protected area project under the Agreement is the Banc-des-Américains project. The new marine protected area will have a double status, as an aquatic reserve under Quebec legislation and as an MPA under the Oceans Act.

1. INTRODUCTION

En 2011, le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) a sélectionné le Banc-des-Américains comme site d'intérêt en vue de créer une zone de protection marine (ZPM) en vertu de la Loi sur les océans³. Le site d'intérêt du Banc-des-Américains (SIBA), sous la responsabilité de la région du Québec, se situe dans le golfe du Saint-Laurent, à l'est de la péninsule gaspésienne (Figure 1). Il s'agit d'un quadrilatère de 1 000 km² délimité à l'ouest par le cap Gaspé et l'île Bonaventure et se prolongeant sur environ 35 km vers le large (Gauthier *et al.* 2013; Figure 1), l'ensemble étant une portion de la zone d'importance écologique et biologique (ZIEB) « côte sud-ouest du golfe » (MPO 2007a). Le but principal de la création de cette ZPM est de favoriser la productivité et la diversité des ressources halieutiques liées à la présence du banc des Américains et des plaines adjacentes ainsi que de contribuer au rétablissement des espèces en péril (Gauthier *et al.* 2013). Pour cela, trois objectifs de conservation ont été définis : (1) conserver et protéger les habitats benthiques; (2) conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères; et (3) favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril.

Les gestionnaires des ZPM doivent identifier les activités (généralement humaines) et les pressions qui en découlent afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs de conservation. Par la suite, ils seront en mesure de proposer un cadre réglementaire pour la ZPM qui permettra l'atteinte des objectifs fixés. Pour ce faire, une approche fondée sur l'analyse des risques et la séquence des effets (SdE) est recommandée pour déterminer les activités humaines qui sont les plus susceptibles de nuire à l'atteinte des objectifs de conservation de la ZPM étudiée (Gouv. Canada 2012). En effet, l'analyse de risque a été identifiée comme un processus important permettant une meilleure gestion des impacts générés par les activités humaines sur des composantes et des fonctions écologiques aquatiques. L'analyse de risque inclut généralement les étapes d'identification et de formulation du problème, d'évaluation du risque et de gestion du risque. Pour sa part, le modèle de SdE est un outil conceptuel plus spécifique qui peut être utilisé dans divers contextes, mais qui est particulièrement pertinent dans le cadre d'une analyse de risque : il contribue à la première étape du processus, l'identification et la formulation du problème, en plus de servir de fondation aux étapes subséquentes (Giguère *et al.* 2011a, b). Plus précisément, la SdE illustre et documente les liens potentiels de cause à effet entre certains aspects socioéconomiques, culturels, communautaires et écologiques d'une problématique. Ainsi, les modèles peuvent représenter les liens existants entre les activités humaines et leurs impacts écologiques potentiels (Giguère *et al.* 2011a). Cette représentation des liens entre les causes (activités humaines) et les conséquences (sur les objectifs de conservation) est également un outil de communication efficace pour informer et mobiliser à la fois les utilisateurs des océans, les gouvernements ou toutes autres parties concernées.

Ce rapport a pour objectif de décrire la SdE appliquée au SIBA, étape préliminaire à l'analyse de risque. Premièrement, la méthodologie pour bâtir une SdE est décrite. Par la suite, nous allons présenter les composantes de la SdE soit : (1) les activités humaines, (2) les pressions qui y sont

³ En juin 2018, les gouvernements du Québec et du Canada ont annoncé l'Entente de collaboration Canada-Québec pour l'établissement d'un réseau d'aires marines protégées au Québec. Le premier projet visé par l'Entente est celui du Banc-des-Américains. La nouvelle aire marine protégée possèdera un double statut, soit celui de réserve aquatique, selon la législation du Québec, et celui de ZPM, en vertu de la Loi sur les océans.

associées et (3) les composantes écologiques en lien avec les objectifs de conservation sélectionnés. Finalement, les SdE pour chaque objectif de conservation et pour chaque composante écologique sont décrites et illustrées sous forme d'organigramme.

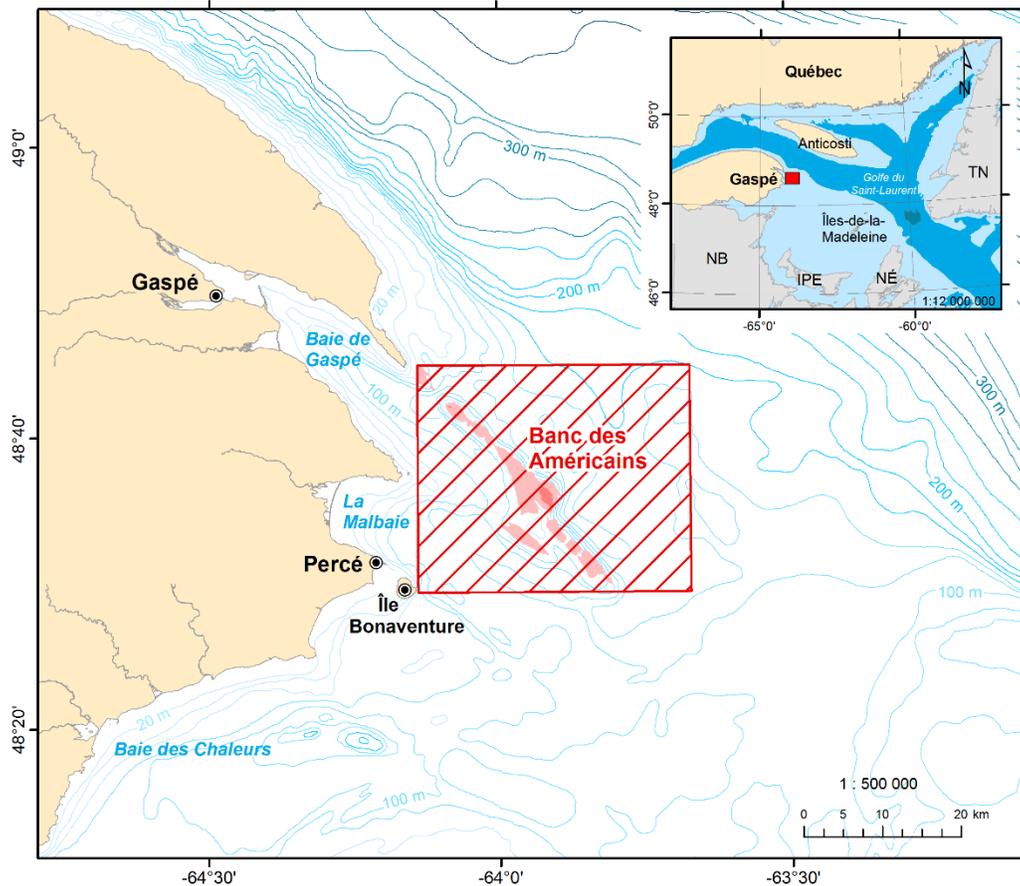


Figure 1. Localisation du site d'intérêt du Banc-des-Américains.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les lignes directrices proposées par le Gouvernement du Canada (2012) fournissent les bases de la méthodologie pour réaliser la SdE appliquée au SIBA. Plusieurs des concepts et des définitions présentés dans cette section en sont tirés ou inspirés. L'ensemble de la méthodologie présentée dans cette section comprend :

- 1- Aire d'étude ;
- 2- Présentation de la méthodologie des modèles de séquence des effets ;
- 3- Présentation des objectifs de conservation de même que les composantes écologiques qui y sont associées ;
- 4- Description et confirmation de la présence des activités humaines sur le SIBA.

De plus, pour bien cibler les risques, il est essentiel de définir le cadre spatial et temporel sur lequel va être appliquée la SdE. Dans notre cas, le cadre spatial (aire d'étude) est le SIBA. La

période temporelle ciblée pour déterminer si une activité humaine doit être considérée ou non est de 2008 à 2015 (2008 étant la date de référence utilisée lors des consultations antérieures et 2015 celle où les dernières données en date de rédaction de ce rapport sont disponibles).

2.1 Aire d'étude

Le SIBA est composé d'une crête d'environ 34 km de longueur qui débute à proximité du cap Gaspé et qui se poursuit vers le sud-est (Figure 2). Se retrouvant en moyenne sous 40 à 50 mètres d'eau, cette crête sépare deux plaines sous-marines, « les plaines adjacentes » (Gauthier *et al.* 2013). Celle située au sud-ouest possède une profondeur moyenne d'environ 90 m et celle du nord-est, plus profonde, est d'environ 140 m. La profondeur du SIBA varie entre 13 et 207 m.

Le milieu pélagique du SI est sous l'influence directe du courant de Gaspé, le plus important courant d'eau de surface dans le golfe du Saint-Laurent (Figure 3). Ses eaux occupent la partie supérieure de la colonne d'eau (0-50 m de profondeur) de la bande côtière (10-15 km de large) qui longe le versant nord de la Gaspésie. À la hauteur de la péninsule gaspésienne, le courant se divise en trois branches principales dont l'une traverse le SI du nord vers le sud et se dirige vers le détroit de Northumberland. Ce courant d'eau de surface assure le maintien d'un milieu productif grâce à l'apport de grandes quantités de nutriments et d'organismes planctoniques diversifiés principalement en période estivale (Koutitonsky et Bugden 1991, Levasseur *et al.* 1992, Plourde et Runge 1993). La formation rocheuse particulière, le substrat, la bathymétrie et les courants marins caractéristiques expliquent la diversité faunique et floristique de ce secteur.

À des fins de gestion pour la conservation, le site devrait être divisé en deux zones. La zone 1 (en vert, Figure 4) couvre la crête rocheuse et certaines activités humaines seraient interdites (pêche commerciale par exemple). Toutefois, les activités de pêche alimentaire, sociale et rituelle des autochtones seraient permises. Dans la zone 2, certaines activités seraient permises, mais sous certaines conditions (en blanc, Figure 4). Autrement dit, la zone 1, plus sensible, serait plus restrictive en ce qui a trait à la pratique d'activités humaines que la zone 2.

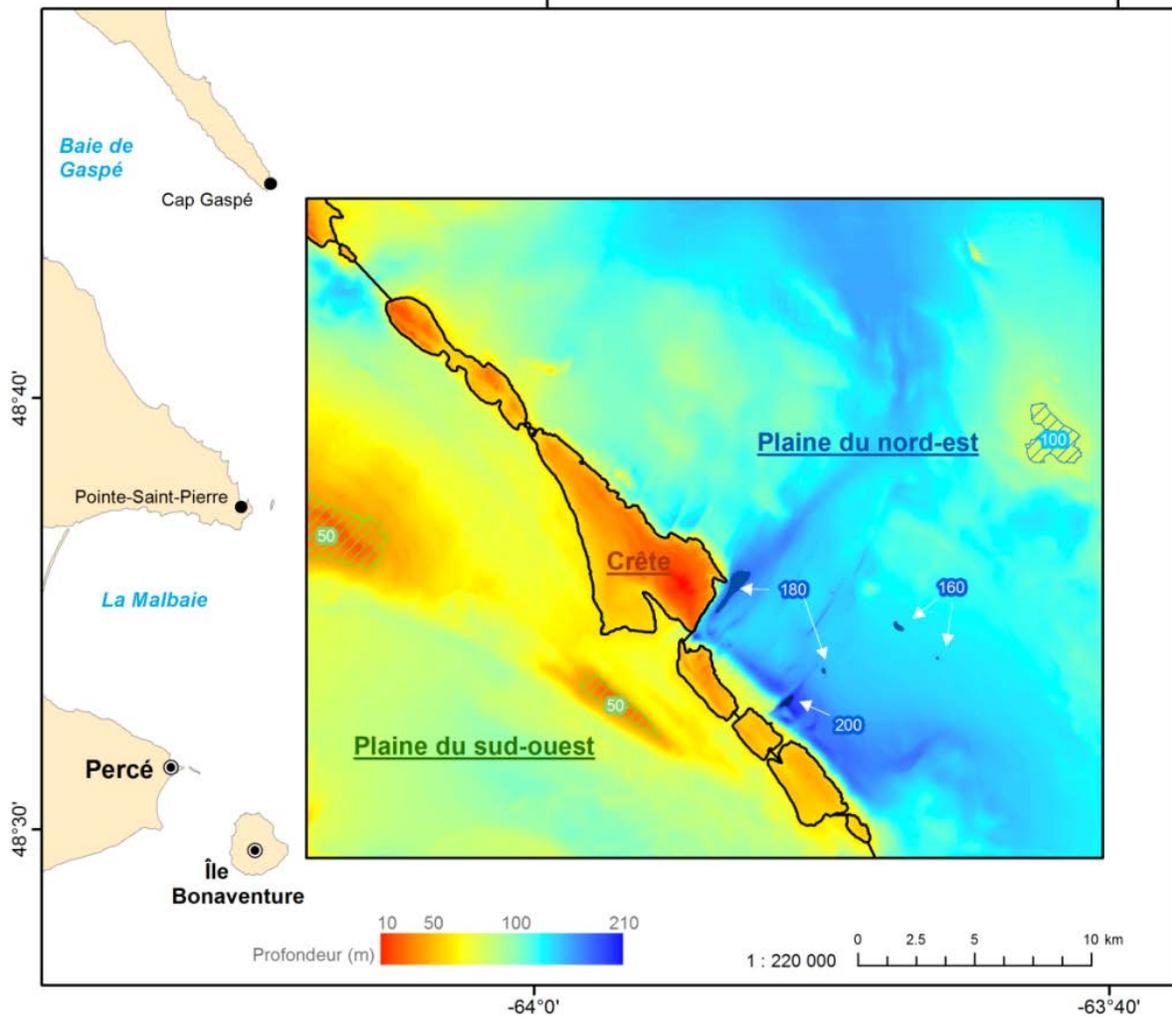


Figure 2. Le site d'intérêt du Banc-des-Américains, la crête et les plaines adjacentes de chaque côté sur une grille bathymétrique à haute résolution. Certaines structures particulières sont également identifiées (hauts fonds, sillons profonds, cuvettes).

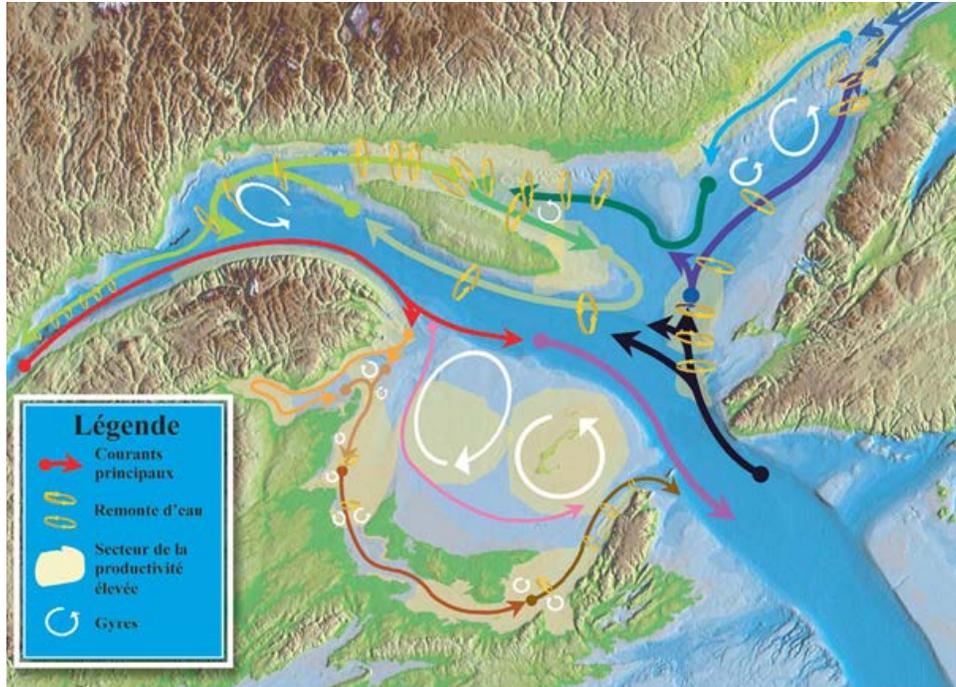


Figure 3. Représentation schématique de la circulation des courants de surface à l'échelle du golfe du Saint-Laurent (courant de Gaspé en rouge).

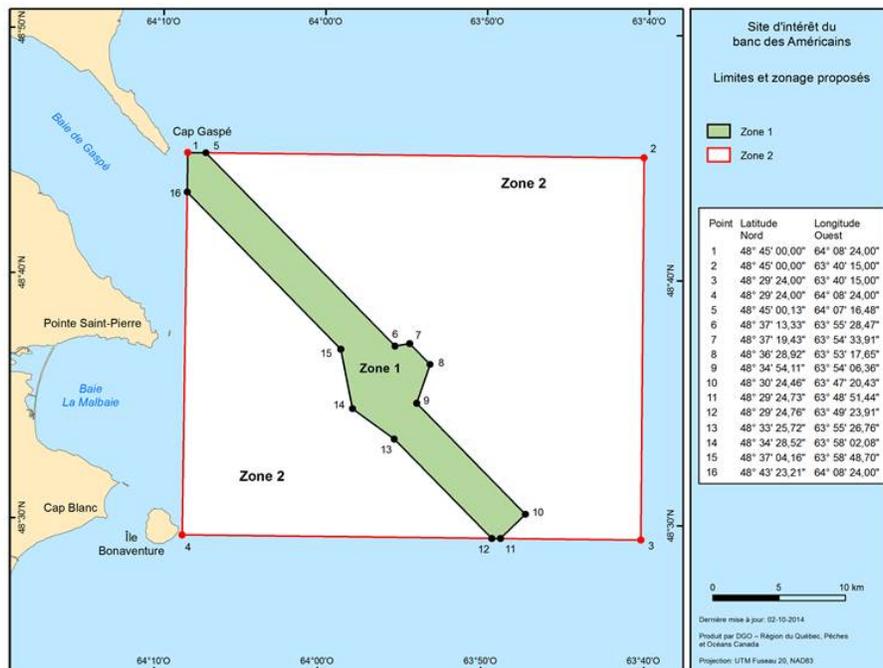


Figure 4. Les zones de conservation du site d'intérêt du Banc-des-Américains. Dans la zone 1, certaines activités humaines seraient interdites alors qu'elles seraient permises sous certaines conditions dans la zone 2.

2.2 Modèles de Séquence des effets

Une SdE est définie comme une représentation conceptuelle des relations prédites (mais basées sur des faits) reliant les activités humaines aux pressions et aux impacts qu'elles peuvent avoir sur une composante écologique ou biologique (Gouv. Canada 2012 ; Figure 5). L'altération d'une composante peut, en retour, avoir des conséquences sur les biens et les services fournis par l'écosystème (définition à l'annexe 1) et, ultimement, sur les activités et les valeurs socioéconomiques ou culturelles.

Les produits de la SdE sont : (1) une représentation schématique des relations permettant la visualisation de la situation étudiée et (2) un document descriptif de la SdE basé sur la littérature. Les modèles de SdE peuvent être adaptés à différents contextes et besoins. Ils peuvent prendre plusieurs formes en fonction du sujet traité et de la façon dont il est abordé. En conséquence, les modèles peuvent être plus ou moins complexes selon l'échelle (locale, régionale ou nationale) à laquelle ils sont construits et le degré de détails qui y sera inclus. Les facteurs importants à considérer lors du développement de modèles SdE comprennent : le nombre de relations décrites, la quantité et la qualité de l'information disponible, la précision des prédictions formulées, le degré d'incertitude entourant les liens décrits et la possibilité d'effectuer des mesures de validation des résultats (Gouv. Canada 2012). Finalement, par son approche descriptive et qualitative, la SdE représente le premier niveau de l'analyse de risque, le niveau deux étant considéré semi-quantitatif et le dernier niveau, lui, est basé sur une analyse quantitative (O *et al.* 2015).

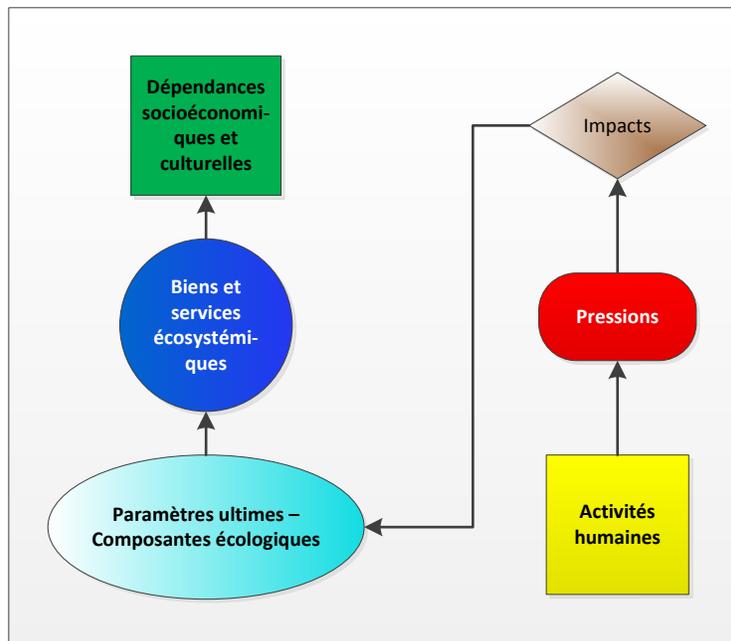


Figure 5. Composantes de la séquence des effets. Les définitions des différentes composantes sont présentées à l'annexe 1.

2.3 Les objectifs de conservation et les composantes écologiques (CE)

Les trois objectifs de conservation du Banc-des-Américains ont été formulés lors d'un atelier en juin 2010 (Gauthier *et al.* 2013) :

- 1- Conserver et protéger les habitats benthiques ;
- 2- Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères ;
- 3- Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril.

Pour assurer le suivi de ces objectifs et pour réaliser la séquence des effets et l'analyse de risque, il est nécessaire d'identifier des composantes de l'écosystème (appelées « composantes écologiques », CE) pour chaque objectif. Certaines de ces CE sont jugées plus importantes selon des valeurs culturelles ou des enjeux scientifiques et sont appelées « composante valorisée de l'écosystème » (CVE) (Annexe 1). Selon l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, une CVE est définie comme un élément d'un écosystème qui a une importance scientifique, sociale, culturelle, économique, historique, archéologique ou esthétique. D'une façon générale, on associe souvent les CE à une espèce ou à un groupe d'organismes. Cependant, les habitats et les composantes abiotiques des écosystèmes peuvent également être considérés comme CE (O *et al.* 2015).

Dans le cadre du projet de ZPM au SIBA, des CE ont été préalablement identifiées lors de consultations (Gauthier *et al.* 2013). Dans le cadre du présent travail, nous avons dans un premier temps validé la présence des espèces ou des éléments de l'écosystème identifiés sur le SIBA comme CE (Tableau 1). Dans les sections suivantes nous présentons chaque CE.

Tableau 1. Composantes écologiques associées aux objectifs de conservation.

Composantes écologiques	Objectifs de conservation		
	1 habitats benthiques	2 habitats pélagiques	3 espèces en péril
Habitats physiques des fonds marins	•		
Éléments biologiques structuraux	•		
Qualité des sédiments (chimique)	•		
Qualité de l'eau		•	
Qualité sonore		•	
Copépodes		•	
Krill		•	
Capelan		•	
Hareng		•	
Maquereau		•	
Loup atlantique			•
Loup tacheté			•
Loup à tête large			•
Baleine noire			•
Rorqual bleu			•
Rorqual commun			•
Marsouin commun			•

2.3.1 Objectif 1 - Conserver et protéger les habitats benthiques

2.3.1.1 Habitats physiques des fonds marins

Dans le SIBA, le substrat varie selon la topographie et la bathymétrie. Il est principalement constitué de vase et de sable (pélite sablonneuse) sur les plaines (extrapolé de Loring et Nota, 1973). Quant au banc, il serait composé de couches rocheuses sédimentaires (calcaires, grès, mudstone). La caractérisation complète du substrat remonte à plusieurs années (Gauthier *et al.* 2013). Toutefois, une description des types de fond (substrat, relief, etc.) et des communautés épibenthiques associées du SIBA a été récemment réalisée par imagerie optique (Savenkoff *et al.* 2017).

Dans la portion nord-est du SIBA, on retrouve des sillons glaciaires dont la longueur atteint plus de 1 km et la profondeur est d'environ 6 m (Larocque *et al.* 2010). D'autres structures plus profondes ont également été identifiées dans la plaine nord-est par l'intermédiaire de la grille bathymétrique à haute résolution : (1) sillons profonds (par ex., longueur 2300 m × largeur maximale 315 m × profondeur maximale 200 m) et (2) cuvettes (par ex., diamètre 150 m × profondeur 180 m ; diamètre 140 m × profondeur 160 m) (Savenkoff *et al.* 2017). Ces formations

particulières contribuent également à la diversité des habitats. La nature du substrat varie entre les six catégories de taille : sables/sédiments fins (0 à 2 mm), granules (2 à 4 mm), cailloux (4 à 64 mm), galets (64 à 256 mm), blocs (> 256 mm) et dur (présence dominante de roche mère) pour l'ensemble du SIBA (Savenkoff *et al.* 2017). Pour la crête, un substrat dur pour la strate 0–20 m fait place à un substrat dominé par les cailloux pour la strate 21–50 m et à des sédiments fins pour la strate 51–100 m. Les cailloux représentaient en moyenne la plus forte proportion de couverture pour la strate 21–50 m et ce, quelle que soit la structure géographique (crête et plaines). Les sédiments fins dominent à partir de la strate 51–100 m et plus profondément. Un gradient décroissant de la taille du substrat avec la profondeur pour les trois structures (crête, plaine sud-ouest et plaine nord-est) du SIBA est ainsi observé (Savenkoff *et al.* 2017).

2.3.1.2 *Éléments biologiques structuraux*

Une espèce structurante peut créer de l'hétérogénéité spatiale par des structures tridimensionnelles (par ex., récifs coralliens, forêts de laminaires, buissons d'hydrozoaires) qui permettent à d'autres espèces de se cacher, de se percher ou de se nourrir. Sont aussi structurantes des espèces qui introduisent de l'hétérogénéité spatiale en modifiant les conditions physiques d'un milieu, à petite ou moyenne échelle, ce qui permet ou facilite l'établissement ou la persistance d'autres espèces. Une espèce à forte population peut aussi structurer les communautés par ses activités de prédation (par ex., crabe des neiges) ou de broutage (par ex., oursin), mais aussi par ses rejets métaboliques (fèces) qui modifient le milieu (par ex., cormorandières et héronnières en milieu terrestre) (Bernard Sainte-Marie, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.).

Pour le moment, aucun inventaire précis des éléments biologiques structuraux n'a eu lieu, mais certaines informations ont été répertoriées par Savenkoff *et al.* (2017). Les algues rouges non encroûtantes (probablement l'espèce *Ptilota serrata* en majorité) et les algues rouges corallinacées encroûtantes étaient présentes en grande quantité sur la crête du banc des Américains pour la strate de profondeur 0–20 m. Parmi les organismes coloniaux, les bryozoaires et les hydrozoaires attachés étaient présents sur la crête et les plaines du SIBA pour les strates de profondeur 21–50 m et 51–100 m. Seul le corail mou de la famille Nephtheidae a été répertorié sur le SIBA (Savenkoff *et al.* 2017). Les coraux mous ont été observés sur toutes les strates plus profondes que 20 m, mais ils étaient cependant plus présents et plus abondants dans les strates 51–100 et 101–150 m de la plaine nord-est.

2.3.1.3 *Qualité chimique des sédiments*

La qualité chimique des sédiments est primordiale pour toutes les espèces halieutiques ou en péril qui fréquentent le SIBA à un moment ou l'autre de leur stade de vie. Les sédiments peuvent être contaminés par les rejets liés aux activités humaines et les polluants peuvent s'accumuler dans les sédiments. Ainsi, certains contaminants qui ne sont plus utilisés depuis plusieurs années peuvent être remis en circulation si les sédiments sont déplacés/mélangés.

À l'heure actuelle, aucune analyse des sédiments marins n'a été faite sur le SIBA. Toutefois, les principales sources de contamination potentielles des sédiments marins à l'intérieur (*in situ*) du site

d'intérêt pourraient être les rejets d'eaux usées des navires lorsqu'ils traversent la zone et les déversements pétroliers (voir section 2.4).

2.3.2 Objectif 2 - Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères⁴

2.3.2.1 Qualité de l'eau

L'eau constitue la plus grande partie de la masse des êtres vivants, soit plus de 50 % dans la majorité des cas. C'est au contact de l'eau que s'effectuent la plupart des réactions chimiques et physiques dont dépend la vie sur Terre. La qualité de cet élément vital est essentielle au maintien d'écosystèmes sains et durables. La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (par ex., sol, sous-sol) et d'activités humaines produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques. Les changements climatiques contribuent également à modifier la qualité de l'eau en augmentant la température et l'acidité (Gilbert *et al.* 2005, Mucci *et al.* 2011) et en diminuant sa concentration en oxygène dissous (Gilbert *et al.* 2005).

Le SIBA ne se trouve pas près de zones urbaines et industrielles importantes, ce qui représente un avantage pour la qualité de l'eau (Dufour et Ouellet 2007). Par contre, les eaux qui arrivent par le courant de Gaspé (Figure 3) pourraient être polluées par les activités humaines en amont dans le fleuve et l'estuaire du Saint-Laurent. Toutefois, nous n'avons aucune donnée sur la qualité de l'eau dans le SIBA.

2.3.2.2 Qualité sonore

Le bruit d'origine anthropique, tel que celui de la navigation (par ex., transport maritime, bateaux de croisière aux baleines), peut avoir un effet négatif sur les mammifères marins : (1) en altérant leur habilité à percevoir passivement leur environnement et à détecter les sons émis par les autres mammifères marins ou tout autres sons; (2) en induisant des modifications comportementales; et (3) en modifiant la sensibilité auditive (Richardson *et al.* 1995, Southall 2005, Simard *et al.* 2006, Nowacek *et al.* 2007, Weilgart 2007, Stockin *et al.* 2008).

Bien que nous n'avons aucune donnée sur la qualité sonore dans le SIBA, ce dernier se trouve sur la route des navires qui desservent le port de Gaspé. De plus, il y a les bateaux utilisés pour l'observation des mammifères marins, la pêche et ceux pour les relevés scientifiques qui peuvent contribuer à la pollution sonore.

⁴ Une espèce fourragère est une espèce qui se trouve située à un niveau qui n'est pas le plus haut dans une chaîne alimentaire aquatique, qui constitue une importante source de nourriture pour au moins quelques prédateurs, et qui connaît une forte mortalité par prédation (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/fish-ren-peche/sff-cpd/forage-fra.htm>).

2.3.2.3 Copépodes

Les copépodes sont les espèces zooplanctoniques dominantes dans les eaux du golfe du Saint-Laurent (Harvey et Devine 2009). Ils représentent le lien essentiel entre le phytoplancton et les plus grands organismes. Les jeunes copépodes (nauplii) sont les proies principales des poissons juvéniles alors que les stades plus âgés (copepodites) sont mangés par de plus gros poissons, comme le capelan. L'abondance du zooplancton montre un cycle saisonnier distinct, avec une augmentation graduelle tout au long de l'année jusqu'à la fin de l'automne, où il y a une diminution importante suite à une réduction de l'abondance du phytoplancton (Harvey et Devine 2009). Les espèces de copépodes de petite taille (*Pseudocalanus* sp., *Oithona* sp., *Centropages* sp., *Acartia* sp.) dominent au printemps et à l'automne, alors que les espèces plus grandes de *Calanus* (*C. finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*) atteignent des niveaux similaires en abondance au début et au milieu de l'été (Plourde *et al.* 2014, Devine *et al.* 2015).

La communauté mésozooplanctonique dans l'estuaire maritime et le nord du golfe du Saint-Laurent est dominée par les copépodes du genre *Calanus* (Runge et Simard 1990, de Lafontaine *et al.* 1991). Le cycle de production de l'espèce prédominante *C. finmarchicus* est bien connu. Dans l'estuaire maritime, il débute assez tard dans l'année (généralement en juin) par rapport à celui des copépodes des autres eaux tempérées. Toutefois, le cycle se poursuit pendant les mois estivaux dans l'estuaire augmentant ainsi la production. En raison de son transport par les eaux de surface, cette production estuarienne peut être une contribution importante à la production zooplanctonique du golfe du Saint-Laurent (Plourde et Runge 1993). D'ailleurs, selon Zakardjian *et al.* (2003), le taux annuel d'échange de production locale nette du golfe du Saint-Laurent est de 1 à 39 %, indiquant que le transport horizontal des *C. finmarchicus* par les courants océaniques peut jouer un rôle très important dans la dynamique des populations locales.

Les détails de la présence de cette espèce dans le SIBA sont présentés à la section sur les copépodes et le krill dans le SIBA (espèces zooplanctoniques).

2.3.2.4 Krill

Le krill (euphausiacé), un petit crustacé, se retrouve en forte concentration à différents endroits dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, incluant le SIBA (McQuinn *et al.* 2015). Les deux espèces de krill les plus importantes de cette région sont le krill nordique (*Meganctiphanes norvegica*) et le krill arctique (*Thysanoessa raschii*) (McQuinn *et al.* 2015).

Bien que la profondeur varie selon les régions, la vaste majorité du krill de l'estuaire se situe en eau plus profonde le jour, soit entre 100 et 120 m (McQuinn *et al.* 2015), et migre vers la surface la nuit pour s'alimenter (0-50 m) (Harvey et Galbraith 2009). Pendant la période de reproduction au printemps et à l'automne, les adultes migrent vers la surface pour pondre ; les œufs et les larves demeurent en surface (Ian McQuinn, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.).

Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, le krill est une espèce-clé du réseau trophique marin (Sourisseau *et al.* 2004, Savenkoff *et al.* 2013). La répartition des agrégations de krill fait de cette région une zone d'alimentation significative pour les mammifères marins, tels les petits rorquals,

les rorquals communs, à bosse et bleus. Le krill constitue également la première source d'alimentation pour les juvéniles et les adultes de plusieurs espèces de poissons telles que le capelan, le sébaste, la morue, le hareng et le maquereau. Le krill est reconnu comme un important prédateur de copépodes ainsi que d'autres proies zooplanctoniques (DFO 2000). Finalement, il est à noter que le krill n'a pas de statut de conservation particulier, mais le moratoire imposé depuis 1997 sur la pêche aux espèces fourragères le protège du prélèvement commercial (Head 1997).

Les copépodes et le krill dans le SIBA

Le zooplancton, dont font partie les copépodes et le krill, dérive avec les courants marins et les vagues. Plusieurs espèces qui le composent peuvent nager faiblement ou peuvent se déplacer verticalement dans la colonne d'eau. Les organismes planctoniques (mésos- et macrozooplancton) et nectoniques sont transportés par le courant de Gaspé depuis l'estuaire du Saint-Laurent jusqu'au sud du golfe par l'extrémité est de la Gaspésie. Les effets conjoints du courant de Gaspé (Figure 3), qui transporte le zooplancton, et de la montagne sous-marine du SIBA (Figure 2), qui agit comme une barrière, contribuent à certains moments de l'été à augmenter la concentration du zooplancton (principalement du krill nordique *M. norvegica* et arctique *T. raschii*) et des espèces qui s'en nourrissent (baleines, capelan, hareng, etc.) dans le secteur du SIBA (McQuinn *et al.* 2016). Le SIBA ne semble pas représenter une zone de production locale pour les copépodes ou le krill, mais plutôt une zone d'accumulation pour ces deux groupes d'espèces. Comme la biologie et l'écologie de ces deux groupes d'espèces présentent des points communs, nous supposons qu'ils devraient être soumis aux mêmes pressions. Les copépodes et les euphausiacés ont été regroupés en une entité « Copépodes-Krill » pour la SdE.

2.3.2.5 Capelan (*Mallotus villosus*)

Le capelan passe la majorité de sa vie au large et se déplace vers la côte au moment du frai. Sa distribution est circumpolaire et on le retrouve dans le nord-ouest de l'Atlantique, le long des côtes du Labrador et de Terre-Neuve, sur les Grands Bancs ainsi que dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (MPO 2012).

La longévité de ce petit poisson pélagique dépasse rarement 4 ans (Stergiou 1991, Mowbray 2002). Bien qu'il atteigne la maturité sexuelle vers 2 ou 3 ans, le stock reproducteur est presque exclusivement composé de poissons âgés de 3 et 4 ans (Jangaard 1974). La ponte a généralement lieu durant la nuit ou par temps nuageux (Jangaard 1974) lorsque la température de l'eau se situe entre 6 et 10 °C (MPO 2008a). La période du frai dure généralement de quatre à six semaines. Selon Grégoire *et al.* (2004), elle débute d'abord dans l'estuaire du Saint-Laurent, vers la mi-avril, et se déplace graduellement vers l'est pour se produire en juillet sur la Basse-Côte-Nord du Québec et sur la côte ouest de Terre-Neuve. Le frai est précédé par une migration intensive vers la côte et s'effectue sur les plages et dans les eaux peu profondes. Les œufs s'attachent au gravier sur la plage ou sur le fond marin. Le temps d'incubation varie en fonction de la température de l'eau; elle est d'une durée de 15 jours à 10 °C. Les larves deviennent pélagiques et demeurent près de la surface jusqu'à l'arrivée de l'hiver (MPO 2008a). Par la suite, elles se déplacent en eau plus profonde jusqu'à ce que l'eau se réchauffe au printemps (Jangaard 1974). Les variations interannuelles d'abondance de cette espèce sont importantes à cause de la mortalité naturelle très élevée.

Avec le maquereau et le hareng, le capelan s'insère dans le groupe des poissons pélagiques qui supporte l'importante prédation des niveaux trophiques supérieurs dans le golfe du Saint-Laurent. Cette espèce s'alimente surtout de mésozooplancton et de macrozooplancton (Savenkoff *et al.* 2004). Étant donné que le capelan et le hareng se nourrissent principalement de zooplancton et qu'ils fréquentent le SIBA pour leur alimentation, les deux espèces ont été regroupées en une seule entité pour la SdE.

2.3.2.6 Hareng (*Clupea harengus*)

Le hareng de l'Atlantique est une espèce pélagique retrouvée des deux côtés de l'Atlantique Nord, ainsi que dans la mer Baltique. Dans la partie nord-ouest, il se distribue du Cap Hatteras jusqu'à la partie septentrionale du Labrador (CCRH 2009). Le hareng effectue de longues migrations annuelles associées à la ponte, à l'alimentation et aux aires de reproduction (MPO 2010a, b). Cette espèce entreprend également d'importants mouvements verticaux, se tenant généralement en eaux profondes le jour jusqu'à 200 mètres (Scott et Scott 1988) et près de la surface la nuit (CCRH 2009). Il se reproduit dans des frayères spécifiques, dans les eaux côtières et sur des bancs hauturiers (CCRH 2009). La plupart des individus fraient pour la première fois à l'âge de quatre ans (MPO 2010b). Le hareng est le seul représentant de la famille des clupéidés à pondre des œufs collants démersaux. Chaque femelle dépose entre 20 000 et 100 000 œufs selon sa taille.

Le hareng est une composante importante de l'écosystème en raison de son abondance et de son rôle en tant qu'espèce fourragère, transférant l'énergie vers les niveaux supérieurs du réseau trophique en servant de proie à de nombreuses espèces de poissons (morue, thon), oiseaux et mammifères marins (baleines, phoque gris, phoque du Groenland). De plus, les œufs déposés sur le fond servent de nourriture à plusieurs animaux benthiques, dont la plie rouge. En plus de servir de proie, le hareng joue également un rôle de prédateur sur les œufs et les larves de plusieurs espèces de poissons (FRCC 1999), le zooplancton et les invertébrés benthiques (MPO 2006a).

Depuis le déclin des stocks de poissons de fond, le hareng, comme plusieurs autres espèces pélagiques, a pris de l'importance dans la dynamique de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent et joue maintenant un rôle prédominant (Morissette *et al.* 2009). Le hareng constitue entre autres une composante importante de la communauté des poissons du sud du Golfe (MPO 2010b).

Capelan et hareng dans le SIBA

Les deux espèces fréquentent le SIBA pour leur alimentation (McQuinn *et al.* 2012). D'ailleurs, les deux espèces s'alimentent principalement (> 90 %) de copépodes et de krill (Savenkoff *et al.* 2004, 2006). De plus, les deux espèces ne se reproduisent pas dans le SIBA (Ian McQuinn, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.). Étant donné que les deux espèces utilisent le SIBA presque exclusivement pour l'alimentation et que leur alimentation est similaire, ces deux espèces seront regroupées dans la SdE.

2.3.2.7 Maquereau (*Scomber scombrus*)

Parmi les trois espèces du genre *Scomber*, le maquereau bleu présente la distribution la plus nordique. C'est également la seule espèce de ce genre qui ne possède pas de vessie natatoire, l'obligeant ainsi à nager continuellement pour maintenir son équilibre hydrostatique. Poisson pélagique, le maquereau effectue de longues migrations annuelles transfrontalières au printemps et à l'automne (zone d'hivernage du plateau continental des États-Unis, région du Banc Georges) en bancs parfois très denses (MPO 2008b). Ces regroupements et sa rapidité lui permettent d'échapper plus efficacement à ses prédateurs tout en facilitant son alimentation (MPO 1993, 2004, 2007b). Le maquereau peut vivre jusqu'à 18 ans (MPO 1993).

Dans les eaux canadiennes, le maquereau se reproduit principalement dans le sud du golfe du Saint-Laurent de la fin mai au début août, mais majoritairement au cours des mois de juin et juillet (Grégoire *et al.* 2013). Les plus importantes concentrations d'œufs se retrouvent généralement dans la région située au sud du chenal Laurentien, à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine dans des eaux dont la température est de 10 °C et plus (MPO 2004a, 2007b, Grégoire *et al.* 2013). Au maximum de la ponte, les températures de l'eau varient entre 9 °C et 12 °C et, à ces températures, le temps d'incubation des œufs est d'environ une semaine. La reproduction est dite multiple, parce que chaque femelle effectue plusieurs pontes, et asynchrone, parce que la ponte peut être réalisée à n'importe quel moment du jour et de la nuit. La ponte se produit près de la surface et, lors de l'incubation, les œufs se retrouvent en suspension dans les couches de surface situées au-dessus de la thermocline (MPO 2004a). Selon les inventaires effectués dans le sud du Golfe, les œufs de maquereau se retrouvent presque exclusivement dans les 10 premiers mètres de la colonne d'eau et les adultes dans les 50 premiers mètres (F. Grégoire, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.). La saison de reproduction est progressive en fonction du réchauffement de l'eau et de la migration du maquereau du sud vers le nord (Studholme *et al.* 1999). La plupart des femelles en frai sont très fécondes, pondant entre 200 000 et 500 000 œufs (MPO 1993).

Le maquereau se nourrit de plancton (petits crustacés, œufs de poissons et larves) ainsi que de petits poissons tels que le capelan, de jeunes harengs et maquereaux (Savenkoff *et al.* 2005). Il s'alimente de deux façons sélectives, soit par recherche active ou par filtration. Ses principaux prédateurs incluent les baleines, les phoques, les thons, les requins, les oiseaux de mer (par ex., fou de Bassan), la morue et le calmar (MPO 1993).

L'espèce peut être présente dans le SIBA lors de ses déplacements et pour son alimentation à certains moments de l'année (Ian McQuinn, Institut Maurice-Lamontagne, comm. Pers.). Toutefois, ce qui caractérise le SIBA dans le cas du maquereau, c'est qu'il se situe à la limite nord de l'aire de ponte de cette espèce (Grégoire *et al.* 2013). Cette limite de l'aire de reproduction est principalement due à la température de l'eau qui est plus froide dans le SIBA que dans la zone de prédilection plus au sud (Grégoire *et al.* 2013). Toutefois, avec le réchauffement du climat, le SIBA pourrait devenir une zone de plus en plus privilégiée pour la ponte du maquereau.

2.3.3 Objectif 3 - Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril

2.3.3.1 Loup atlantique (*Anarhichas lupus*)

Espèce de la famille des Anarhichadidés, le loup atlantique est un poisson allongé et robuste qui présente une grosse tête (par rapport à son corps), une grande bouche et un museau arrondi. Comme tous les loups, cette espèce a de grandes dents saillantes à l'avant de la mâchoire et des dents broyeuses aplaties à l'arrière. Son patron de coloration varie en fonction de l'environnement (par ex., bleu ardoise, vert olive mat et brun rougeâtre) et son corps est orné de bandes transversales foncées. Le loup atlantique, qui est dépourvu de nageoire pelvienne, peut atteindre 150 cm de longueur et peser près de 20 kg (Scott et Scott 1988).

Cette espèce fréquente les eaux profondes du plateau continental caractérisées par un fond d'argile dure ou de roche et occasionnellement de fonds sablonneux. Ses déplacements sont limités et localisés. Le loup atlantique est bien adapté à un large éventail de profondeurs (par ex., peu profond jusqu'à 500 m) et de températures (par ex., -1°C à 10°C) (O'Dea et Haedrich 2000).

La période de reproduction semble varier dans le temps et dans l'espace en fonction des conditions environnementales dans lesquelles vit chacune des populations. Par exemple, sur la côte est de Terre-Neuve, certains loups migrent vers les eaux littorales peu profondes au printemps et fraient en septembre alors que l'éclosion a lieu à la mi-décembre (Keats *et al.* 1985). Les œufs déposés en masse volumineuse sur le fond sont gardés par le mâle. Suite à l'éclosion, les larves demeurent généralement près du fond à proximité du lieu d'éclosion (O'Dea et Haedrich 2000).

L'alimentation des loups est principalement constituée d'invertébrés benthiques à test dur tels que les échinodermes, les mollusques et les crustacés, mais il consomme également du poisson, notamment le sébaste (Templeman 1985, Simpson *et al.* 2013). Selon certaines sources, il jouerait un rôle écologique important en régissant la densité et la répartition spatiale de l'oursin vert (Hagen et Mann 1992), des crabes (Witman et Sebens 1992) et du pétoncle géant (Stokesbury et Himmelmann 1995). Les prédateurs du loup atlantique sont peu connus, mais la présence de jeunes individus a déjà été signalée dans des contenus stomacaux de morues (Scott et Scott 1988).

Cette espèce est largement répartie sur les deux côtes de l'Atlantique Nord. Dans les eaux canadiennes, le loup atlantique se retrouve dans l'Atlantique Nord-Ouest à l'ouest du Groenland et au sud du Labrador, dans le détroit de Belle-Isle et dans le golfe du Saint-Laurent, au large des côtes est et ouest de Terre-Neuve et sur les bancs de Terre-Neuve (O'Dea et Haedrich 2000, Figure 6a).

La migration limitée des adultes et la dispersion restreinte des larves pourraient contribuer à la vulnérabilité localisée des populations de loups atlantiques. De plus, il est peu probable que le rétablissement d'une population décimée soit possible par une immigration de source externe. En effet, la large gamme de températures et de profondeurs pourrait seulement être un indice des régimes uniques distincts de ces paramètres caractérisant chacune des populations, plutôt qu'un signe de confluence (O'Dea et Haedrich 2000).

Selon la Loi sur les espèces en péril, le loup atlantique a le statut d'espèce « préoccupante » depuis 2000. Le statut a été révisé en 2012 et est resté le même. Selon le registre public sur les

espèces en péril : « les données disponibles sur le sujet indiquent que le nombre de loups atlantiques dans les eaux du Canada a connu un déclin de 87 p. 100 depuis la fin des années 1970 jusqu'au milieu des années 1990. Le nombre d'endroits où se trouve l'espèce a connu un déclin et l'aire de répartition où elle est abondante est peut-être en voie de diminution. Même si l'espèce a connu un déclin important, elle est toujours considérée comme étant largement répandue et le nombre d'individus est relativement élevé ». De plus, aucune donnée n'est disponible sur les causes directes des déclins de l'espèce dans l'Atlantique.

Le loup atlantique compte parmi les prises commerciales. Il a déjà été parmi les espèces ciblées, mais, maintenant, il ne fait l'objet que de prises accidentelles. Cependant, même ce genre de prises peut avoir une incidence négative sur les populations de loups atlantiques. De plus, le chalutage de fond nuit probablement à l'espèce en perturbant et en détruisant son habitat.

La présence du loup atlantique a été confirmée dans le SIBA lors des inventaires en plongées du MPO et dans le rapport du COSEPAC sur cette espèce (Figure 6a, COSEPAC 2012a). De plus, bien que le loup à tête large (*Anarhichas denticulatus*) et le loup tacheté (*Anarhichas minor*), deux espèces menacées selon la LEP (Loi sur les espèces en péril), aient été mentionnés comme CE potentielles lors des consultations publiques (Gauthier *et al.* 2013), aucune donnée ne confirme leur présence dans le SIBA, selon les rapports du COSEPAC (Figure 6b et c, COSEPAC 2012b, c). Toutefois, comme ces trois espèces ont un comportement et une biologie similaire (habitat et nourriture), les résultats de la SdE devraient pouvoir s'appliquer aux trois espèces (*Anarhichas* sp.).

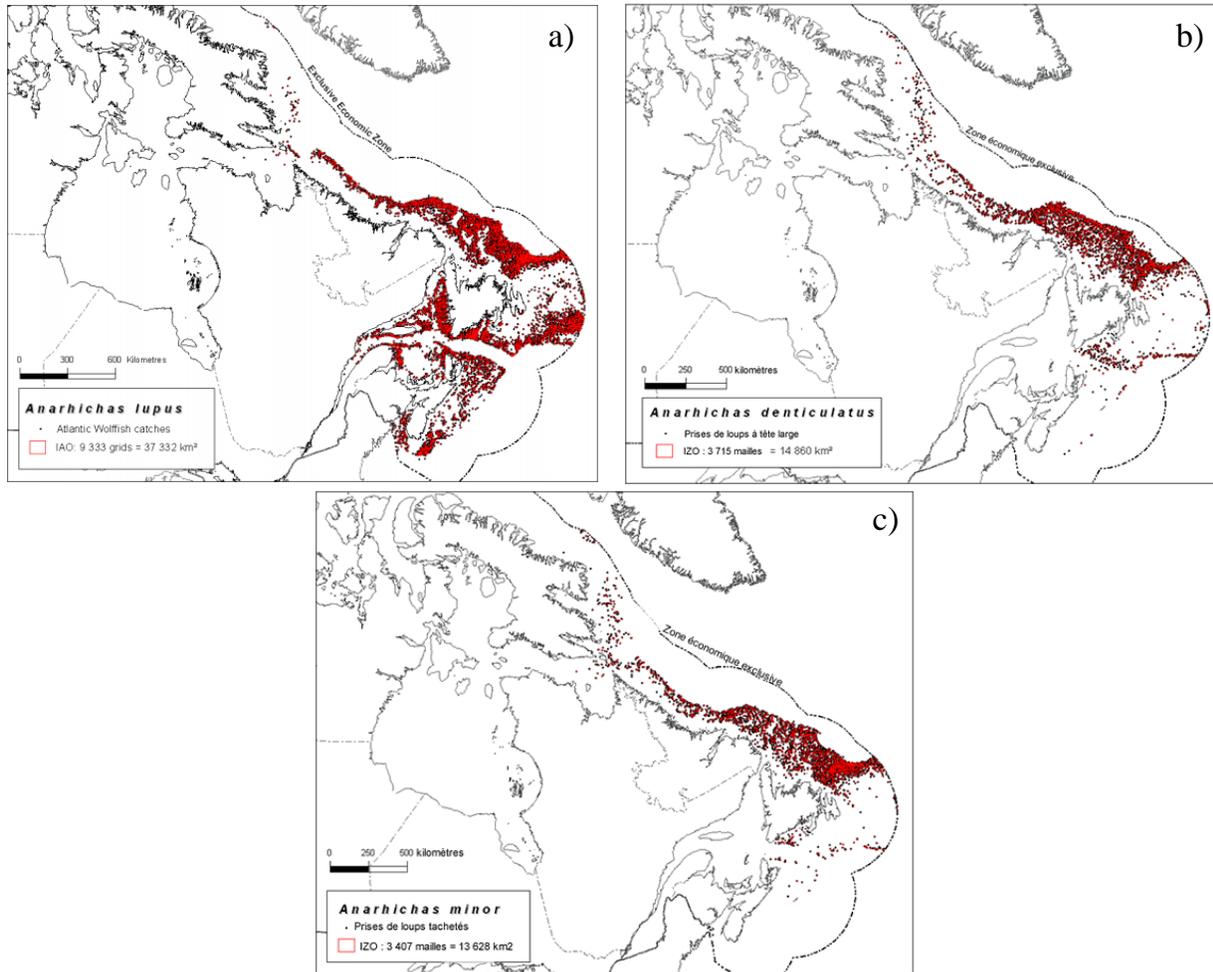


Figure 6. Carte montrant l'indice de zone d'occupation (IZO) (zones en rouge) du loup atlantique (a), du loup à tête large (b) et du loup tacheté (c) au Canada, établi à partir des prises des relevés scientifiques au chalut de Pêches et Océans Canada. Source COSEPAC (COSEPAC 2012a, b, c).

2.3.3.2 Baleine noire (*Eubalaena glacialis*)

Il existe deux espèces de baleines noires dans les eaux canadiennes, *Eubalaena japonica* dans le Pacifique et *Eubalaena glacialis* dans l'Atlantique. La baleine noire de l'Atlantique Nord est un cétacé de grande taille, de forme arrondie et reconnaissable à son menton carré, sa peau généralement noire parfois tachée de blanc au niveau du ventre et du menton ainsi qu'à l'absence de nageoire dorsale. Cette baleine peut atteindre 16 m de long. Sa couche de graisse, qui peut atteindre 20 cm d'épaisseur, sert de réserve énergétique et d'isolant (Allen 1908 et Andrews 1908 dans COSEPAC 2003a). Le rostre étroit et très arqué ainsi que la mâchoire inférieure très recourbée sont caractéristiques de l'espèce (COSEPAC 2003a).

Les baleines noires de l'Atlantique Nord migrent vers le nord dans les eaux canadiennes pour se nourrir. Leur régime alimentaire est composé en grande majorité de copépodes, principalement *Calanus finmarchicus* (Mayo et Marx 1990). Elles se nourrissent par filtration en nageant la bouche

ouverte à la surface (écrémage) ou en profondeur. Les fanons à franges disposés de chaque côté de la mâchoire leur permettent de capter la nourriture. Les copépodes forment des concentrations aux endroits où les marées, le vent et les courants marins dominants créent des convergences où la température, la salinité et la densité permettent la formation de fronts.

Cette espèce vivrait couramment jusqu'à 30 ans, le plus vieil individu répertorié ayant environ 70 ans. Les baleines noires femelles donnent naissance à un seul baleineau tous les deux à six ans. L'âge à la maturité sexuelle est inconnu, mais la première parturition aurait lieu autour de 10 ans (Kraus *et al.* 2005). Environ 30 % de la population serait composée de jeunes (moins de 10 ans), ce qui est nettement inférieur aux niveaux observés dans d'autres populations de mysticètes (COSEPAC 2003a).

L'aire de répartition dans l'ouest de l'Atlantique Nord s'étend de la Floride à Terre-Neuve et au golfe du Saint-Laurent. Durant l'été et l'automne, de petits groupes peuvent être observés dans le secteur du plateau néo-écossais, dans le golfe du Saint-Laurent, le long de la Basse-Côte-Nord et dans l'est de la Gaspésie. La répartition actuelle de cette espèce représente seulement une petite partie de l'aire occupée dans le passé (COSEPAC 2003a).

La baleine noire est considérée comme une espèce « en voie de disparition » selon la LEP. La dernière évaluation de son statut au COSEPAC date de 2003. Selon le rapport du COSEPAC (2003), des collisions avec les navires et des emmêlements dans les engins de pêche ont été rapportés pour cette espèce. Ces deux facteurs pourraient être spécialement problématiques pour cette espèce, étant donné qu'elle se retrouve près des côtes, là où la circulation et les engins de pêche sont les plus denses. De plus, une diminution marquée de la reproduction est notée depuis 1990. Les raisons qui expliqueraient ce phénomène sont diverses : diminution de la nourriture, changement d'utilisation de l'habitat, maladies, pollution, facteurs génétiques et changements climatiques. La dégradation de l'habitat et le dérangement par les touristes et le bruit sont également des facteurs mis en cause.

Comme la baleine noire utilise le SIBA essentiellement pour s'alimenter et que son alimentation s'apparente à celle du rorqual bleu, ces espèces seront regroupées pour la SdE. Ainsi, les détails de la présence de cette espèce dans le SIBA sont présentés à la section sur la baleine noire et le rorqual bleu.

2.3.3.3 Rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*)

La taille de la population de l'Atlantique Nord-Ouest n'est pas connue, mais les experts estiment qu'il est peu probable que le nombre d'animaux matures excède 250 individus (COSEPAC 2002). Selon les connaissances disponibles, le rorqual bleu utilise les eaux côtières et pélagiques de l'Atlantique canadien en période estivale pour s'alimenter principalement de krill (Sears et Calambokidis 2002). Le rorqual bleu est oligophage, ce qui signifie qu'il mange essentiellement une seule source de nourriture, les euphausiacés ou « krill », bien que les copépodes puissent être consommés occasionnellement (Sears et Calambokidis 2002). Cette espèce peut ingérer entre deux et quatre tonnes de krill par jour et utilise une méthode d'alimentation exigeante sur le plan bioénergétique (Doniol-Valcroze *et al.* 2011). Cette migration permet aux rorquals bleus de s'alimenter pendant quatre à six mois dans des zones très productives, d'engraisser et de stocker

des réserves pour les mois de l'année où l'alimentation est limitée dans les zones hivernales (Lockyer 1984).

Au Québec, la majorité des observations récentes pour la population de l'Atlantique Nord-Ouest ont été réalisées dans le golfe du Saint-Laurent (Sears 1983, Sears *et al.* 1990), plus précisément dans la région des Îles Mingan, de l'île d'Anticosti et au large de la Gaspésie (COSEPAC 2002, Lesage *et al.* 2007, Comtois *et al.* 2010). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, les observations ont lieu entre Forestville et Tadoussac, principalement durant la période de mai à décembre, avec un pic d'observations entre juin et août (COSEPAC 2002). Le nombre total de rorquals bleus dans le golfe du Saint-Laurent n'est pas connu, mais 405 rorquals bleus ont été photo-identifiés entre 1979 et le printemps 2007, essentiellement dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (R. Sears, Station de recherche des Îles Mingan, comm. pers., Comtois *et al.* 2010). Chaque année, de 20 à 105 rorquals bleus sont répertoriés dans cette région. Environ 40 % des rorquals bleus identifiés reviennent fréquemment dans le secteur d'étude. Les autres individus répertoriés ont été observés pendant moins de trois saisons entre 1979 et 2002, ce qui laisse croire que ces individus vivent la plupart du temps à l'extérieur du Saint-Laurent (Beauchamp *et al.* 2009).

Le rorqual bleu est considéré comme une espèce « en voie de disparition » selon la LEP. La dernière évaluation de son statut au COSEPAC date de 2012. Selon le registre des espèces en péril, la chasse commerciale à la baleine, pratiquée autrefois, était le principal facteur responsable du déclin de la population de rorquals bleus. Avant 1960, on a capturé au moins 11 000 rorquals bleus dans l'Atlantique Nord, dont environ 1 500 ont été pris dans les eaux canadiennes entre 1898 et 1951. Depuis la fin de la chasse commerciale, les menaces anthropiques sont notamment les collisions avec des navires, les perturbations causées par l'accroissement des activités d'observation des baleines, la prise accidentelle dans des engins de pêche et la pollution (principalement par les hydrocarbures). De plus, son régime alimentaire limité à une seule ressource, le krill, rend les rorquals bleus particulièrement vulnérables aux changements touchant l'abondance et la répartition de cette proie (Croll *et al.* 1998, Sears et Calambokidis 2002). En fait, parmi les menaces décrites dans le programme de rétablissement (Beauchamp *et al.* 2009), deux présenteraient un risque élevé pour la population : le manque de nourriture pour le rorqual bleu et le bruit d'origine anthropique.

La baleine noire et le rorqual bleu dans le SIBA

Les deux espèces fréquentent le SIBA pour leur alimentation, la baleine noire pour les copépodes et le rorqual bleu pour le krill. Toutefois, comme la dynamique de la présence du krill et des copépodes dans le SIBA (via le courant de Gaspé) est similaire, et que les copépodes et le krill sont traités ensemble pour la SdE, nous proposons ici de faire de même avec ces deux espèces de baleine. La baleine noire et le rorqual bleu ont été observés sur le site durant la période 2008-2015 (ROMM 2015).

2.3.3.4 Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)

Le rorqual commun vit dans tous les océans et effectue généralement des migrations saisonnières entre ses lieux d'hivernage, sous de basses latitudes, et ses lieux d'alimentation, sous des latitudes

plus élevées. En hiver, les populations semblent se disperser davantage. Les lieux d'hivernage de l'espèce sont encore mal connus (COSEPAC 2005). Dans les eaux de l'est du Canada, le rorqual commun se nourrit principalement de krill et de capelan. On peut présumer que les rorquals communs de l'estuaire du Saint-Laurent tirent parti des fortes concentrations locales de krill et d'un de ses prédateurs, le capelan (Simard et Lavoie 1999). Ils partagent leur lieu d'alimentation avec les rorquals à bosse, mais l'analyse des acides gras confirme que le rorqual commun occupe une position plus élevée dans la chaîne trophique (Borobia *et al.* 1995). Le rorqual commun montre une préférence marquée pour les eaux côtières peu profondes (de 100 à 200 m de profondeur) et les fonds escarpés. Il effectue des plongées allant jusqu'à 230 m, en fonction de diverses activités (diurnes et nocturnes, déplacements, repos, exploration, alimentation) (GREMM 1999).

En été, les rorquals communs de l'ouest de l'Atlantique Nord se rassemblent dans le golfe du Saint-Laurent (COSEPAC 2005) et il est connu que certains animaux passent l'été près de Tadoussac, dans l'estuaire du Saint-Laurent. En tout, 88 individus y ont été photo-identifiés entre 1986 et 2001 (Giard *et al.* 2001). De ce nombre, environ 30 % sont considérés comme des résidents saisonniers, et les autres, comme des visiteurs réguliers ou occasionnels.

La population de rorqual commun de l'Atlantique a été désignée « préoccupante » en mai 2005 par le COSEPAC et selon la LEP. Toujours selon le COSEPAC (2005), les principales menaces pour cette espèce sont les emmêlements dans les engins de pêche, les collisions avec les navires de même que les perturbations acoustiques.

Le rorqual commun utilise le SIBA principalement comme aire d'alimentation. Il se nourrit principalement de krill et de capelan, qui se retrouvent en abondance dans le SIBA. Il a été observé sur le site durant la période 2008-2015 (ROMM 2015).

2.3.3.5 Marsouin commun (*Phocoena phocoena*)

Le marsouin commun, de la famille des Phocoénidés, figure parmi les plus petits cétacés. Dans l'est du Canada, très peu d'individus dépassent 170 cm. Les mâles sont plus petits (145 cm, 50 kg) que les femelles (160 cm, 65 kg). Comme les autres membres de cette famille, ce marsouin possède une tête ronde dépourvue de rostre externe ou de bec. Leur corps trapu se termine en pointe au niveau de la gorge qui est aplatie latéralement juste avant les nageoires pectorales. Une petite nageoire triangulaire située environ dans le milieu du dos est caractérisée d'une lisière principale doublée de petites protubérances en saillies (c.-à-d., tubercules).

Cette espèce s'observe surtout le long des plateaux continentaux (Gaskin 1992), mais il arrive d'apercevoir des individus dans des eaux plus profondes (Waring *et al.* 2001). Le marsouin fréquente parfois les baies et les ports durant la saison estivale. Comme plusieurs autres espèces de mammifères marins, il fréquente les endroits aux caractéristiques physiographiques qui contribuent à concentrer les proies pour en faciliter leur capture. Ayant une capacité limitée d'accumulation d'énergie, il demeure relativement proche des sources de nourriture (COSEPAC 2006). Grâce à sa couche de lard riche en lipides (Koopman *et al.* 2002, McLellan *et al.* 2002), c'est une espèce bien adaptée aux eaux froides et elle fréquente rarement des eaux d'une température supérieure à 16 °C (Gaskin 1992).

Comparativement à d'autres cétacés, le marsouin commun atteint sa maturité sexuelle jeune (c.-à-d. environ 3-4 ans) et détient une fécondité élevée (Read et Hohn 1995). Cependant, ce n'est pas une espèce longévive (environ 20 ans) et elle produit seulement un jeune par gestation (Caswell *et al.* 1998). La gestation dure de 10 à 11 mois et est suivie d'une période de lactation d'au moins huit mois.

L'alimentation du marsouin se compose d'une variété de petits poissons (par ex., hareng, capelan, maquereau, sébaste, morue) et de céphalopodes, d'une longueur généralement inférieure à 30 cm (Read 1999). Son régime alimentaire présente une variation interrégionale importante à la fois à Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Dans ce dernier secteur, la proie dominante est le capelan dans le nord-ouest du golfe, mais devient le hareng dans la région de Gaspé (COSEPAC 2006). En raison de leur petite taille, et conséquemment à leur faible réserve énergétique, les marsouins doivent se nourrir fréquemment pour maintenir un état corporel satisfaisant. Cet aspect peut expliquer l'association écologique étroite observée entre cette espèce et les proies riches en lipides, comme le capelan et le hareng dans tout l'est du Canada (COSEPAC 2006).

Dans l'est du Canada, les marsouins communs se retrouvent depuis la baie de Fundy au nord jusqu'au cap Aston sur l'île de Baffin, à environ 70° N (Gaskin 1992). L'aire méridionale de l'espèce s'étend dans les eaux américaines. En été, des marsouins communs sont observés dans tout le golfe du Saint-Laurent jusqu'à l'embouchure de la rivière Saguenay. Ils sont omniprésents le long de la côte nord du golfe du Saint-Laurent, le long de la côte de Gaspé et dans la baie des Chaleurs (Fontaine *et al.* 1994, Kingsley et Reeves 1998). Les densités des populations sont inférieures dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Il y a des raisons de croire que les marsouins du golfe sont migrateurs et que la plupart d'entre eux quittent cette zone en hiver pour éviter d'être emprisonnés par les glaces (COSEPAC 2006).

Le marsouin commun est considéré comme une espèce « préoccupante » selon la LEP. La dernière évaluation de son statut au COSEPAC date de 2006. La plus lourde menace récente qui pèse sur le marsouin commun dans l'est du Canada vient de la prise accessoire dans des filets maillants utilisés pour capturer les poissons de fond; cette menace a cependant beaucoup diminué suite à l'épuisement des stocks de poissons de fond et des réductions consécutives de la pêche. Parmi les autres menaces éventuelles, mentionnons la dégradation de l'habitat, la perte de l'habitat résultant de l'utilisation d'appareils de harcèlement acoustique (notamment près des lieux où l'on pratique la salmoniculture), ainsi que la pollution de l'environnement par les composés organochlorés et les biphényles polychlorés (BPC).

Le marsouin commun utilise le SIBA principalement comme aire d'alimentation. Selon COSEPAC (2006), l'alimentation du marsouin dans la région de Gaspé (SIBA) serait composée principalement de hareng. Il a été observé sur le site durant la période 2008-2015 (ROMM 2015).

2.4 Activités humaines et pressions (stresseurs)

Pour cette section, une liste d'activités humaines potentielles a été réalisée à partir des documents suivants : Gauthier *et al.* (2013), Hardy *et al.* (2012) et à partir des résultats d'un sondage/consultation publique mené par l'équipe de la gestion des océans de la direction régionale

de la gestion des écosystèmes de la région du Québec (MPO 2013). De plus, il est à noter que les nations autochtones Mi'gmaq et Malécite à proximité du SIBA ont également été consultées (Arsenault *et al.* 2016). La consultation des intervenants est une étape importante dans le processus d'élaboration de la SdE (Gouv. Canada 2012).

À partir de cette liste, nous avons identifié les activités humaines qui sont réellement présentes dans le SIBA pour la période de temps étudiée (de 2008 à 2015) (Tableau 2). Certaines activités ne sont pas pratiquées pour le moment ou officiellement répertoriées dans le SIBA, mais ces dernières sont considérées comme potentielles dans notre analyse. Pour chaque activité, nous présentons une description générale et évaluons si elles sont présentes ou non dans le SIBA (Tableau 2).

Tableau 2. Liste des activités humaines pouvant causer des pressions sur les composantes écologiques.

Activités	Présente (rouge) ou non (vert)	Potentielle
Pêches		
Chalut		
Filet maillant		
Senne		
Drague (à pétoncle)		
Casiers		
Palangre		
Pêche en plongée		
Filets/casiers fantômes		
Aquaculture		
Transport maritime		
Récréotouristiques		
Observation des mammifères marins		
Plongée		
Industrielles		
Activités pétrolières		
Activités sismiques		
Dragage		
Câbles sous-marins		
Rejets industriels maritimes		
Activités scientifiques		
Activités anthropiques terrestres - rejets municipaux, industriels et agricoles des eaux usées		
Activités autochtones		

2.4.1 Pêches

Le SIBA est un site de pêche commerciale reconnu et qui doit d'ailleurs son nom aux nombreux bateaux de pêche américains qui le fréquentaient aux XVIII^e et XIX^e siècles. De nos jours, plusieurs engins de pêche y sont utilisés avec des impacts différents sur les composantes biologiques étudiées. Cela comprend la pêche aux poissons de fond (flétan Atlantique *Hippoglossus hippoglossus*, flétan du Groenland *Reinhardtius hippoglossoides*, morue *Gadus morhua*, plie canadienne *Hippoglossoides platessoides*, plie grise *Glyptocephalus cynoglossus*,

sébaste *Sebastes* sp. et merluche blanche *Urophycis tenuis*), aux poissons pélagiques (maquereau *Scomber scombrus*) et aux crustacés (crabes des neiges *Chionoecetes opilio*, crevette *Pandalus borealis*). Selon la base de données « zonal interchange file format (ZIFF) » du MPO, onze espèces différentes ont été récoltées de 2004 à 2015 et le nombre d'activités de pêche (nombre de sorties avec prise sur une base annuelle) a varié entre 75 et 216 dans le SIBA (tous les engins et espèces confondus; Figures 7a, b).

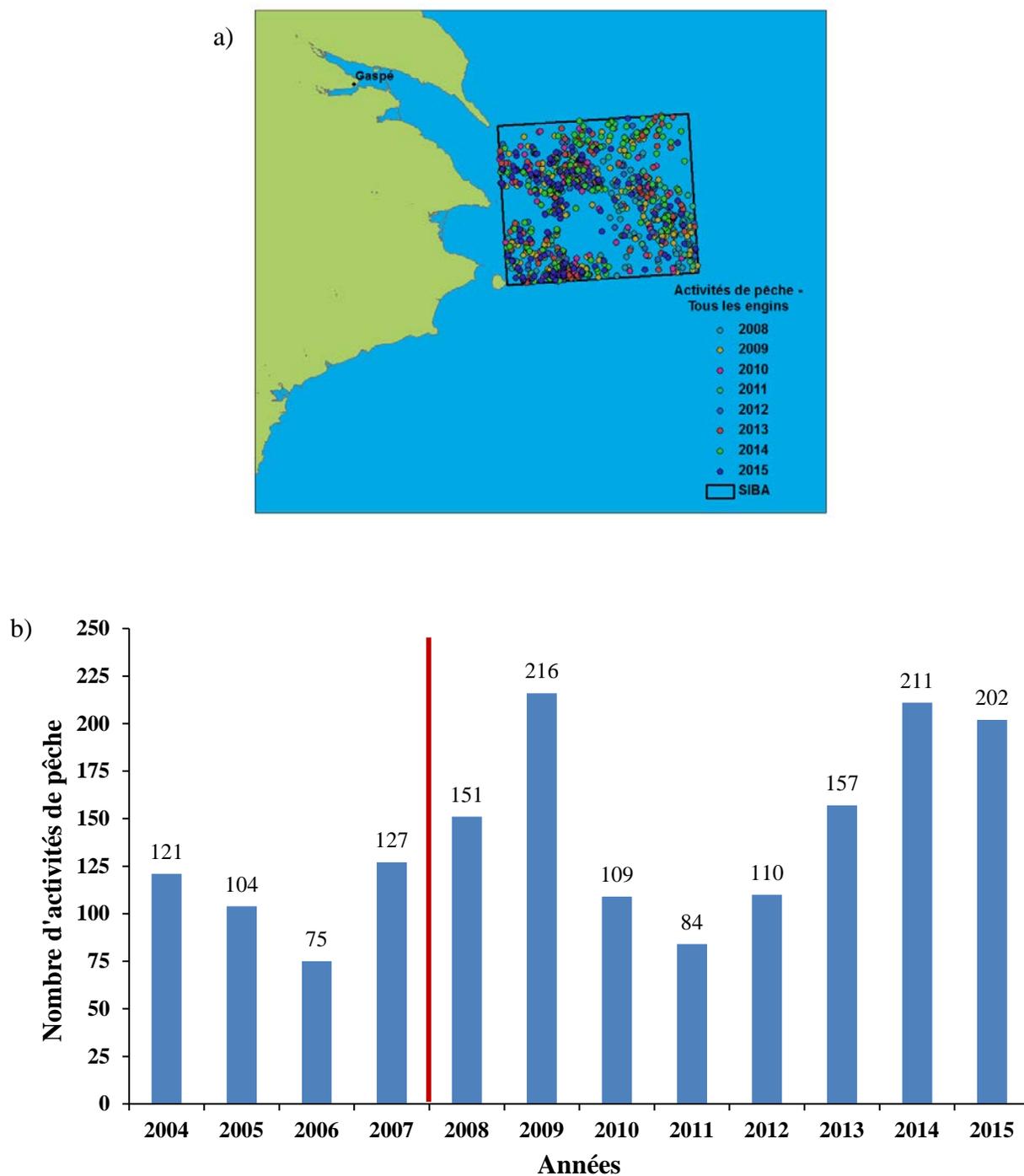


Figure 7. Recensement des activités de pêche (tous les engins confondus) : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

Il y a plusieurs impacts (ou pressions) liés à la pêche commerciale sur l'écosystème. Premièrement, peu importe l'engin utilisé, la pêche engendre inévitablement un prélèvement de biomasse (autant d'espèces recherchées que celles prises accidentellement, que ce soit des poissons ou des invertébrés marins, incluant les espèces à statut précaire). Le prélèvement, s'il n'est pas convenablement géré, peut mener à la surexploitation des ressources et avoir des effets importants sur les espèces ciblées dans les objectifs de conservation. La modification physique des habitats par certains engins de pêche (chalut de fond, drague à pétoncles, etc.) peut également avoir un impact sur le cycle biologique de plusieurs espèces. L'emmêlement dans les engins de pêche représente également une pression pour les mammifères marins qui fréquentent le SIBA. Indépendamment des engins de pêche, la navigation des bateaux de pêche peut elle aussi engendrer des pressions dans le milieu. Les bruits/dérangements et les collisions en sont des exemples. Finalement, le rejet des eaux usées (eaux grises et noires) peut avoir un impact sur la qualité de l'eau. Les détails en lien avec les différentes pressions sont présentés à l'annexe 2.

Nous présentons ci-après les activités de pêche pour déterminer les engins qui sont utilisés dans le secteur du SIBA. Selon le type d'engin utilisé, les pressions seront différentes.

2.4.1.1 Pêche au chalut de fond

Les chaluts sont constitués de grands filets synthétiques se terminant en forme d'entonnoir. Durant l'utilisation, le filet est maintenu ouvert par des panneaux divergents relativement lourds (portes). Les panneaux sont reliés au chalut par les entremises. Ces deux éléments sont en contact régulier avec le fond. Les chaluts sont équipés d'un faux bourrelet. Cet élément est disposé le long de la ralingue inférieure à l'entrée du chalut et est au Québec traditionnellement composé de sphères de caoutchouc enfilées sur une chaîne afin d'en assurer la rotation et de maintenir le chalut en contact avec le fond. Fuller *et al.* (2008) ont classé le chalut comme étant l'engin de pêche ayant le plus d'effets néfastes sur les fonds marins. En effet, différents engins de pêche ont été évalués quant aux dommages qu'ils pouvaient causer sur le fond marin, et une échelle de sévérité normalisée a été développée afin de pouvoir les classer et les comparer. Le chalut de fond a obtenu une valeur de 98 % sur cette échelle de sévérité, soit le premier rang de tous les engins évalués.

Les données ZIFF confirment la présence de cette activité de pêche dans le SIBA (Figures 8a, b). Selon les données des livres de bord de 2004 à 2014 (données non validées en 2015), la crevette nordique représente 99,5 % des prises en poids vif (226 379 kg) avec les chaluts sur le SIBA. Il est également reconnu que cet engin capture des espèces non ciblées. Nous avons des données sur les prises accessoires provenant des observateurs sur les bateaux de pêche sur le SIBA pour les années 2012 à 2014 inclusivement. Pour ces trois années, nous avons trouvé que 5 traits de chalut (espèce visée crevette nordique) ont capturé 21 espèces non-visées pour un total de 483 kg, ce qui représente 6 % des prises visées. Ce chiffre est similaire à celui rapporté pour les prises accessoires pour la pêche à la crevette sur le plateau néo-écossais (Koeller *et al.* 2007).

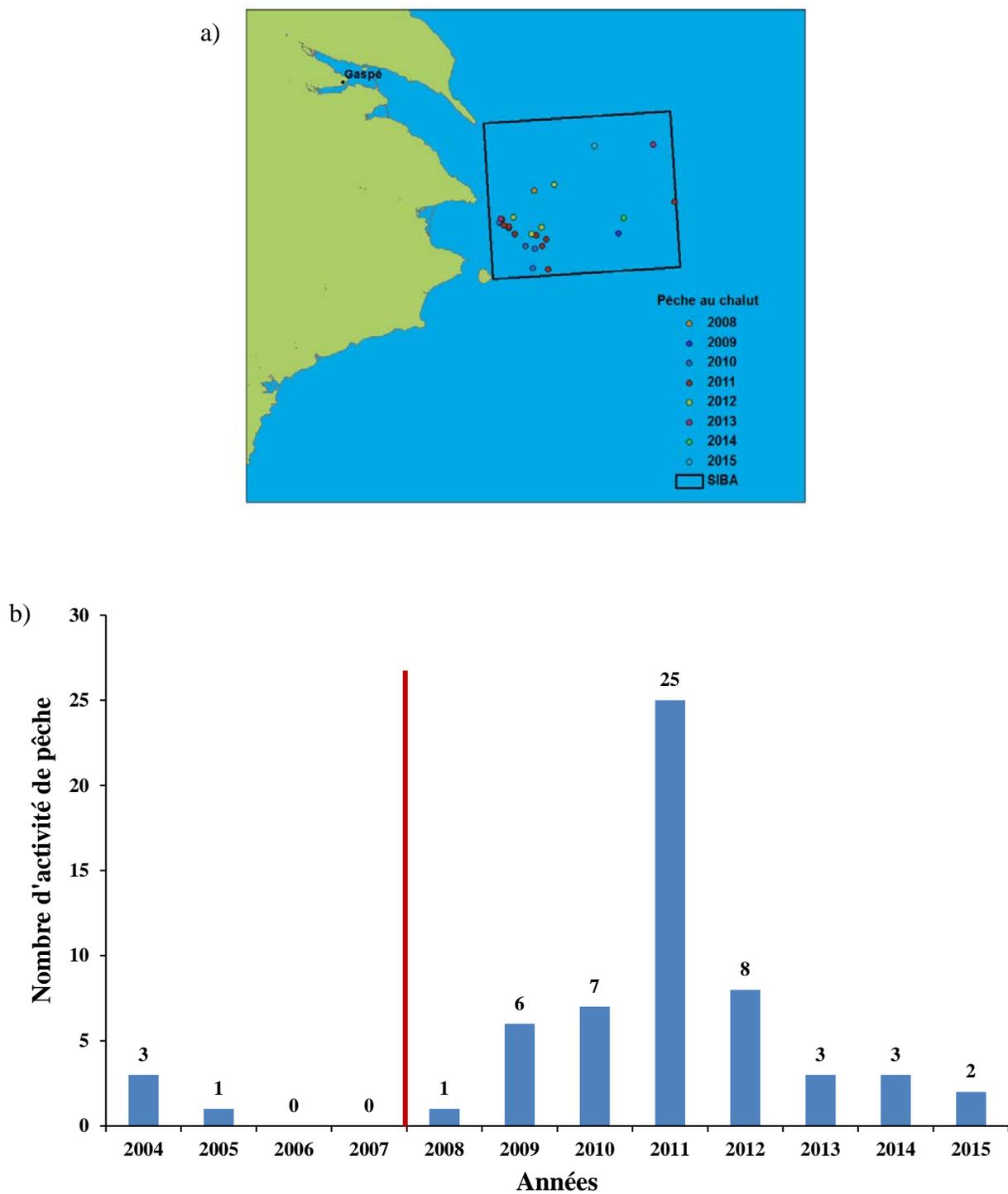


Figure 8. Recensement des activités de pêche au chalut : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

2.4.1.2 Filet maillant

Les filets maillants sont utilisés le long des côtes de l'Atlantique pour capturer de nombreuses espèces de poissons de fond, de poissons pélagiques et des espèces anadromes (MPO 1989).

Les filets maillants constituent des murs verticaux de mailles composées de monofilaments synthétiques de grandeurs variables en fonction de l'espèce visée. Il y a deux types de filets maillants, soit pour les poissons de fond, soit pour les poissons pélagiques. Le filet maillant de fond est gréé d'ancres ou de poids sécurisant l'engin sur le fond marin. À l'opposé, le type pélagique qui est utilisé à une profondeur spécifique à l'espèce visée, ne présente habituellement aucun contact avec le fond et peut être remorqué (dérivant). La pêche au filet maillant est très sélective quant à la taille (longueur) des captures.

Fuller *et al.* (2008) ont classé le filet maillant de fond au deuxième rang des engins altérant l'habitat marin, avec une valeur de 79 % sur l'échelle de sévérité normalisée, tandis qu'ils attribuent une cote de 35 % au filet maillant pélagique. Les impacts écologiques du filet maillant de fond sont donc élevés pour les poissons de fond et moyennement élevés pour les mammifères marins, les coraux et les éponges, les oiseaux marins et les invertébrés (Fuller *et al.* 2008). Pour les espèces non ciblées, Fuller *et al.* (2008) ont rapporté que le crabe des neiges constitue une prise accessoire fréquente dans les pêches au filet maillant de fond. Les mammifères et les oiseaux marins comptent également parmi les prises accidentelles de certaines pêches comme à Terre-Neuve, où ont été rapportées les captures de 5 000 phoques du Groenland (*Phoca groenlandica*) en 2003, 1 500 à 3 000 marsouins communs (*Phocoena phocoena*) en 2002 et entre 3 000 et 14 000 guillemots de Troil (*Uria aalge*) entre 2001 et 2003 (Lawson *et al.* 2004, Sjare *et al.* 2005, Davoren 2007).

Le filet maillant pélagique a un impact sur les poissons pélagiques, mais les prises accessoires sont peu documentées. Néanmoins, Fuller *et al.* (2008) ont rapporté que la mortalité d'oiseaux marins était de 16 000 guillemots de Troil dans une étude en Colombie-Britannique. Des prises de marsouins et de phoques ont également été rapportées par Cairns *et al.* (2000) et Hall *et al.* (2002). François Grégoire (MPO, Institut Maurice-Lamontagne) mentionne aussi que des petits mammifères marins et des requins peuvent se prendre occasionnellement dans les filets maillants. Il ajoute que des prises accessoires de maquereau sont possibles lors de la pêche au filet maillant dérivant visant le hareng, dans la baie des Chaleurs.

Les données ZIFF indiquent que cette activité de pêche a été pratiquée de façon sporadique au cours des années sur le SIBA, et que depuis 2011, aucune pêche au filet maillant n'a été faite (Figures 9a, b). Selon ces données, de 2004 à 2014 (2015 données non validées), le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) représentait 77 % des prises en poids vif (5 892 kg) avec les filets maillants sur le SIBA. Il est également reconnu que cet engin capture des espèces non ciblées, mais on n'a pas de données à ce sujet pour notre aire d'étude.

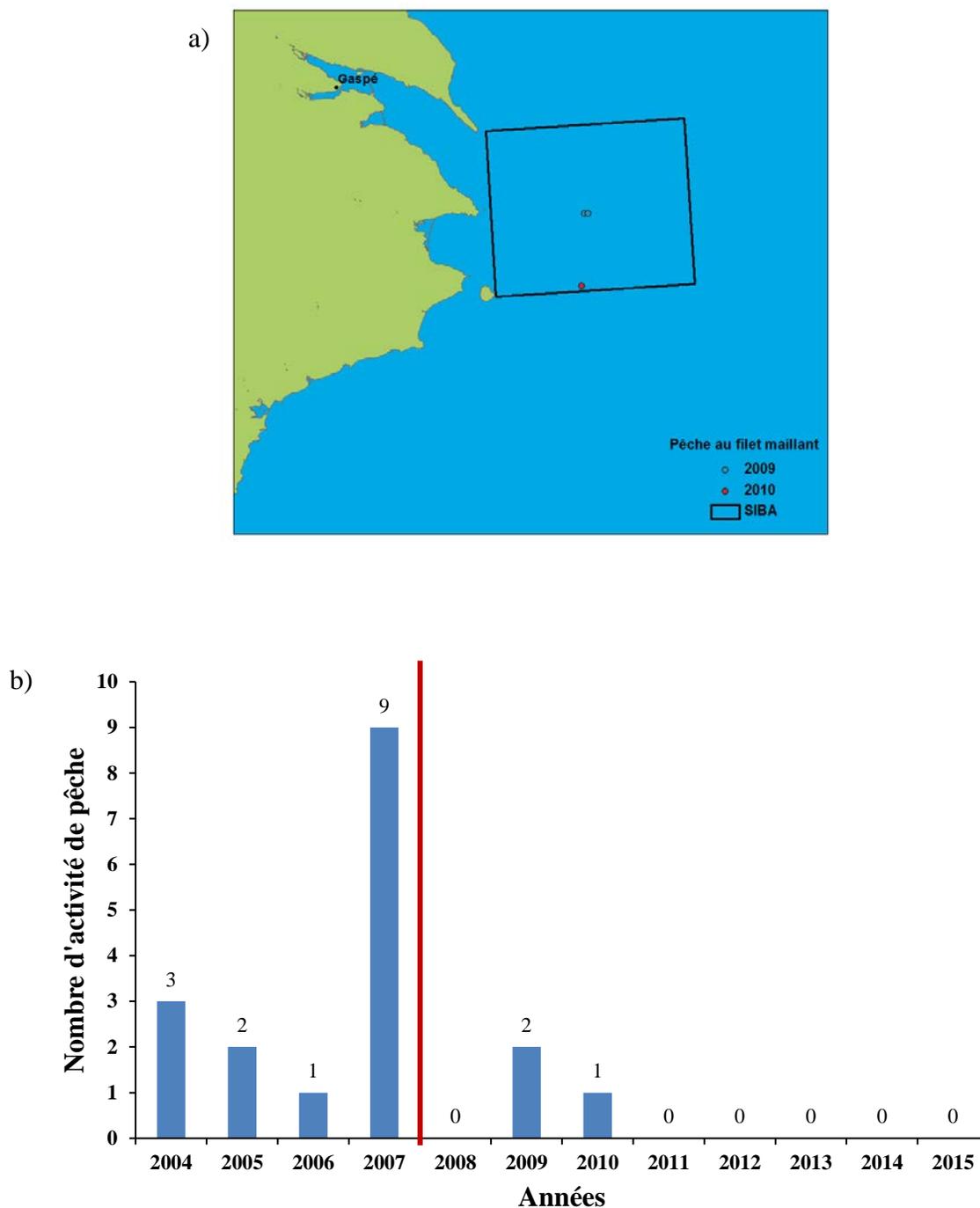


Figure 9. Recensement des activités de pêche au filet maillant : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

2.4.1.3 Senne danoise

La senne danoise est constituée de filets et de câbles qui forment un tamis en forme de poire sur le fond de l'océan. Les câbles lourds s'enfoncent dans la boue du fond, la remuent, ce qui entraîne les poissons dans le filet. Dans ce type de pêche, le bateau est en position fixe et l'engin est tiré sur le fond (MPO 1989).

La pêche à la senne a été pratiquée pour le capelan dans la zone OPANO 4Tn (qui inclut le SIBA) (MPO 2012). Toutefois, sur le SIBA, on dénombre seulement 4 activités de pêche à la senne pratiquée en 2007 et aucune depuis (Figure 10).

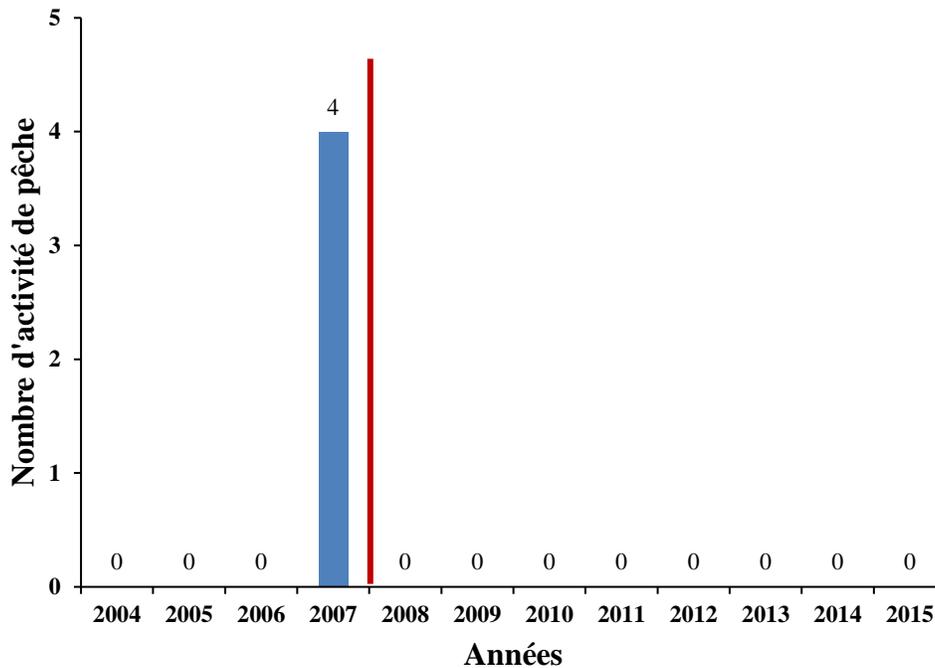


Figure 10. Recensement des activités de pêche à la senne entre 2004 et 2015 dans le SIBA. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

2.4.1.4 Drague (à pétoncle)

Les pétoncles vivent à la fois dans les eaux côtières et dans les eaux hauturières. Les méthodes de pêche sont similaires, mais pratiquées à une échelle différente (MPO 1989). Les dragues à pétoncles sont constituées de paniers métalliques grésés de dents qui sont remorqués et creusent le fond des océans pour capturer des pétoncles (Dufour et Ouellet 2007, Fuller *et al.* 2008). Les bateaux côtiers traînent plusieurs petites dragues, tandis que les bateaux hauturiers manœuvrent avec deux grandes dragues, placées côte à côte (MPO 1989).

Aucune activité n'est répertoriée dans les données ZIFF de 2008 à 2015 pour le SIBA.

2.4.1.5 Casiers

Le type de casier varie énormément en fonction de l'espèce ciblée. Au Québec, les types de casiers utilisés sont, entre autres, le casier conique, le casier japonais, le casier pyramidal, le casier rectangulaire et le parc en filet. Une des méthodes utilisées est qu'à mesure que le bateau avance lentement, les casiers sont jetés un par un à la mer. Ils sont ordinairement appâtés pour attirer les espèces ciblées. Après un certain temps, dépendamment de l'espèce et de la réglementation, les casiers sont remontés. Une ligne comprend plusieurs casiers et elle est dotée d'un flotteur. Les principales espèces capturées par les casiers dans l'Atlantique sont le crabe des neiges et le homard (MPO 1989). Il y a également une pêche dirigée aux buccins à l'aide de différents types de casiers.

Fuller *et al.* (2008) ont classé les casiers au cinquième rang des engins les plus dommageables avec une valeur de 44 % sur leur échelle de sévérité normalisée. Ces auteurs qualifient les impacts écologiques de ces engins de moyens pour les invertébrés, les poissons de fond, les mammifères marins et les coraux et éponges. Les prises accessoires varient considérablement et dépendent de l'espèce visée ainsi que de la taille des casiers. Généralement, les prises accessoires consistent en des individus de l'espèce visée, mais sous la taille minimale permise (Fuller *et al.* 2008). Dans ce type de pêche, les prises accessoires peuvent être relâchées vivantes et en bon état, avec une excellente chance de survie. Il est possible que les baleines puissent s'empêtrer dans les casiers. Un cas bien documenté est celui d'un rorqual commun nommé « capitaine crochet » empêtré dans un casier à crabe au printemps 2013 (GREMM 2013).

Les données ZIFF de 2004 à 2015 confirment que la pêche aux casiers est l'une des plus courantes sur le SIBA (Figures 11a, b). Selon ces données, de 2004 à 2014 (2015 non disponible au moment de la rédaction), le crabe des neiges représentait 100 % des prises en poids vif (2 498 197 kg) avec les casiers sur le SIBA.

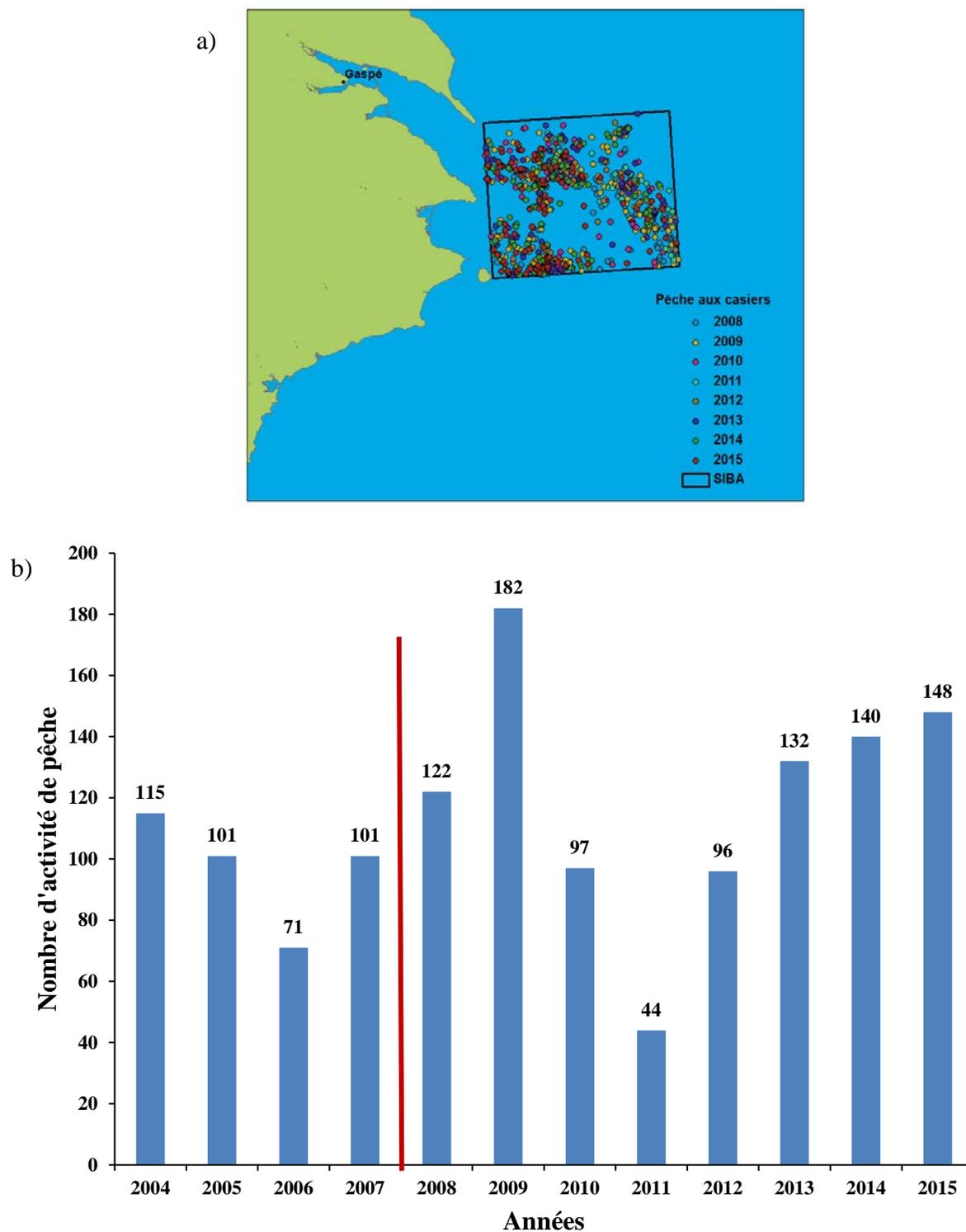


Figure 11. Recensement des activités de pêche aux casiers : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

2.4.1.6 Palangre

La palangre est un engin passif constitué d'une ralingue à laquelle sont rattachées des centaines de courtes lignes munies d'hameçons appâtés et mouillés en fonction de l'espèce visée. Elle peut être pélagique (retenue par le navire et maintenue suspendue par une série de flotteurs) ou de fond (pourvue d'ancres ou de poids pour la maintenir au fond de l'océan). À notre connaissance, la palangre pélagique n'est pas utilisée dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Fuller *et al.* (2008) ont classé la palangre de fond au quatrième rang avec une valeur de 62 % sur leur échelle de sévérité normalisée. Les impacts écologiques de la palangre de fond sont donc élevés pour les poissons de fond et moyennement élevés pour les coraux et les éponges (Fuller *et al.* 2008).

Selon les données ZIFF de 2004 à 2015, la pêche à la palangre a eu lieu sur le SIBA (Figures 12a, b). Selon ces données, le flétan Atlantique représentait 50 % des prises et la morue 49,7 % des prises (mais ces dernières sont accidentelles) (poids vif respectifs 33 942 kg et 33 694 kg) avec la palangre sur le SIBA. Il est également reconnu que cet engin capture des espèces non ciblées, mais aucune donnée à ce sujet n'est disponible pour le SIBA.

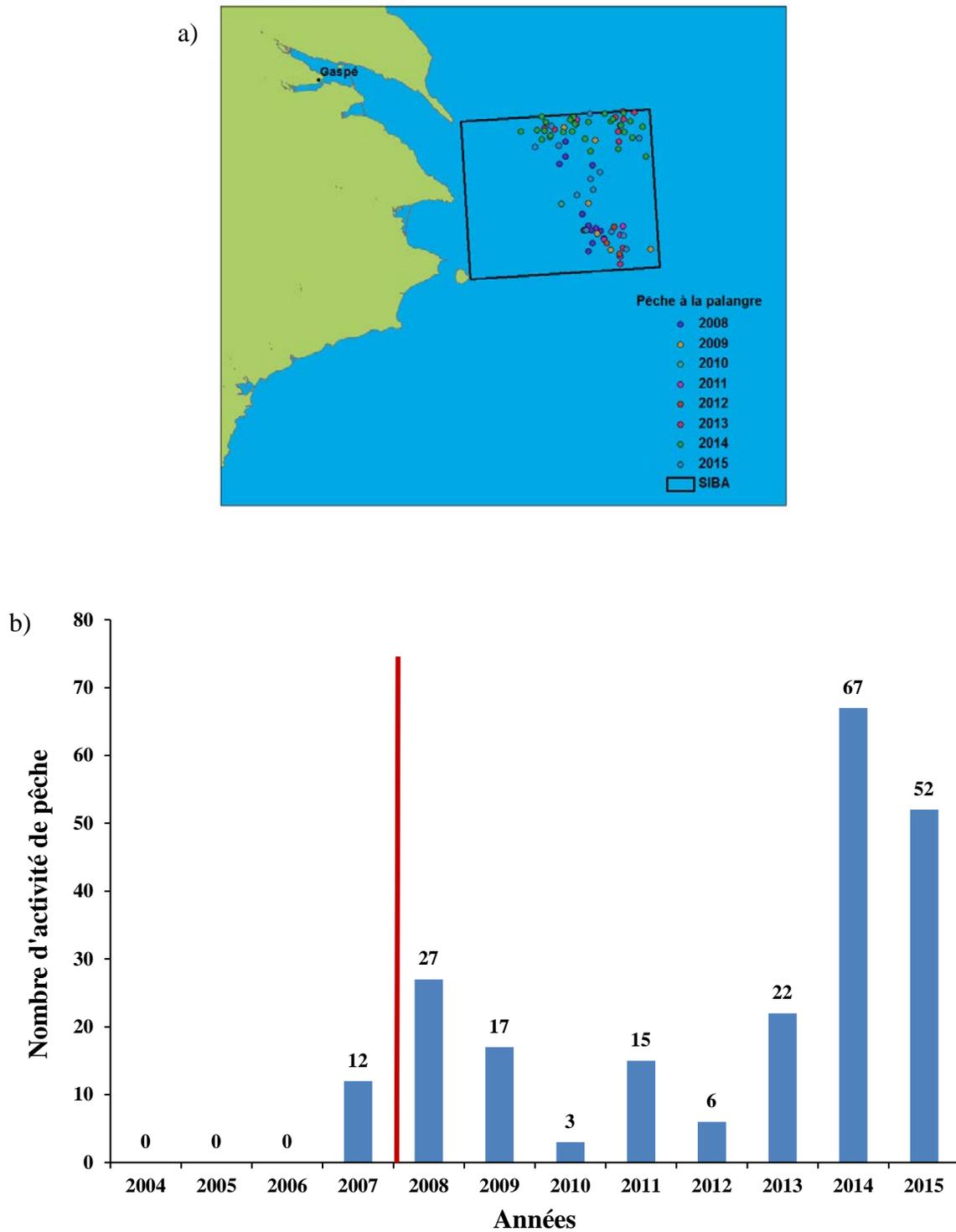


Figure 12. Recensement des activités de pêche à la palangre : (a) distribution spatiale de cette activité entre 2008 et 2015 dans le SIBA et (b) fréquence temporelle entre 2004 et 2015. La ligne rouge délimite la période de référence (2008-2015) utilisée dans notre étude.

2.4.1.7 Pêche en plongée

De manière générale, la pêche en plongée commerciale a peu d'effet sur l'habitat. Cependant, l'utilisation d'engins hydrauliques peut perturber les sédiments et certains invertébrés benthiques. Même la manipulation adéquate lors des plongées a le potentiel de détruire la flore et la faune en association avec le fond marin (Fuller *et al.* 2008).

Il n'y a pas d'activité de pêche en plongée (concombres ou oursins) sur le SIBA. La dernière sous-zone de pêche de la zone C (C6) se termine un peu en amont du SIBA (Figure 13, Jean-Paul Dallaire, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.). Pour le concombre, cette pêche (exploratoire pour le moment) se fait actuellement à l'aide d'une drague. En 2015, une pêche exploratoire a été faite pour étudier la faisabilité de ce type de pêche en plongée. Si ça devait déboucher en une activité permanente, elle serait limitée à des profondeurs allant de 5 à 18 m, ce qui devrait exclure le SIBA. De plus, la zonation actuelle n'inclut pas le SIBA (Figure 13).

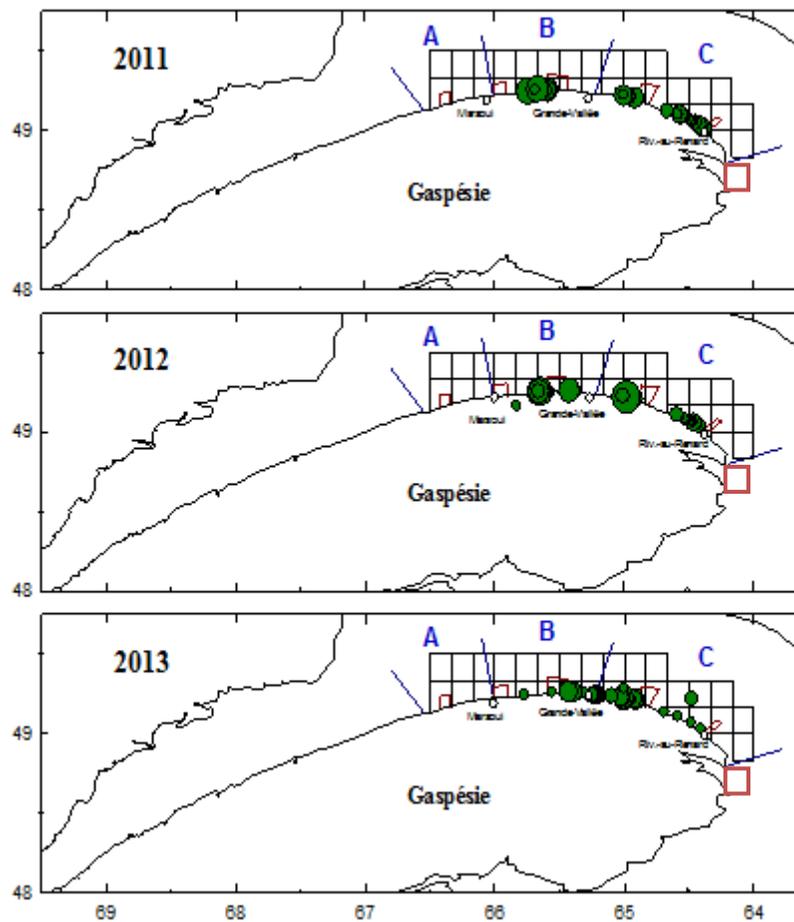


Figure 13. Effort de pêche du concombre de mer à la drague entre 2011 et 2013 (en vert). Les lettres représentent les zones de pêches (source : Jean-Paul Dallaire, Institut Maurice-Lamontagne). La localisation du SIBA (carrés rouges) est approximative sur cette carte.

2.4.1.8 Filets/casiers fantômes

Les filets fantômes sont des engins de pêche qui ont été perdus ou rejetés à la mer. Depuis les années 1960, les engins de pêche ont été construits à partir de matières plastiques hautement durables telles que le nylon, le polypropylène et le polyéthylène, qui ne sont pas biodégradables. Contrairement à leurs prédécesseurs naturels, les nouveaux matériaux peuvent durer des années voire des décennies dans le milieu marin, car ils sont largement insensibles à la biodégradation et à l'abrasion (NRC 2009). L'exposition au soleil peut conduire à la photo-dégradation de certains matériaux synthétiques, mais sur le fond de la mer protégé du rayonnement UV, il n'existe aucune preuve que ces filets s'affaiblissent ou se dégradent avec le temps. Par conséquent, les engins perdus peuvent continuer à pêcher pendant des décennies (NRC 2009).

Les filets maillants, les casiers, les chaluts et les lignes de pêche perdus ou abandonnés sont considérés comme les plus dommageables (NRC 2009). Les pertes de casiers sont en grande partie causées par des conditions météorologiques défavorables (par ex., la glace en mouvement au début de la saison de pêche).

Au nord de l'Atlantique, le nombre de filets perdus et rejetés associés à chaque pêcherie est inconnu, mais des données anecdotiques suggèrent que, dans certaines pêches, 30 km de filets sont perdus ou abandonnés lors d'un voyage typique de 45 jours, ce qui se traduit par 1 254 km de perte de filets par an (Macfadyen *et al.* 2010). Sur les 30 000 filets maillants installés tous les ans au Québec (début des années 1990), entre 600 et 2 000 seraient abandonnés ou perdus selon certains regroupements de pêcheurs (Drolet 1998). En 1991, dans un effort de récupération, 28 172 m de filets ont pu être retirés des eaux entre Matane et Forillon (Drolet 1998). Une opération similaire a eu lieu sur la Côte-Nord en 2005 et un nombre important de filets a été retiré de l'eau (Lussier 2005).

Une étude réalisée en Basse-Côte-Nord a suggéré que les pertes associées aux filets perdus sont faibles (Lussier 2005). Ces engins perdraient leur capacité de prélèvement rapidement et ils ne seraient pas très nombreux depuis le moratoire de 1994, limitant ainsi la capacité de pêche de ces engins. Il s'agit cependant de données régionales et les conclusions pourraient être différentes dans d'autres régions et pour des types de pêches différentes (par exemple : la pêche aux poissons de fond comme le turbot) (MPO 2008c).

La situation est toutefois différente pour les casiers à crabes des neiges. Il semblerait que ceux-ci continuent de pêcher continuellement lorsqu'ils sont perdus en mer. Par l'effet du cannibalisme et donc d'auto-appâtage, les casiers continuent d'attirer d'autres crabes. Les trappes étant faites de matériaux non dégradables, il n'y a pas de chance de sortie pour les crabes prisonniers. Il est estimé que les casiers ainsi perdus en mer peuvent avoir un impact sur la ressource, surtout sur une population déjà en déclin (MPO 2008c). Ces casiers perdus proviennent autant de la pêche commerciale que du braconnage.

Les engins de pêche utilisés au SIBA (chalut, filets maillant, casiers, palangres) font partie des engins les plus dommageables en termes de pêche fantôme, mais il n'y a aucune information/donnée disponible à ce sujet pour le SIBA. Toutefois, par approche probabiliste, on peut penser que l'engin le plus utilisé sur le SIBA, le casier pour le crabe des neiges, est susceptible d'avoir un impact proportionnellement plus important que les autres engins de pêche, en termes de pêche fantôme.

En l'absence de données ou d'évidence sur la pêche fantôme sur le SIBA, cette pression potentielle n'a pas été considérée dans les SdE.

2.4.2 Aquaculture

L'aquaculture représente toutes les activités de production animale ou végétale en milieu aquatique.

Il n'y a pas d'activité d'aquaculture sur le SIBA. Les principales industries aquacoles à proximité du SIBA se trouvent dans la baie de Gaspé et produisent des moules bleues, des pétoncles géants ainsi que des huîtres américaines. Cette activité ne sera pas considérée dans notre étude.

2.4.3 Transport maritime

Tous les navires en provenance ou à destination du tronçon fluvial et des Grands Lacs circulent sur la voie maritime du Saint-Laurent, ce qui en fait un corridor très achalandé (Figure 14). Les différents types de bateaux qui sillonnent le territoire sont les vraquiers, les navires marchands, les traversiers, les navires citernes (superpétroliers), les brise-glaces, les vedettes de la Garde côtière, les bateaux de la Défense nationale, les bateaux de pêche et les bateaux de recherche.

Cette circulation importante occasionne incontestablement un certain dérangement pour les organismes vivants, en particulier en termes de bruit et de risques de collisions avec les navires. De plus, les eaux de ballast des navires sont des vecteurs importants pour les espèces envahissantes (TC 2010).

Les navires peuvent également contribuer à la pollution des eaux. Par exemple, les bateaux pétroliers représentent une menace de déversement. Le 7 septembre 1970, la barge Irving Whale sombrait dans le golfe du Saint-Laurent avec à son bord près de 4 300 tonnes de mazout de type Bunker C et 7 000 kg d'huile isolante contenant des BPC. Une partie de la cargaison a été déversée dans l'environnement. Il s'en est suivi un échouement approximatif de 200 tonnes de mazout (avec lesquels s'étaient mélangés environ 150 kg de BPC) sur les plages des Îles-de-la-Madeleine. Le tout était réparti sur une distance de 80 km. Depuis ce jour, il n'y a pas eu de déversements importants dans le Saint-Laurent, car la majorité des déversements (95 %) ont lieu dans les ports (Villeneuve et Quilliam 1999). En effet, de 1975 à 1994, il y a eu 968 déversements dans 5 ports (48/an). Dans 80 % des cas, le volume déversé était inférieur à une tonne et il y a eu seulement six cas pour lesquels le volume était compris entre 100 L et 1 000 L (Villeneuve et Quilliam 1999). Le 1^{er} septembre 2013, un déversement de 450 000 L de mazout lourd s'est produit sur terre, près de la baie de Sept-Îles. Sur ces 450 000 L, 5 000 L auraient atteint les eaux de la baie. Les déversements à la suite d'une collision sont plutôt rares, mais les volumes s'avèrent par contre plus importants. C'est le transport de produits pétroliers et de produits chimiques par bateaux-citernes qui pose les risques les plus graves. Les risques sont plus élevés entre la pointe est de l'Île d'Orléans et Montréal (Villeneuve et Quilliam 1999). Au Québec, le dernier déversement ayant eu des incidences majeures pour l'environnement est celui du *Gordon C. Leitch* à Havre-Saint-Pierre en 1999 avec 49 tonnes de produits pétroliers déversées. Au moins 1 000 oiseaux, en majorité des eiders, moururent contaminés suite au déversement. Certains indices laissent même croire

qu'environ 4 000 oiseaux auraient péri suite à cet accident maritime. Le déversement le plus important est dû au *Czantoria* à Saint-Romuald en 1988 avec 400 tonnes de pétrole brut (Environnement Canada 2009). L'introduction d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et d'autres contaminants lors d'un déversement de pétrole peut être divisée en trois phases : (1) le pétrole flotte à la surface de la mer, (2) le pétrole se dépose sur la rive et (3) le pétrole se dépose sur le fond marin dans les zones intertidales et infralittorales (Peterson 2001).

En plus des déversements pétroliers, on compte également les rejets des eaux grises et noires de tous les navires. Les rejets sont encadrés par le *règlement sur la pollution par les bâtiments et sur les produits chimiques dangereux* sous la responsabilité de Transports Canada. Ce règlement vise plus spécifiquement les bateaux avec une jauge de plus de 400 tonneaux ou de plus de 15 passagers (ce qui inclut certains bateaux de recherche). À titre d'exemple, les rejets d'eaux usées ou de boues d'épuration sont autorisés à partir de 12 milles marins de la rive (une partie du SIBA est à plus de 12 milles marins de la rive).

Le SIBA ne se retrouve pas directement sur la voie maritime du Saint-Laurent (Figure 14). Cependant, il y a un certain niveau de trafic maritime, spécialement dans la partie nord-est du site d'intérêt (Figure 14). Par exemple, au port de Sandy Beach dans la baie de Gaspé, on rapporte la visite d'un bateau de la compagnie Energie Valero Inc. qui passe une fois par deux semaines en été et une fois aux trois semaines l'hiver (ROMM 2016). L'entreprise Irving, elle, passe deux fois par année (août et octobre) pour décharger et stocker temporairement 20 millions de litres de pétrole (ROMM 2016). Dans le futur, il pourrait y avoir une barge qui transporterait du gaz naturel liquéfié (en provenance du puits Bourque près de Murdochville) vers la Côte-Nord et le Nord-du-Québec (ROMM 2016). Quant aux activités de croisières internationales, la destination Saint-Laurent a accueilli, en 2012, 320 000 passagers-escales (Québec 2014). En 2015, 10 bateaux de 200 à 400 passagers se sont amarrés au quai de Sandy Beach dans la baie de Gaspé (ROMM 2016).

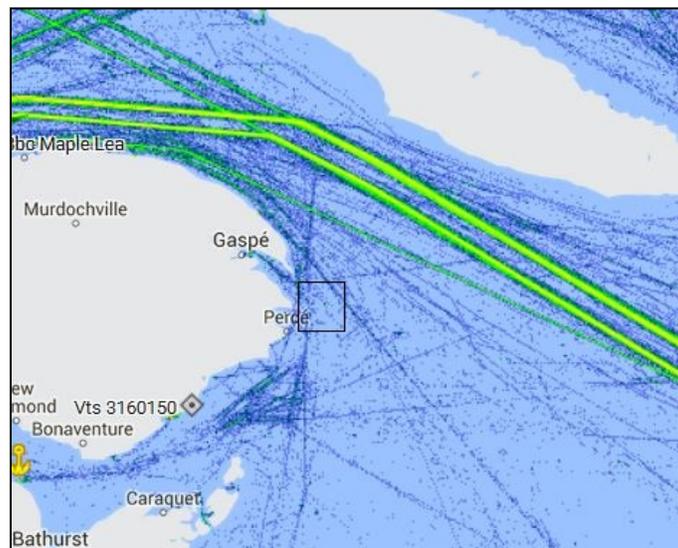


Figure 14. Densité du trafic maritime en 2013 et 2014 (MarineTraffic 2016). Les deux lignes vertes représentent les densités de trafic élevées de la voie maritime du Saint-Laurent. En bleu, il s'agit de trafic moins dense. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte.

2.4.4 Activités récréotouristiques

Cette catégorie inclut les activités de plongées, de navigation de plaisance à moteur, à voile ou en kayak, les bateaux d'excursion qui font une activité d'observation en mer (mammifères marins, oiseaux, etc.) ainsi que les gros bateaux de croisières. Toutefois, les impacts des bateaux de croisières internationaux ressemblent plus à ceux du transport maritime vu leur gabarit. Ils peuvent observer les mammifères marins, mais sans quitter la voie maritime.

Les principales pressions liées aux activités récréotouristiques sont les bruits/dérangements et les risques de collisions avec les mammifères marins de même que les rejets des eaux grises et noires.

Il y a des activités de croisières aux baleines qui se retrouvent essentiellement dans la partie ouest du site d'intérêt (Figure 15). En 2015, il y avait 6 compagnies totalisant 8 bateaux qui offraient des croisières dans le SIBA (ROMM 2016). Toujours en 2015, il y a eu de 1 à 4 excursions par jour d'une durée moyenne de 2h30 (ROMM 2016). Toutefois, il n'y a pas d'activité de plongée dans le SIBA; cette activité est concentrée autour de l'Île Bonaventure. La Figure 16 présente les activités récréotouristiques dans le SIBA pour 2015.

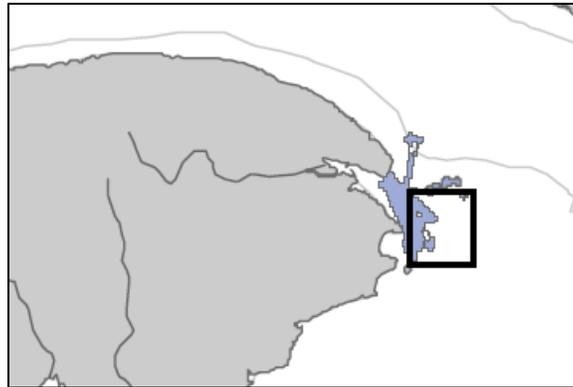


Figure 15. Croisières aux baleines dans le SIBA de 2008 à 2013. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte (Source MPO).

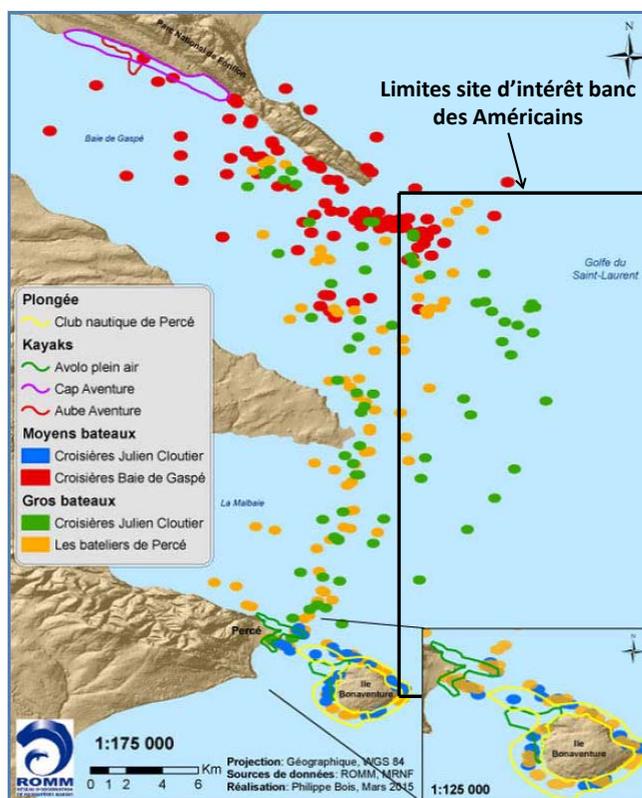


Figure 16. Aire de chevauchement des territoires utilisés lors des activités d'observation en mer au niveau de la péninsule gaspésienne du 1^{er} juillet au 15 septembre 2014 (adapté de ROMM 2015). La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte.

2.4.5 Activités industrielles (maritimes)

2.4.5.1 Activités d'exploitation pétrolière et minière

Il s'agit de toutes les activités en lien avec l'exploitation de cette ressource dite « offshore ». Avec le désastre écologique causé par la plate-forme « Deepwater horizon » dans le golfe du Mexique en 2010, on peut présumer que l'exploitation pétrolière peut représenter un grand risque pour les écosystèmes avoisinant ce type d'activité.

Pour le secteur du SIBA, il n'y a aucun permis d'exploration pétrolière, gazière ou minière émis (Figure 17). De plus, selon une étude commanditée par le MPO, le potentiel pétrolier y serait très faible (Fagan 2012). Pour ce qui est de l'estuaire (en amont du SIBA), il y a une interdiction d'exploration et d'exploitation pétrolière et gazière en vigueur depuis 2010 instaurée par le gouvernement du Québec (Gouv. Québec 2014). Dans ces conditions, il est donc impossible qu'un déversement (lié aux activités d'exploitation) se produise en amont du SIBA et soit transporté par le courant de Gaspé (Figure 3). De plus, il y a actuellement un moratoire pour l'exploitation/exploration des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent au Québec où se retrouve le SIBA (Gouv. Québec 2014). Pour toutes ces raisons, cette activité ne sera pas retenue dans le cadre de notre analyse.

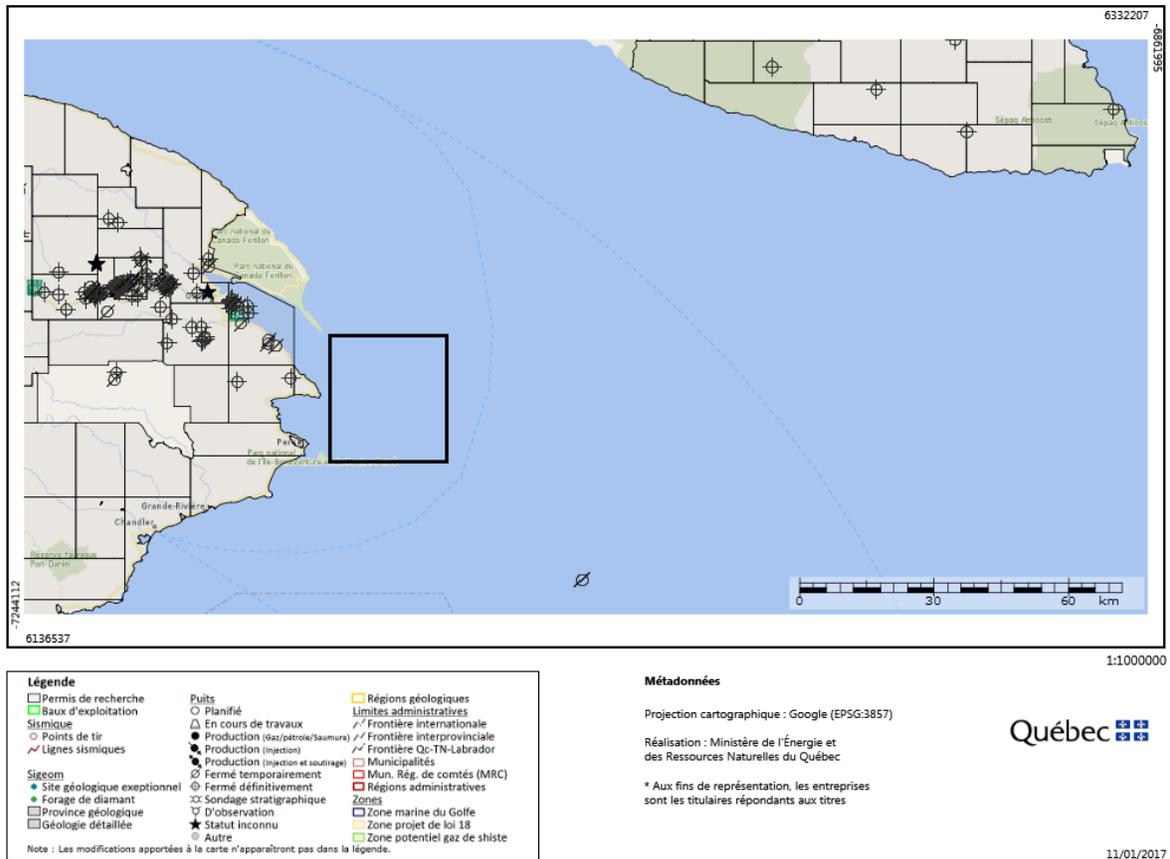


Figure 17. Permis d'exploration pétrolier, gazier et minier (en vert) limitrophe au SIBA. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte. Carte générée en janvier 2017 sur le site Internet du ministère des Ressources naturelles du Québec :

<http://sigpeg.mrn.gouv.qc.ca/gpg/hydrocarbures/hydrocarbures.htm>

2.4.5.2 Activités d'exploration sismique

L'industrie pétrolière et gazière utilise des techniques de recherche sismique permettant d'évaluer la géologie sous l'océan pour identifier les ressources potentielles en pétrole et en gaz naturel. Cela implique l'utilisation de canons à air comprimé, soit des cylindres remplis d'air comprimé contenant un faible volume à une pression d'environ 2 000 psi. La série, qui comprend habituellement quelques dizaines de cylindres semblables, est déchargée à répétition afin de produire une pulsation par pression. Par exemple, les détonations peuvent avoir lieu toutes les 9 à 12 secondes, 24 heures sur 24, pendant des semaines (Comité Canada/Québec sur le rétablissement de la morue 2005). Dans des conditions de faible bruit ambiant et de bonne propagation, les sons produits par les canons à air utilisés lors des levés sismiques peuvent être détectés dans un rayon

pouvant atteindre 3 000 km, masquant parfois la détection des vocalises émises par les rorquals bleus dans les secteurs touchés (Nieukirk *et al.* 2004).

Les activités sismiques ont eu lieu avant 1990 dans le SIBA (Figure 18). Après 1990, aucune activité n'a eu lieu (Figure 19). Ainsi, cette activité ne sera pas considérée dans nos analyses.



Figure 18. Activités sismiques avant 1990 dans le secteur du SIBA. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte (Source : Gouv. Québec, Ministère des Ressources naturelles).

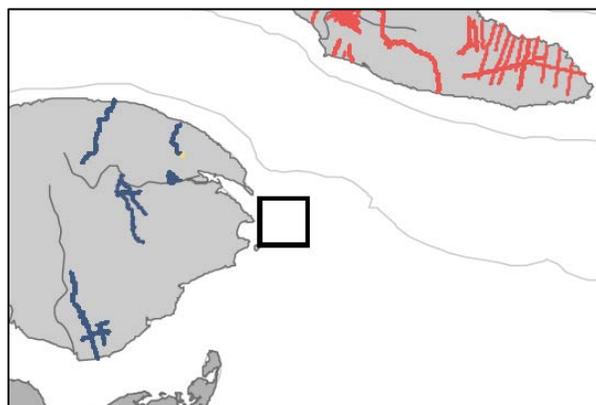


Figure 19. Activités sismiques après 1990 dans le secteur du SIBA. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte (Source : Gouv. Québec, Ministère des Ressources naturelles).

2.4.5.3 Dragage

Les zones portuaires, aménagées pour offrir un abri pour l'accostage des bateaux, constituent des secteurs privilégiés de sédimentation et d'accumulation des sédiments. En raison de l'érosion des berges et de la sédimentation causée par le vent, les vagues, les marées, les courants marins, les

glaces ainsi que par les apports provenant des rivières, les zones portuaires doivent faire régulièrement l'objet de dragage d'entretien (Ricard *et al.* 2003). Toutefois, il n'y a aucune activité de dragage sur le SIBA (Figure 20).

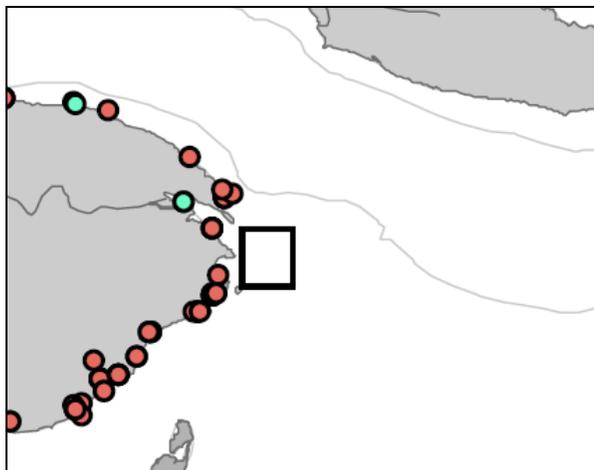


Figure 20. Activités de dragage dans le secteur du SIBA. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte (Source : MPO).

2.4.5.4 Câbles sous-marins

Les câbles sous-marins sont utilisés pour acheminer l'électricité produite par les parcs éoliens en mer, pour assurer l'alimentation électrique des plates-formes pétrolières et pour les télécommunications. Aucun câble sous-marin ne se trouve actuellement dans le SIBA (Figure 21).

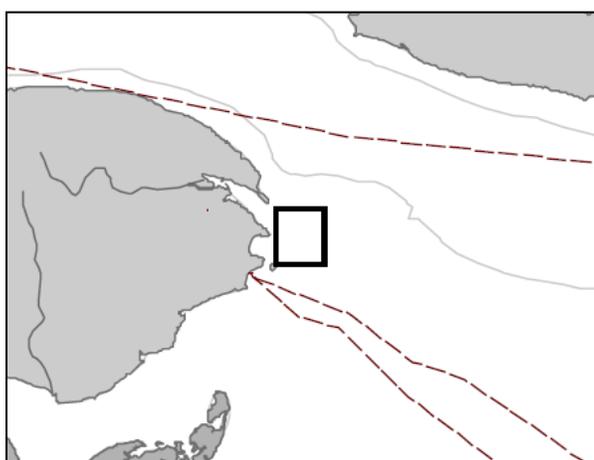


Figure 21. Câbles sous-marins dans le secteur du SIBA. La localisation du SIBA (carré noir) est approximative sur cette carte (Source : Réseau intégré de communications électroniques des Îles-de-la-Madeleine).

2.4.6 Activités scientifiques

Le MPO effectue régulièrement des relevés scientifiques (suivi des stocks de poisson, sonar acoustique, œufs de maquereau, etc.). Certains de ces relevés se font avec un chalut de fond plurispécifique avec un navire de recherche, d'autres par une pêche sentinelle effectuée par les pêcheurs (par ex., chalut, palangre). Chaque mois de septembre depuis 1971, un relevé au chalut de fond est effectué dans le sud du Golfe (incluant des stations dans le SIBA ; Savoie 2014 ; Figure 22). Ce relevé fournit une série temporelle d'information pour plus de 70 espèces de poissons marins et diadromes de même que pour une quarantaine de groupes d'invertébrés marins (Chabot et al. 2007). Depuis 1988, un relevé annuel au chalut est également réalisé dans la zone 12 de pêche du crabe des neiges (sud du golfe incluant le SIBA, Moriyasu et al. 2015 ; Figure 22). Ces activités se déroulent encore et seront considérées dans notre analyse. La principale pression est reliée à l'utilisation du chalut comme engin de pêche (voir section sur le chalut). Il y a aussi les risques de collisions et le bruit (en lien avec la navigation) comme pressions potentielles liées à cette activité. Finalement, les bateaux de recherche de plus de 15 passagers sont assujettis au *règlement sur la pollution par les bâtiments et sur les produits chimiques*, ce qui fait en sorte qu'ils peuvent rejeter les eaux grises et noires dans le SIBA (au-delà de 12 milles marins). D'autres relevés de recherche plus bénins existent (acoustiques multifaisceaux, observation en plongée, imagerie benthique, etc.) et d'autres pourraient s'ajouter, mais ces activités ayant peu d'impact ne sont pas considérées ici.

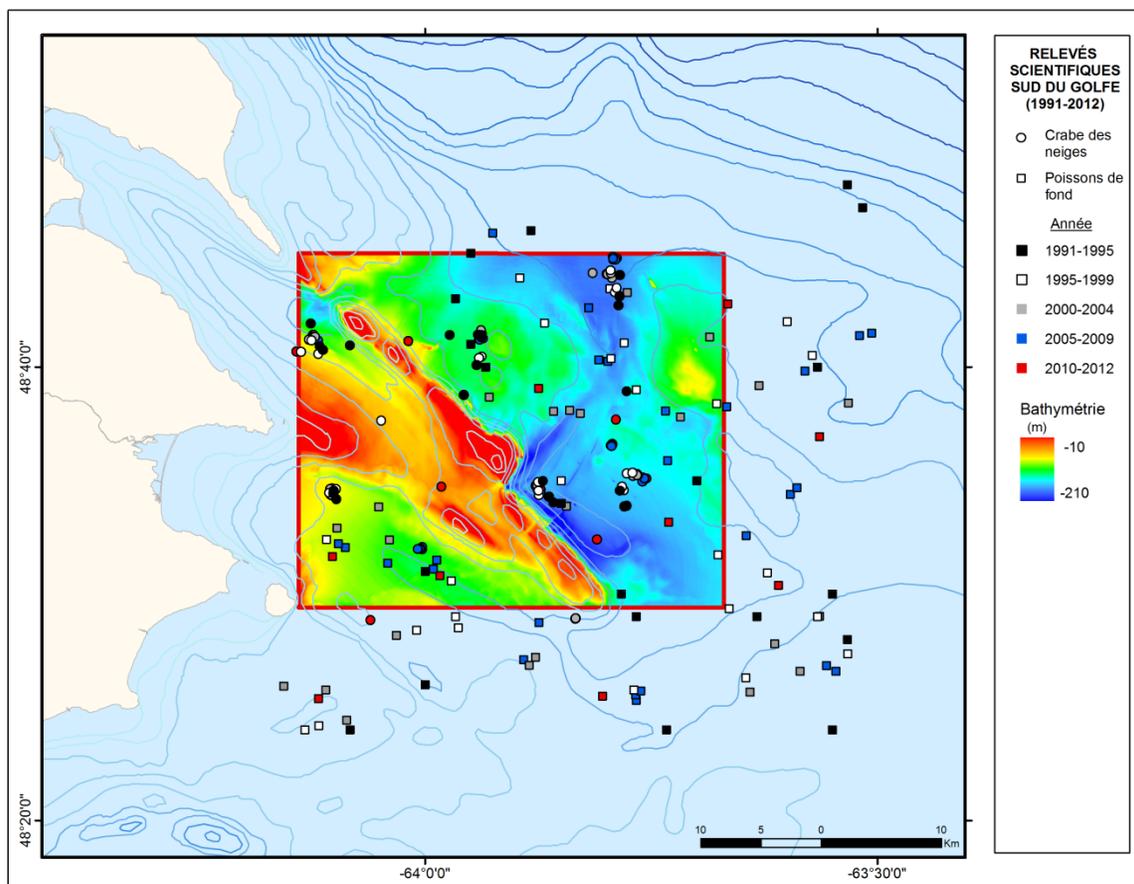


Figure 22. Relevés scientifiques pour le crabe des neiges et les poissons de fond dans le secteur du SIBA entre 1991 et 2012.

2.4.7 Activités anthropiques terrestres - rejets municipaux, industriels et agricoles des eaux usées

Le SIBA est assez éloigné de la côte, ce qui fait en sorte que la contamination est généralement plus faible que celle rapportée près de la côte (GTSESL 2014). Toutefois, par sa position, les polluants produits en amont dans l'estuaire et le fleuve peuvent être transportés par le courant de Gaspé (voir Figure 3) jusqu'au SIBA.

Même s'il n'y a pas eu de mesures directes des contaminants présents dans le SIBA, une analyse de la contamination des œufs des fous de Bassan (*Morus bassanus*) (un indicateur indirect des contaminants sur le SIBA) de l'île Bonaventure, qui est adjacente au SIBA, indique que la concentration en mercure a baissé de 12 % entre 1969 et 2009, et que les niveaux rencontrés étaient inférieurs aux niveaux associés à des effets toxiques chez les oiseaux (CCSESL 2008, Champoux *et al.* 2015). De plus, les concentrations en biphényles polychlorés (BPC) et en dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et ses métabolites ont respectivement baissé de 92,3 % et 99,4 % durant la même période (Champoux *et al.* 2015).

En plus de la pollution, les rejets pourraient également contribuer à une augmentation locale de l'acidification du fleuve et à la diminution d'oxygène dissous disponible. L'appauvrissement en oxygène est un phénomène qui touche surtout les eaux profondes des chenaux du Golfe (Gilbert *et al.* 2007). Une baisse d'oxygène, aussi appelée hypoxie, combinée à une augmentation d'acidité menacent les espèces marines des eaux profondes (Savenkoff *et al.* 2017). Plusieurs facteurs sont avancés pour expliquer ces phénomènes. L'accumulation de CO₂ anthropique provenant de l'atmosphère, le changement dans la circulation des courants océaniques (origine des masses d'eaux) et les apports en nutriments sont les principaux (Chabot 2017, Scarratt et Starr 2017). Toutefois, ces changements ne devraient être perceptibles qu'aux endroits les plus profonds de la plaine nord-est (175 m et plus) du SIBA.

2.4.7.1 Rejets municipaux

Il y a plusieurs municipalités en amont du site d'intérêt qui ne possèdent pas de station d'épuration (les plus proches étant Rivière-au-Renard et Grande-Vallée, Figure 23) et dont les rejets peuvent être transportés jusqu'au SIBA par le courant de Gaspé.

De plus, il est à noter que la plupart des usines font un traitement primaire des eaux usées. Ainsi, plusieurs composantes comme les virus, les bactéries et les contaminants pharmaceutiques ne sont pas éliminées et se retrouvent dans le fleuve (MAMOT 2014). Finalement, de nombreux événements de surverse (débordement) de ces systèmes ont été rapportés lors des grandes pluies (MAMOT 2014), les eaux se déversant alors dans le fleuve sans traitement.

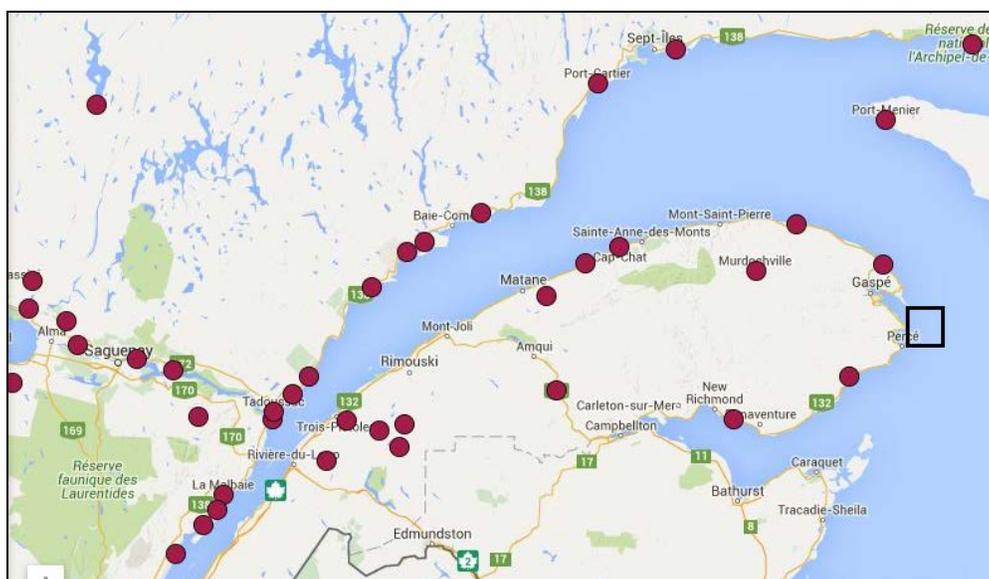


Figure 23. Municipalité avec réseau d'égout sans traitement (point rouge). La localisation du site d'intérêt du Banc-des-Américains (carré noir) est approximative sur cette carte (Source : image tirée de Corriveau et Porter (2015) et données du MAMOT 2014).

2.4.7.2 Rejets industriels

Il n'y a pas beaucoup d'information à jour sur ce sujet en lien avec le SIBA. Il semble que la plupart des rejets industriels soient traités dans les stations d'épuration municipales. Il existe un programme de réduction des rejets industriels (PRRI) depuis 1988. Dans le cadre de ce programme, les rejets d'effluents toxiques prioritaires auraient diminué de 96 % entre 1988 et 2012 (ECCC 2013).

2.4.7.3 Rejets agricoles

L'apport de phosphore et d'azote d'origine agricole dans les eaux du fleuve en amont du SIBA est bien réel (ECCC 2016, Figure 24). Toutefois, il n'y a aucune donnée pour documenter l'impact de ces contaminants sur le SIBA.

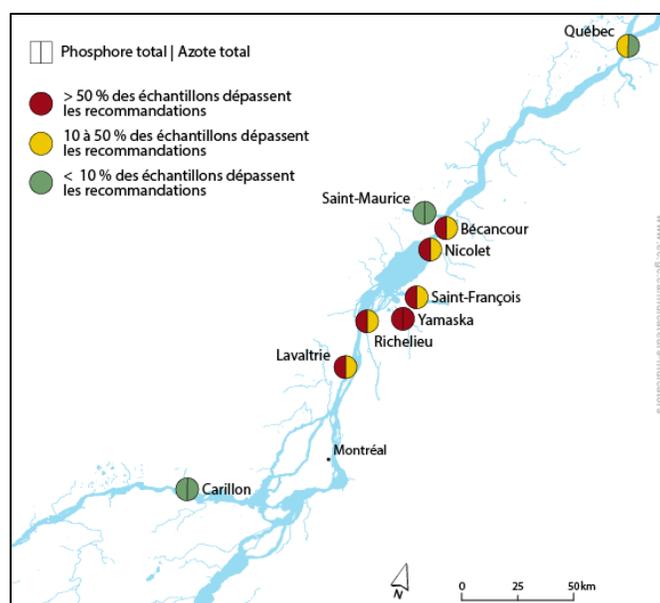


Figure 24. Concentrations de phosphore et d'azote dans le fleuve Saint-Laurent pour la période 2010-2012 (tiré de ECCC 2016).

2.4.8 Activités humaines causant les changements climatiques

Il est maintenant reconnu que les activités humaines sont à l'origine des changements climatiques (IPCC 2014). Ces activités sont trop nombreuses pour être listées ici. Toutefois, nous savons que ces activités engendrent des pressions sur le système marin en modifiant la température de l'eau, mais également d'autres composantes physico-chimiques comme le pH (l'acidité) et l'oxygène dissous en eaux profondes (Galbraith *et al.* 2015).

2.4.8.1 Température

La température moyenne de l'eau de surface pour les mois de mai à novembre a augmenté significativement de 0,54°C en 10 ans dans le secteur nord-ouest du golfe, ce qui inclut le SIBA (Figure 25, Galbraith *et al.* 2015). On observe également une augmentation importante de la température des eaux profondes depuis quelques années à l'échelle du golfe (Galbraith *et al.* 2015). Par exemple, en 2014, la température a atteint la valeur historique record de 5,3°C à 200 m de profondeur (Galbraith *et al.* 2015).

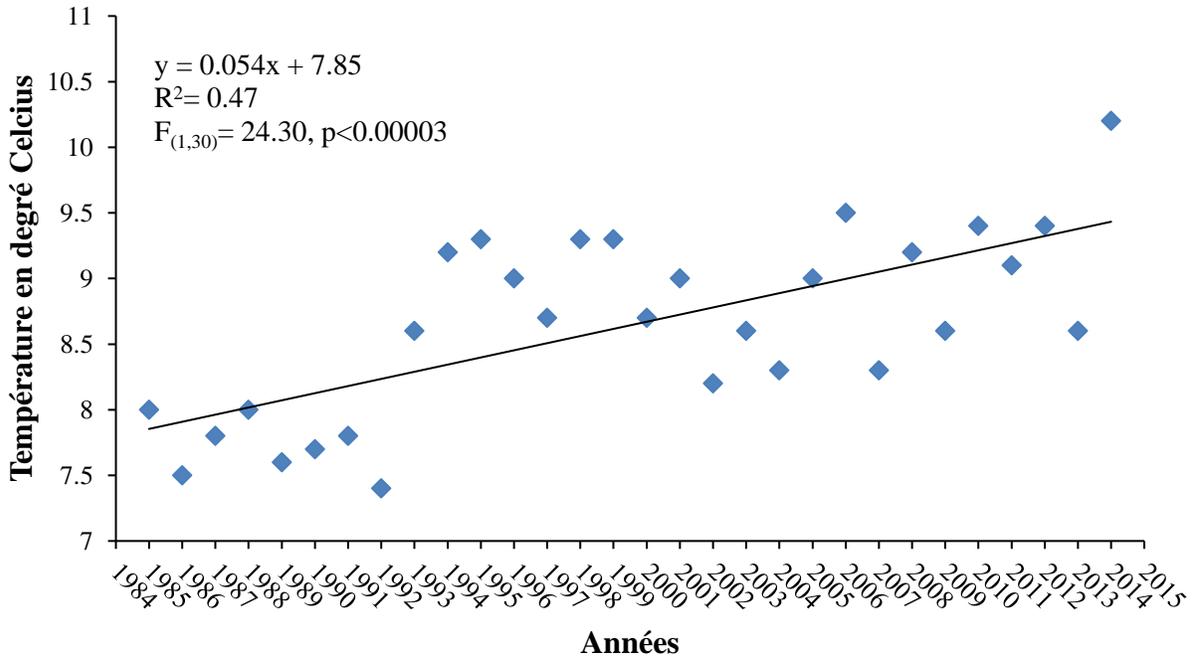


Figure 25. Température de l'eau en surface dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent entre 1985 et 2014. Les données de température sont des moyennes des mois de mai à novembre tirées de Galbraith *et al.* (2015).

2.4.8.2 Oxygène

Depuis les années 1930, les concentrations en oxygène ont baissé de moitié dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Gilbert *et al.* 2007). La plus grande partie (50-66 %) du déclin peut être expliquée par un plus faible apport d'eau du courant du Labrador (eau plus froide et plus oxygénée) et une augmentation de la contribution des eaux du centre de l'Atlantique Nord (eau plus chaude et moins bien oxygénée) à l'embouchure du chenal Laurentien. Le reste semble avoir été causé par une demande accrue en oxygène dans les eaux profondes du chenal. Celle-ci pourrait être le résultat d'une sédimentation accrue de matière organique engendrée par un surplus dans les eaux de surface, en corrélation avec un apport supplémentaire de nitrates provenant de sources agricoles se déversant dans le fleuve Saint-Laurent (Gilbert *et al.* 2005, 2007, Chabot et Gilbert 2013).

2.4.8.3 Acidité

Les changements climatiques contribuent également à diminuer le pH dans les océans en captant le CO₂ atmosphérique qui est continuellement en augmentation. Relativement à ce phénomène, les eaux profondes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent se sont acidifiées plus rapidement que les océans depuis 80 ans (Mucci *et al.* 2011, Scarratt et Starr 2017).

2.4.8.4 Salinité

En lien avec les changements climatiques, il a été démontré que les activités humaines sont responsables de l'augmentation de la salinité de l'eau dans les océans du globe (Pierce *et al.* 2012). Toutefois, dans le golfe du Saint-Laurent la salinité n'a pas changé au cours des 30 dernières années, du moins à 200 m de profondeur (pas de données plus près de la surface; la profondeur maximale du SIBA est de 207 m) (Galbraith *et al.* 2015).

2.4.9 Activités autochtones

La seule activité autochtone répertoriée dans le SIBA qui pourrait avoir des impacts sur les objectifs de conservation est la pêche commerciale (Arsenault *et al.* 2016). Toutefois, comme il s'agit d'une activité commerciale et non pas d'une activité de subsistance ou cérémoniale, on considère que les impacts de celle-ci sont inclus dans les activités de pêche (section 2.4.1). Les activités cérémoniales ou de substances répertoriées se déroulent en bordure du SIBA (Arsenault *et al.* 2016). Par conséquent, elles ne sont pas considérées dans la présente séquence des effets.

3. RÉSULTATS - SÉQUENCE DES EFFETS

3.1 Modèles de séquence des effets (SdE)

Les modèles de SdE qui suivent utilisent les termes et les symboles tels que présentés à la Figure 5 et définis à l'annexe 1. Dans le cadre de ce projet, nous allons illustrer les liens entre les activités humaines, les pressions qui en découlent et les impacts de ces pressions sur les 3 objectifs de conservation (soit les paramètres ultimes dans une SdE, Annexe 1) ou plus précisément sur les composantes écologiques associés à ces objectifs de conservation (voir section 2.3). L'altération d'une composante écologique peut, en retour, avoir des conséquences sur les biens et les services fournis par l'écosystème (définition à l'annexe 1) et, ultimement, sur les activités et les valeurs socioéconomiques ou culturelles. Ces interactions ne sont présentées qu'à titre indicatif dans le modèle holistique, car cela aurait nécessité une expertise/étude socioéconomique pour pouvoir les intégrer dans la SdE.

Les sections suivantes présentent 16 modèles de SdE. Il y a un modèle holistique très général pour l'ensemble des objectifs de conservation. Par la suite, nous avons des modèles spécifiques pour chacun des trois objectifs de conservation. Finalement, douze autres modèles de SdE en lien

avec les composantes écologiques (CE) propres à chaque objectif de conservation sont présentés. Pour faciliter l'interprétation des modèles de SdE, le lecteur est invité à consulter l'annexe 2 pour les définitions des termes utilisés dans les analyses.

3.1.1 *Modèle holistique*

Le modèle SdE de type holistique fournit une vue d'ensemble d'une situation en limitant le nombre de détails. Dans ce modèle, nous pouvons visualiser les secteurs d'activités présents sur l'unité géographique ciblée (dans notre cas, le SIBA) et l'ensemble des pressions ayant une influence potentielle sur les paramètres ultimes (objectifs de conservation). Il a aussi pour avantage de faire ressortir le nombre d'activités et d'interactions possibles dans un secteur et, par le fait même, de mettre en lumière les effets cumulatifs potentiels sur l'écosystème et ses composantes.

Le modèle holistique produit pour le SIBA est présenté à la Figure 26. Six secteurs d'activités (tel que décrit à la section 2.4) en lien avec 10 types de pressions ont ainsi été identifiés. Chacune de ces activités est associée à au moins une des pressions identifiées. Il est intéressant de constater que certains liens entre les pressions et les paramètres ultimes sont directs, alors que d'autres sont indirects. En effet, certaines pressions agissent sur les CE de l'objectif 1 par exemple, et par la suite cette composante va avoir un effet sur une CE de l'objectif 2. Les liens indirects qui relient les paramètres ultimes entre eux seront détaillés dans les modèles construits pour chaque CE.

Les activités humaines avec le plus grand nombre de pressions sont la pêche et les activités de recherche scientifiques (7 et 6 liens ; Figure 26) suivies des activités de transport maritime (5 liens), récréotouristiques (3 liens), celles causant les changements climatiques (ici ont fait référence, au sens large, à toutes activités humaines qui contribuent aux changements climatiques ; 2 liens) et les activités anthropiques terrestres (1 lien). Six pressions différentes peuvent avoir une influence directe sur l'objectif de conservation 1 - *Conserver et protéger les habitats benthiques* et sur l'objectif 2 - *Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères*. L'objectif de conservation 3 - *Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril*, est potentiellement influencé par trois pressions directes. Il est important de noter que le nombre de liens entre les différents paramètres est strictement descriptif dans une SdE. En effet, les modèles SdE permettent d'identifier les liens potentiels de causalités entre des activités humaines, les pressions et les impacts qu'ils pourraient engendrer sur une composante ou une fonction écologique à conserver (identification et formulation de la problématique). Cette représentation graphique des relations de cause à effet permet d'identifier les mécanismes par lesquels les facteurs de pression peuvent avoir un effet sur les CE. Ainsi, même si la SdE n'est pas une analyse quantitative du risque, elle permet tout de même aux gestionnaires de prioriser leurs actions vers les activités humaines qui ont le plus d'impact (néгатif) sur les CE (Giguère *et al.* 2011a, O *et al.* 2015).

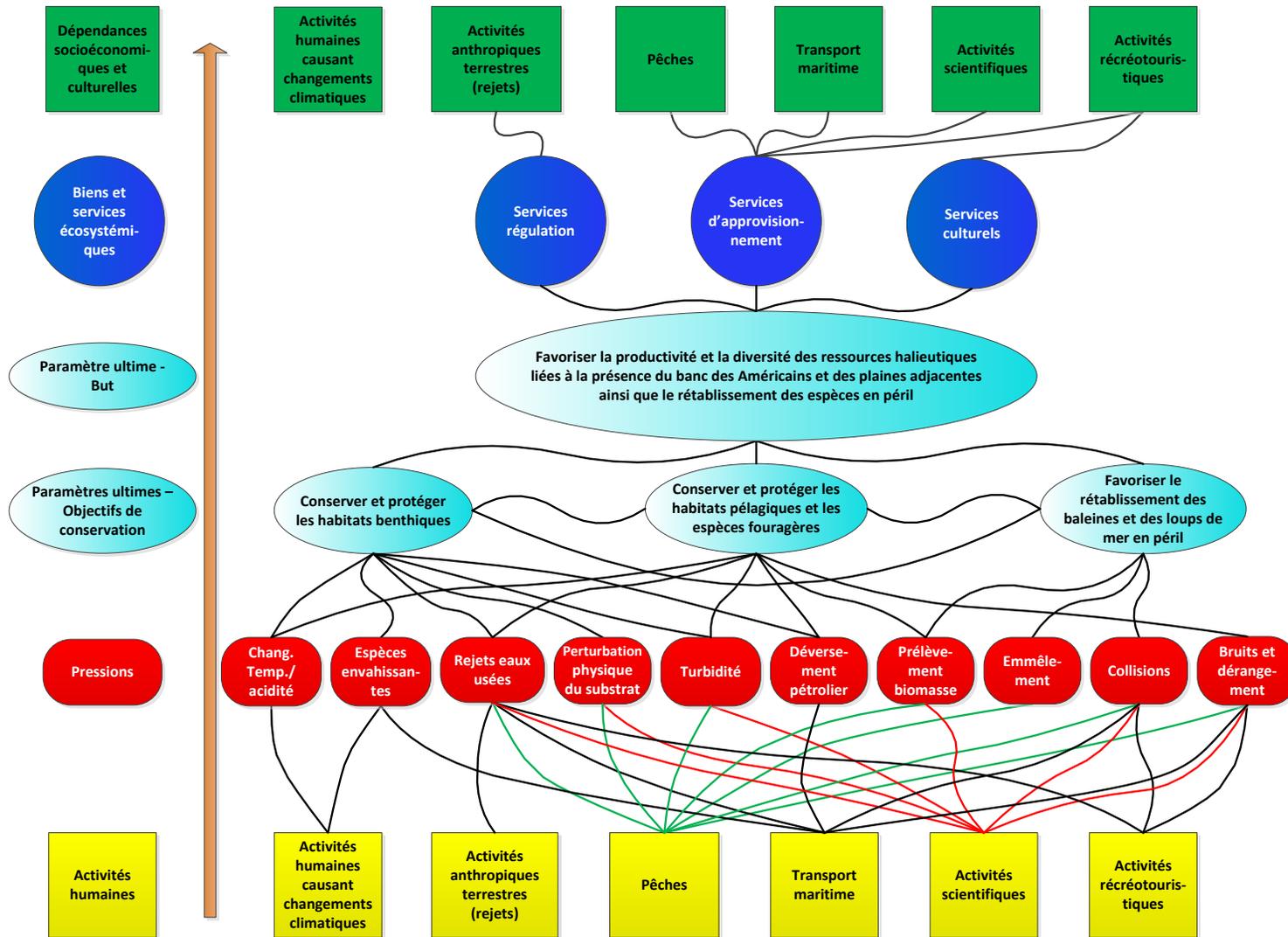


Figure 26. Modèle holistique de séquence des effets sur les objectifs de conservation du SIBA. La coloration des traits sert uniquement à clarifier la figure.

3.1.2 Modèle de SdE pour l'objectif 1 Conserver et protéger les habitats benthiques

La Figure 27 présente la SdE pour l'objectif de conservation 1. Comme précédemment, les définitions des activités humaines et des pressions sont présentées à l'annexe 2. L'objectif de conservation est associé à trois composantes écologiques CE tel que décrit à la section 2.3.1 : (1) habitats physiques des fonds marins, (2) éléments biologiques structuraux et (3) qualité des sédiments (chimique). Six pressions découlant de six activités humaines peuvent avoir un effet sur ces CE. Il n'y a pas de lien entre les CE. De toutes les pressions, la perturbation physique du substrat benthique par les engins de pêche (pêche et activités scientifiques) peut potentiellement affecter deux CE, qui sont habitats physiques des fonds marins et éléments biologiques structuraux. Les autres pressions sont associées à une seule CE. Des modèles de SdE ont été réalisés pour chaque CE de cet objectif.

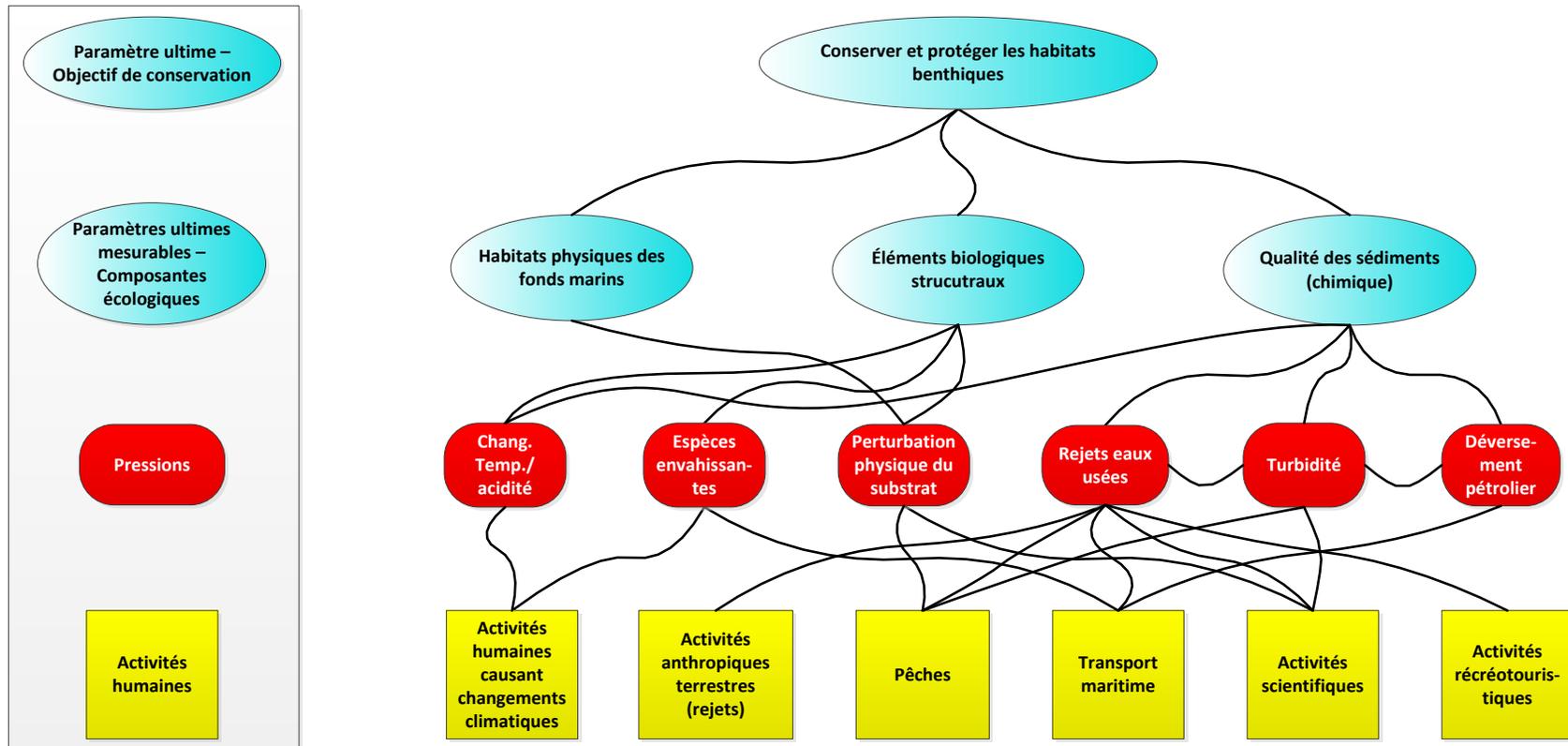


Figure 27. Modèle spécifique de séquence des effets pour l'objectif de conservation 1 - *Conserver et protéger les habitats benthiques*.

3.1.2.1 Détail de la SdE pour la CE « Habitats physiques des fonds marins » de l'objectif 1

Les engins de pêche commerciale (chalut, casiers, filet maillant), mais également ceux utilisés pour les activités scientifiques (chalut), ont des impacts potentiels sur les fonds marins en modifiant ou détruisant les habitats physiques (Figure 28, section 2.4.1).

De tous les engins de pêche, le chalut est celui qui a le plus d'effets négatifs sur les fonds marins (Fuller *et al.* 2008). Cet engin a des impacts à long terme sur la stabilité du sol dépendamment de la nature du substrat et des communautés benthiques présentes (Dufour et Ouellet 2007). Les chaluts de fond peuvent altérer ou réduire le biote structural de même que la complexité de l'habitat (MPO 2006b). Ils peuvent ainsi changer la structure du fond marin et les grandes caractéristiques de l'habitat (processus de dégradation [érosion] ou d'amoncellement de matériel [accumulation]). Les conséquences peuvent être positives ou négatives, selon les caractéristiques touchées et la nature du changement. Généralement, Les effets des chaluts de fond sont initialement plus importants sur les fonds sableux et vaseux que sur les fonds durs et inégaux. Cependant, ces effets persistent habituellement plus longtemps sur les fonds inégaux et durs que sur les fonds sableux et, probablement, que sur les fonds vaseux (MPO 2006b).

Les dommages causés à l'habitat par les casiers dépendent de la taille, du poids et du matériel constituant l'engin, de la vitesse de remontée, des conditions océaniques, de la profondeur de remontée, du nombre de casiers utilisés (par ex., casiers attachés les uns aux autres) et du type de substrat. Le contact des casiers avec le fond cause des perturbations benthiques spécialement au moment de la levée de l'engin et, dans une moindre mesure, lorsqu'ils sont déposés sur le fond (Fuller *et al.* 2008). Les dommages s'apparentent donc à ceux des chaluts et des dragues à pétoncles, mais s'avèrent beaucoup moins sévères. De plus, les casiers peuvent perturber (physiquement) de manière très localisée le microhabitat sur lequel ils sont déposés.

Dans le SIBA, les filets maillants comptaient pour 0,5 % des activités de pêche (2008-2015). Ils peuvent causer des perturbations benthiques spécialement pendant la remontée de l'engin et, dans une moindre mesure, lorsqu'ils sont stabilisés sur le fond au moyen d'ancres et de poids. Les dommages s'apparentent à ceux des chaluts et des dragues à pétoncles, mais s'avèrent beaucoup moins sévères en intensité et en superficie (Fuller *et al.* 2008). Finalement, le filet maillant pélagique a des effets négligeables sur l'habitat benthique (Fuller *et al.* 2008).

Une fois perturbée par les équipements de pêche lourds, la stabilité physique et biologique de l'écosystème est réduite et ces zones peuvent devenir plus vulnérables aux perturbations naturelles (Dufour et Ouellet 2007). Toutefois, le chalut ne représentait que 4,4 % des activités de pêche dans le SIBA entre 2008 et 2015 comparativement à la pêche avec casiers qui en représentait 77,5 % (Figures 8 et 11).

L'altération des habitats physiques des fonds marins va bien-sûr avoir des effets sur les populations benthiques ainsi que sur les propriétés structurales et fonctionnelles des communautés benthiques. Les engins mobiles de fond à savoir les chaluts à panneaux, les dragues à pétoncles et les dragues hydrauliques à coquillages peuvent modifier l'abondance relative des espèces benthiques et, par conséquent, peuvent changer la composition des communautés benthiques (MPO 2006b). L'abondance des détritivores qui s'alimentent sur le fond marin peut augmenter

temporairement dans les zones où un engin traîné sur le fond est passé, et ces augmentations peuvent persister pendant des jours, voire des semaines. Lors de la période de déposition, les pétoncles juvéniles ont besoin de supports adéquats pour assurer leur fixation et deviennent particulièrement vulnérables à la perturbation des sédiments (MPO 2007c). Plusieurs études mentionnent également la vulnérabilité des premiers stades de vie de poissons et d'invertébrés benthiques, par exemple par colmatage des frayères ou étouffement des communautés benthiques lors de l'érosion du substrat et l'accumulation de sédiments (Nelson *et al.* 1991, White *et al.* 1997, Béland *et al.* 1999, COSEPAC 2003b). Selon Kaiser *et al.* (2006), les communautés utilisant des habitats à substrats mous s'avèrent généralement plus résistantes que celles vivant sur les sols rocheux.

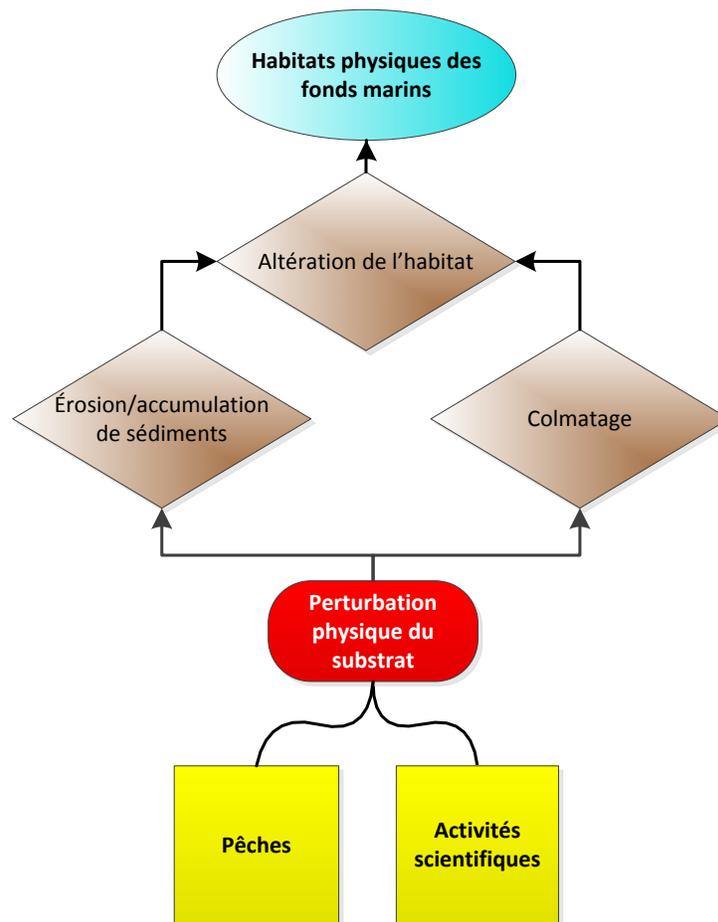


Figure 28. Détail de la SdE pour la composante écologique *Habitats physiques des fonds marins*.

3.1.2.2 Détail de la SdE pour la CE « Éléments biologiques structuraux » de l'objectif 1

La Figure 29 montre que les engins de pêche (chalut, filet maillant, casiers) et les activités scientifiques (par ex., chalut) ont des impacts sur les éléments biologiques structuraux. Par

exemple, ils peuvent détruire ou altérer des colonies de moules et les champs d'algue (Fuller *et al.* 2008, section 2.4.1).

Les impacts écologiques du chalut sont généralement élevés pour les invertébrés, les poissons de fond, les coraux et les éponges (Fuller *et al.* 2008). Les engins de pêche mobiles, comme le chalut, ont pour conséquence la réduction de la diversité et de l'abondance des espèces dans les écosystèmes marins (Watling 2005). Le chalutage peut causer des changements d'abondance et de composition des communautés benthiques (Fuller *et al.* 2008). Il nuit à l'abondance des espèces longévives et structurantes, contrairement aux espèces avec un cycle de vie court qui en bénéficient, étant régulièrement des espèces pionnières des milieux perturbés (MPO 2006b). D'autres activités de pêche, comme le remorquage des casiers peuvent blesser ou tuer directement les organismes benthiques structurants peu ou pas mobiles comme les échinodermes, les oursins, les bivalves, les crustacés, les tuniciers, les bernard-l'hermite et les anémones (Hartog et Archambault 2002). Un autre exemple est l'impact des filets maillants. En effet, on a retrouvé des coraux (espèces structurantes importantes) dans 27 % des filets maillants employés lors de pêches visant le flétan du Groenland dans le Canada Atlantique (Edinger *et al.* 2007).

Les espèces envahissantes peuvent nuire aux espèces structurantes. Deux espèces envahissantes ont été observées près du SIBA. Il s'agit du bryozoaire *Membranipora membranacea* et de la caprelle *Caprella mutica*. Le bryozoaire *M. membranacea* de la famille des Membraniporidae forme des colonies encroûtantes de tailles variables (croûtes de dentelle). Cette espèce épiphyte s'installe sur les algues (espèces structurantes) et peut les rendre plus friables lors des tempêtes. Elle est probablement arrivée avec les eaux de ballast et l'entartrage des coques de bateaux. Elle a été observée aux quais de Grande Grave et de Saint-Georges-de-Malbaie de même qu'à l'Île Bonaventure. L'autre espèce, un crustacé amphipode dénommé la caprelle *C. mutica* infeste les structures artificielles et peut faire concurrence aux moules (espèce structurante) pour la nourriture et pour l'espace. Cette espèce a été observée dans la baie de Gaspé. Encore une fois, les eaux de ballast issues du transport maritime pourraient être à l'origine de son introduction (MPO 2016). Pour cette raison, ces espèces envahissantes sont une menace aux éléments biologiques structuraux indigènes que représentent les algues et les moules.

Les augmentations de température des eaux en lien avec les changements climatiques peuvent également favoriser l'expansion de la répartition de certaines espèces (dont les espèces envahissantes) vivant plus au sud ou qui ne vivent pas dans le golfe du Saint-Laurent (Parmesan et Yohe 2003). Une tendance à la hausse du nombre d'espèces aquatiques envahissantes a été recensée partout dans le monde au cours des dernières décennies et est attribuée aux activités humaines ainsi qu'aux changements climatiques (Carlton et Geller 1993). Les changements climatiques améliorent la capacité d'établissement des espèces non indigènes de deux manières : en fournissant des conditions environnementales convenables et en déstabilisant les conditions propices aux espèces indigènes (Landry et Locke 2012).

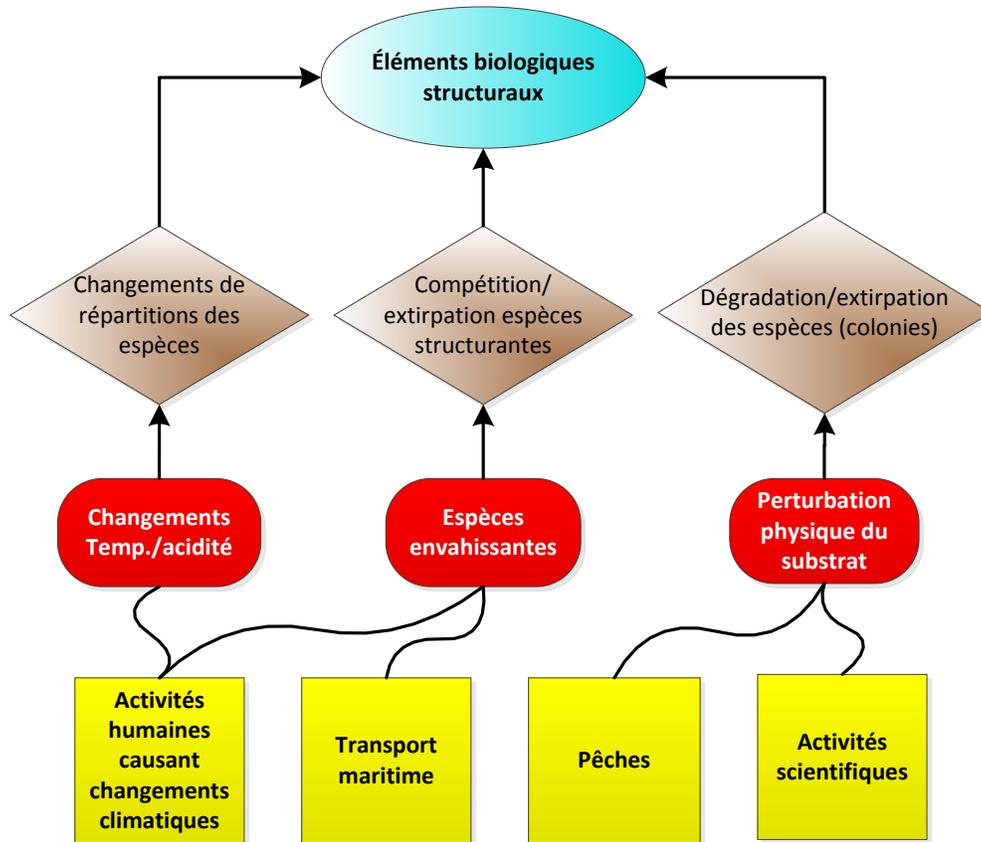


Figure 29. Détail de la SdE pour la composante écologique *Éléments biologiques structurants*.

3.1.2.3 Détail de la SdE pour la CE « Qualité chimique des sédiments » de l'objectif 1

Trois pressions, le rejet des eaux usées, la turbidité et le déversement pétrolier peuvent avoir un impact sur cette CE. Ces trois pressions peuvent découler de cinq activités humaines (Figure 30).

Les rejets des eaux usées sont généralement riches en nutriments et en matière organique ainsi qu'en différents polluants provenant des effluents urbains, industriels (pâtes et papiers), des effluents des usines de transformation de la pêche, des eaux usées de l'industrie maritime ainsi que des activités de dragage (Riegman 1995, EC 2003). Dans le SIBA, le rejet des eaux usées peut surtout provenir des navires du fait de sa localisation éloignée des côtes. Toutefois, certains rejets des eaux usées d'origines diverses (par ex., navires, urbaines, voir section 2.4.7) peuvent être transportés par le courant de Gaspé et pourraient ainsi contaminer les sédiments au SIBA.

Les déversements d'eaux usées et de déchets organiques provenant des navires augmentent l'apport en nutriments et en matière organique pouvant conduire à un enrichissement artificiel du milieu local. L'augmentation des matières organiques (ou nutriments) et sa dégradation contribuent à diminuer l'oxygène dissous disponible (hypoxie) et à augmenter l'acidification des eaux profondes. En effet, la décomposition bactérienne des matières organiques dans les eaux profondes et sur les fonds marins exige de l'oxygène et libère du dioxyde de carbone (CO₂). Ce CO₂ produit

par l'activité des bactéries réagit avec les molécules d'eau pour produire de l'acide carbonique qui, une fois dissocié, libère les ions d'hydrogène responsables de l'acidification des eaux (Gilbert *et al.* 2007). Cette acidification engendre plusieurs conséquences écologiques, comme nuire aux organismes qui forment des coquilles et au développement des poissons. Une réduction importante d'oxygène peut conduire à des modifications profondes de l'écosystème benthique : réduction de la biodiversité et apparition d'espèces plus tolérantes aux milieux faibles en oxygène, déplacement des poissons et des invertébrés vers des sites mieux oxygénés et, finalement, modification du réseau trophique du milieu (Islam *et al.* 2004, Dufour et Ouellet 2007, Giguère *et al.* 2011a). Acidification et conditions anoxiques sont des facteurs qui peuvent altérer la qualité du substrat.

De multiples contaminants sont introduits dans l'écosystème marin par les eaux de ruissellement, par les effluents urbains et industriels et par voies maritimes (rejets accidentels) ou atmosphériques (sous la forme de gaz ou d'aérosols) (Dufour et Ouellet 2007). Les contaminants présents dans les particules en suspension ou emmagasinés dans les sédiments peuvent conduire à une diminution de la qualité des sédiments en rendant les polluants disponibles pour les organismes. Généralement, les sédiments sont plus contaminés près de la côte, comme dans les zones portuaires (Dufour et Ouellet 2007). Les contaminants présents dans le milieu marin (incluant les sédiments) comprennent, entre autres, les composés inorganiques tels que les métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, etc.) et les composés organiques. Bon nombre de ces contaminants organiques sont hydrophobes et peuvent être absorbés par les organismes. Ces composés organiques peuvent s'accumuler dans les tissus selon leur solubilité et se concentrer d'un niveau trophique à l'autre (bioaccumulation). Ce phénomène augmente la quantité de molécules toxiques persistantes et explique pourquoi, en général, des concentrations plus élevées de contaminants sont observées chez les oiseaux, les gros poissons et les mammifères marins. Certains de ces polluants organiques sont hautement persistants (POP) (Croll *et al.* 1998), et sont très répandus dans les sédiments et les organismes (Dufour et Ouellet 2007). Les impacts potentiels directs de l'introduction de contaminants pourraient être la malformation, la bioaccumulation et la toxicité. La toxicité elle-même pourrait provoquer une perturbation du taux de reproduction, du taux d'éclosion des œufs et du taux de survie des larves. De ce fait, les relations proie-prédateur pourraient aussi être affectées.

Par ailleurs, la hausse artificielle de déchets organiques suite aux rejets d'eaux usées engendre une augmentation de la turbidité du milieu, c'est-à-dire qu'elle enrichit les eaux de surface en particules et modifie la quantité de lumière qui pénètre dans l'eau. De même, la remise en suspension des sédiments du fond liée aux activités de pêche (commerciales ou scientifiques) libère de grandes quantités de nutriments et de matière organique et augmente ainsi la turbidité du milieu. Cette remise en suspension peut également réintroduire dans le milieu des contaminants qui étaient piégés dans les sédiments depuis plusieurs années. Ces contaminants se retrouvent par la suite dans le réseau trophique. Également, la remise en suspension des sédiments diminue l'efficacité de filtration (absorption) des pétoncles par l'apport de matières inorganiques indigestes, ce qui a des impacts négatifs sur leur croissance (Arsenault *et al.* 1997).

Au Québec, on relève en moyenne une cinquantaine de cas de pollution par année pour la période allant de 1994 à 2001 et mettant en cause des navires (MPO 2004b). Dans le SIBA, le transport maritime est l'activité la plus à risque en lien avec les déversements accidentels de contaminants et/ou d'hydrocarbures (voir sections 2.4.3 et 2.4.5). Les hydrocarbures qu'ils soient légers, moyennement lourds ou lourds sont une source de contaminants importante des sédiments.

Les hydrocarbures légers (diesel, pétrole brut léger, les huiles de chauffage) sont modérément volatils et peuvent laisser des résidus pouvant aller jusqu'à un tiers de la quantité déversée après plusieurs jours (U.S. Fish & Wildlife Service 2004). Les hydrocarbures moyennement lourds (la plupart des hydrocarbures bruts) sont moins susceptibles de se mêler à l'eau et peuvent causer une contamination ayant des effets graves et à long terme dans les zones intertidales et les sédiments. Finalement, les hydrocarbures lourds sont également une menace pour la qualité chimique des sédiments, car ils ne se mélangent pas bien à l'eau et peuvent couler (U.S. Fish & Wildlife Service 2004). Les hydrocarbures ont le potentiel de demeurer dans l'environnement pendant une longue période suite à un déversement et peuvent même être détectés 30 ans après dans les sédiments (U.S. Fish & Wildlife Service 2004).

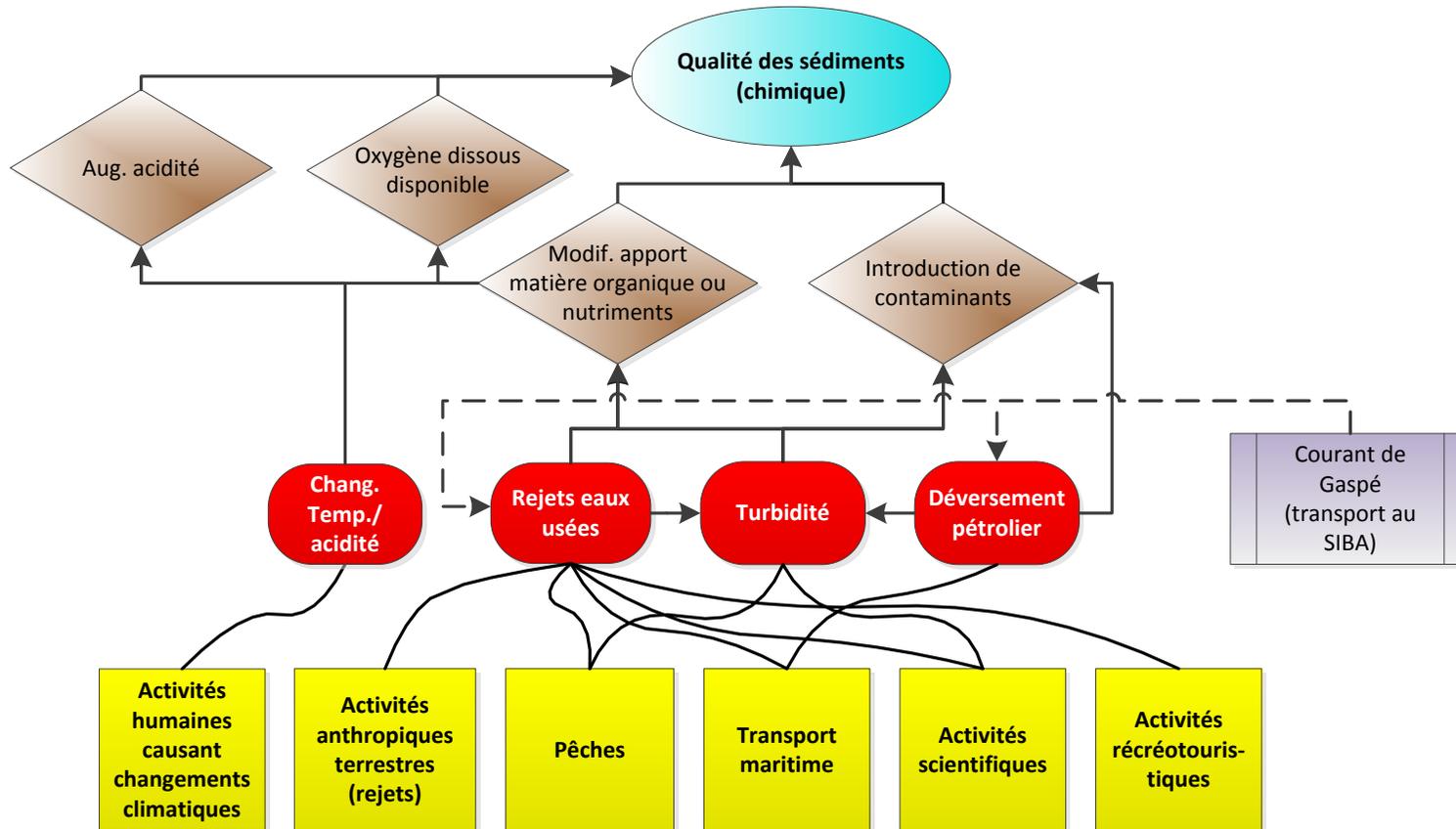


Figure 30. Détails de la SdE pour la composante écologique *Qualité des sédiments*.

3.1.3 Modèle de SdE pour l'objectif 2 Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères

La Figure 31 présente le modèle de SdE pour l'objectif 2. On remarque que quatre pressions ont un impact sur la qualité de l'eau, alors que le prélèvement de biomasse, surtout issu des prises accidentelles ou accessoires de hareng, de capelan ou de maquereau (pas de pêche commerciale ciblée rapportée pour ces poissons dans le SIBA) pourrait avoir un effet sur ces espèces. La qualité sonore du milieu est surtout affectée par la navigation (pêche, récréotourisme, transport maritime commercial et navires de recherche). Il ressort également dans ce schéma que la CE qualité de l'eau a un impact sur les CE krill/copépodes, capelan/hareng et maquereau. D'ailleurs, nous avons considéré que les pressions déversement pétrolier, rejets et turbidité ont des effets indirect sur les CE krill/copépodes, capelan/hareng et maquereau via la qualité de l'eau. En effet, même si les impacts de déversement pourrait sembler direct sur ces CE, nous avons plutôt considéré qu'il s'agit d'un effet sur la qualité de l'eau qui varie temporellement (par ex., l'effet d'un déversement pétrolier sera pratiquement immédiat sur la qualité de l'eau et ensuite sur les espèces, comparativement à un rejet d'un contaminant diffus et lent). La CE krill/copépodes agit à son tour sur les composantes capelan/hareng et maquereau. Finalement, des changements dans la population de capelan/hareng, qui sont des proies du maquereau, pourraient également avoir un impact sur la présence de cette espèce dans le SIBA.

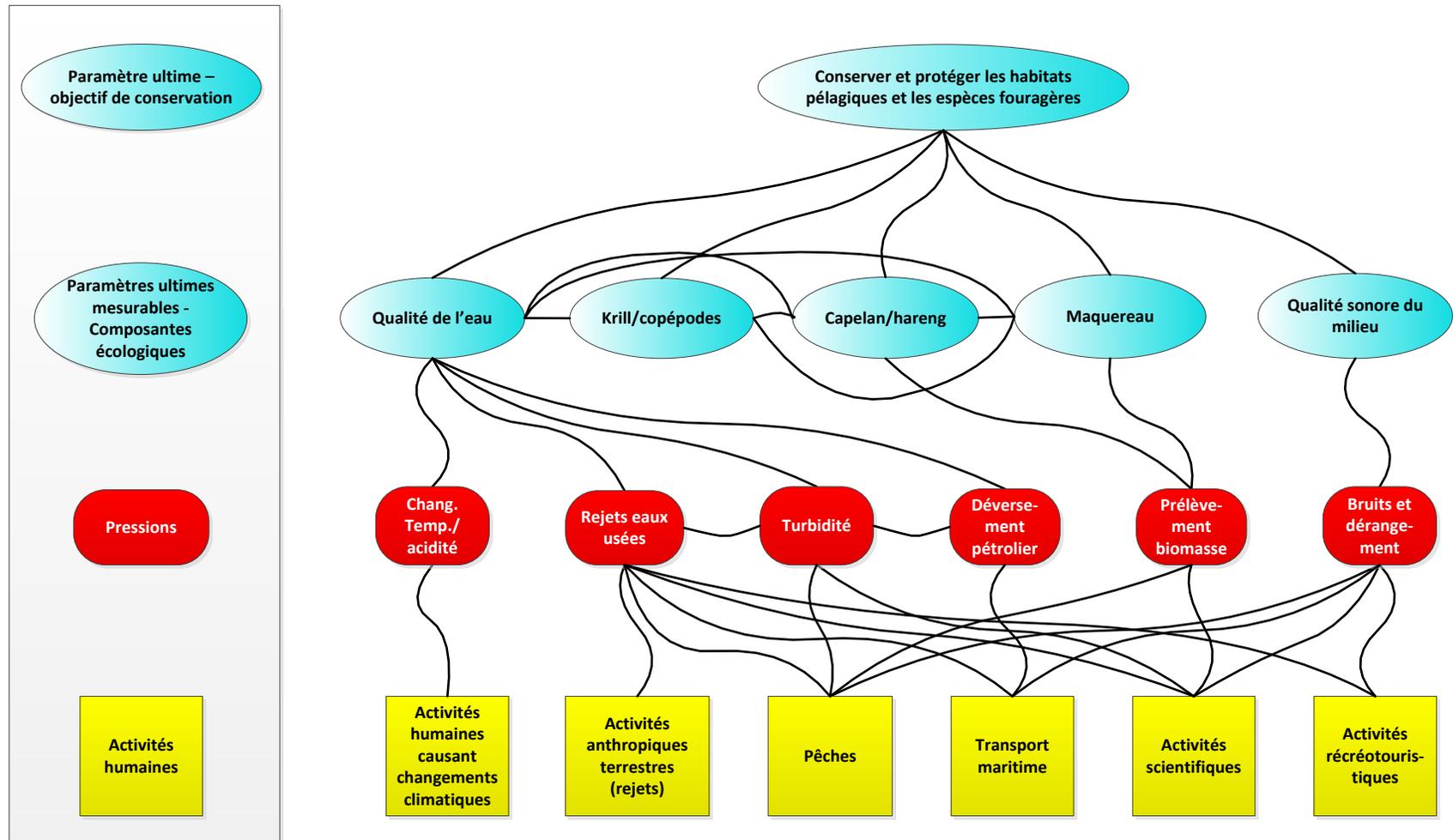


Figure 31. Modèle de la séquence des effets pour l'objectif de conservation 2 - *Conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères*.

3.1.3.1 Détail de la SdE pour la CE « Qualité de l'eau » de l'objectif 2

Quatre pressions, les changements climatiques, les rejets des eaux usées, le déversement pétrolier et la turbidité peuvent avoir un impact sur cette CE. Ces quatre pressions peuvent découler de six activités humaines (Figure 32). L'ensemble peut générer sept impacts qui peuvent altérer la qualité de l'eau. Comme pour la CE « Qualité chimique des sédiments » de l'objectif 1, certains rejets d'eaux usées, de déchets organiques et de contaminants (par ex., navires, rejets municipaux, industriels et agricoles, voir sections 2.4.7 et 3.1.2.3) ou déversements pétroliers survenant en amont pourraient se rendre dans le SIBA via le transport par le courant de Gaspé et altérer la qualité de l'eau.

Les changements climatiques ont des impacts directs sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau en ayant un effet sur la température, l'acidité et l'oxygène dissous disponible (Gilbert *et al.* 2007, Mucci *et al.* 2011, Galbraith *et al.* 2015). Toutefois, pour l'instant, il n'y aurait pas de modification attendue quant à la quantité d'oxygène dissous disponible dans le SIBA (Galbraith *et al.* 2015). Les rejets des eaux usées contribuent également à modifier l'acidité et la quantité d'oxygène dissous dans l'eau en stimulant les activités bactériennes (voir section 3.1.2.3).

L'apport d'une grande quantité de nutriments (rejets d'eaux usées municipaux, industriels agricoles et des navires) et l'augmentation de la température pourraient favoriser la croissance d'algues rouges toxiques (MPO 2008c). Ces algues peuvent provoquer la mort des animaux, comme ce fût le cas avec la marée rouge de 2008 dans le Saint-Laurent (MPO 2008d).

Dans le SIBA, le transport maritime est l'activité la plus à risque en lien avec un déversement pétrolier (section 2.4.3 et 2.4.5). Bien que différentes mesures soient prises pour limiter les risques d'accidents maritimes (par ex., aide à la navigation, emploi de pilotes expérimentés qui connaissent bien le Saint-Laurent) et qu'aucun déversement majeur ne se soit encore produit au Québec, le risque qu'un déversement majeur se produise un jour reste sérieux (EC 2009). Les déversements de pétrole, peu importe leur origine, ont des impacts importants sur la qualité de l'eau. En effet, les hydrocarbures causent une toxicité aiguë et ont généralement une incidence sur les plantes qui vivent dans la colonne d'eau supérieure (U.S. Fish & Wildlife Service 2004). Ils affectent aussi gravement la sauvagine et les mammifères marins à fourrure.

Les eaux du fleuve Saint-Laurent contiennent de nombreux contaminants dont la provenance est très variable (GTSESL 2014). Les sources de contamination dépendent du type de contaminant (bactériologique, virus, chimique) et elles peuvent être localisées ou diffuses. Les principales sources de contamination dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent sont leurs affluents, principalement le fleuve Saint-Laurent (région des Grands Lacs et de Montréal) et la rivière Saguenay (Dufour et Ouellet 2007). Les contaminants sont généralement transportés par des particules en suspension, liés à des minerais ou à des matières organiques (Dufour et Ouellet 2007). Les particules plus lourdes se déposent à proximité de la source, alors que les particules plus fines peuvent se déplacer sur une plus longue distance (MPO 2003). Des risques d'introduction de contaminants du SIBA via le courant de Gaspé sont donc possibles.

Les activités de pêche et scientifiques (chalutage) peuvent provoquer la remise en suspension des sédiments. Cette remise en suspension provoque notamment une augmentation significative de

la consommation d'oxygène (hypoxie) par le mélange de produits de réduction tels que le méthane et les sulfures d'hydrogène ou bien par la remise en suspension de la faune bactérienne associée aux particules (Riemann et Hoffmann 1991). L'utilisation des chaluts laisse une trace dans les sédiments et peut causer de la turbidité jusqu'à 50 m du lieu d'origine. À court terme, cette perturbation peut réduire la production primaire si la turbidité atteint la zone euphotique. La turbidité, en modifiant la qualité de l'eau, peut causer l'irritation des branchies de plusieurs espèces de poissons (White *et al.* 1997) et diminuer l'efficacité de filtration (absorption) de certains filtreurs benthiques (par ex., pétoncles ; Arsenault *et al.* 1997).

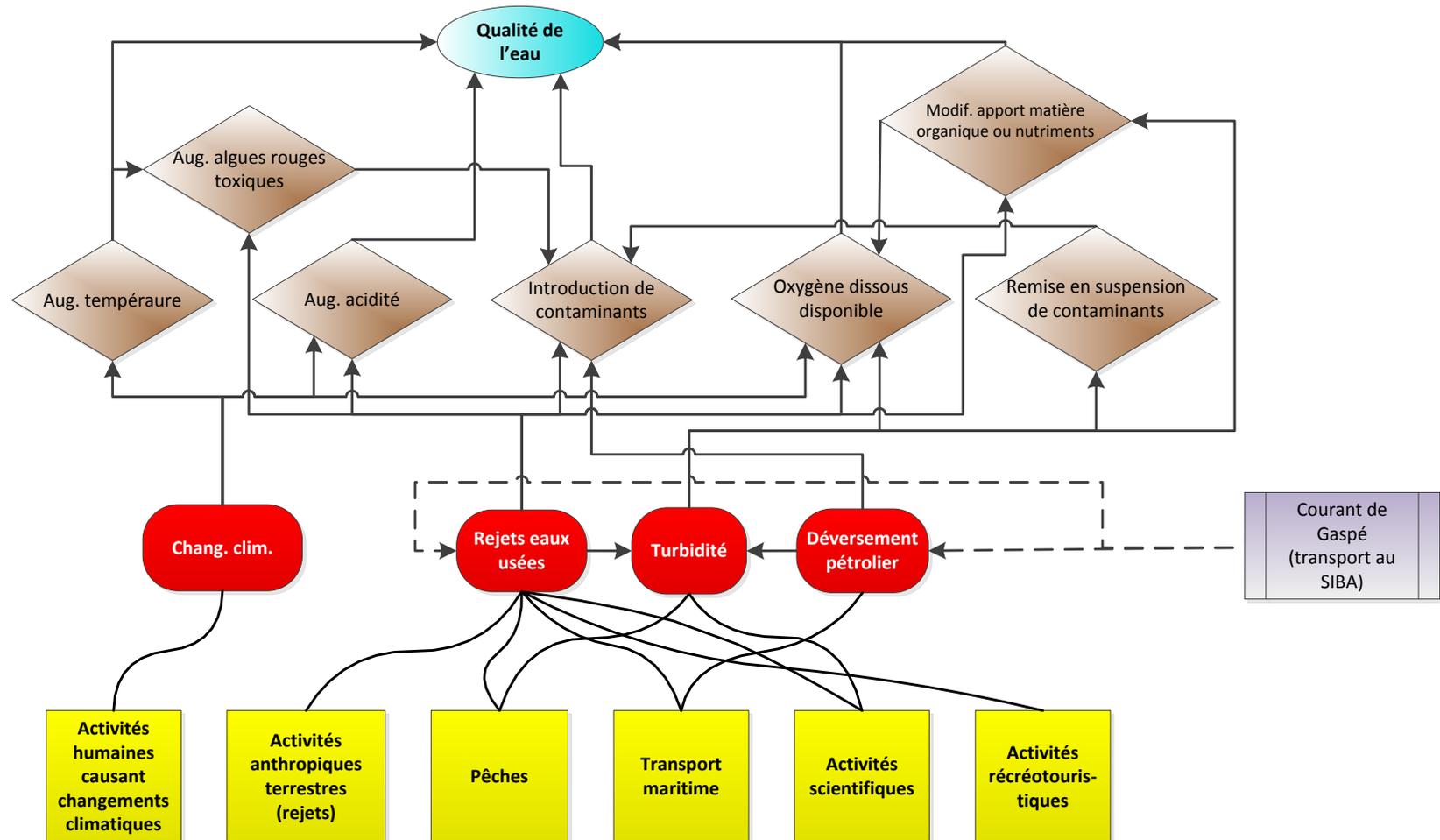


Figure 32. Détail de la séquence des effets pour la CE *Qualité de l'eau*.

3.1.3.2 Détail de la SdE de la CE « Qualité sonore » de l'objectif 2

La qualité sonore dans le SIBA est principalement influencée par la navigation (Figure 36). En effet, les bateaux motorisés produisent du bruit sur une large bande, allant de quelques Hz à plus de 100 kHz. La fréquence à laquelle l'énergie est maximale dépend de la taille du bateau et du type de propulsion. Pour les gros navires marchands qui circulent sur la voie maritime du Saint-Laurent, cette fréquence oscille entre 20 et 200 Hz, tandis que pour les plus petits bateaux tels que les canots pneumatiques, cette fréquence est plus élevée, soit de l'ordre de 500 Hz à 6 kHz environ (Richardson *et al.* 1995, Lesage *et al.* 1999, Simard *et al.* 2006). Tous les types de navigation motorisée ont donc le potentiel d'affecter la qualité sonore du milieu, ce qui touche particulièrement les mammifères marins (voir section 2.3.2.2).

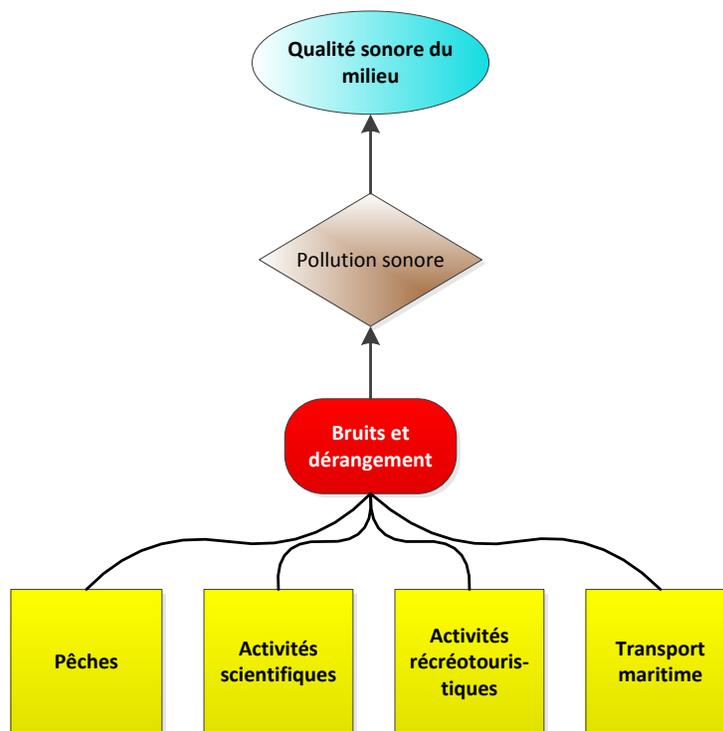


Figure 33. Détail de la séquence des effets pour la *Qualité sonore* dans le SIBA.

3.1.3.3 Détail de la SdE pour la CE « Krill/copépodes » de l'objectif 2

Les pressions exercées sur les krill/copépodes ne sont pas directes, mais dépendent de la qualité de l'eau. Donc, on doit regarder ce qui affecte la qualité de l'eau pour déterminer l'impact des activités sur ces derniers (Figure 33). La qualité de l'eau peut avoir un impact direct ou indirect sur la survie du krill/copépodes. Par exemple, les changements climatiques peuvent influencer la répartition du krill/copépodes mais aussi de la nourriture (phytoplancton) de laquelle ils dépendent (Parmesan et Yohe 2003, Atkinson *et al.* 2004). De plus, dans le schéma de la Figure 33, on remarque l'impact potentiel de facteurs externes au SIBA. En effet, les krill/copépodes ne sont pas produits dans le

SIBA, mais plutôt dans l'estuaire du Saint-Laurent et ils sont ensuite transportés vers le SIBA grâce au courant de Gaspé. S'il advenait que la production de ces espèces (hors du SIBA) vienne à diminuer ou si le courant de Gaspé venait à être réduit ou perturbé, l'abondance du krill ou des copépodes pourrait indirectement être affectée dans le SIBA. Ainsi, les éléments de risques identifiés sont plutôt externes au système étudié.

La qualité de l'eau va influencer la CE « Krill/copépodes » par la disponibilité de nourriture. L'arrivée des crues printanières transportant d'importantes quantités de matières organiques et de nutriments coïncide avec les floraisons planctoniques (Levasseur 1996). La reproduction de *Calanus finmarchicus*, l'espèce de *Calanus* dominante numériquement, est fortement synchronisée avec la floraison phytoplanctonique printanière dans l'estuaire du Saint-Laurent (Plourde et Runge 1993, Plourde *et al.* 2001). Le broutage ou la consommation de phytoplancton est en effet surtout réalisé par les copépodes dans le Saint-Laurent qui sont eux même consommés par le krill (Savenkoff *et al.* 2013, 2017). L'apport en nutriments peut donc venir influencer indirectement cette CE.

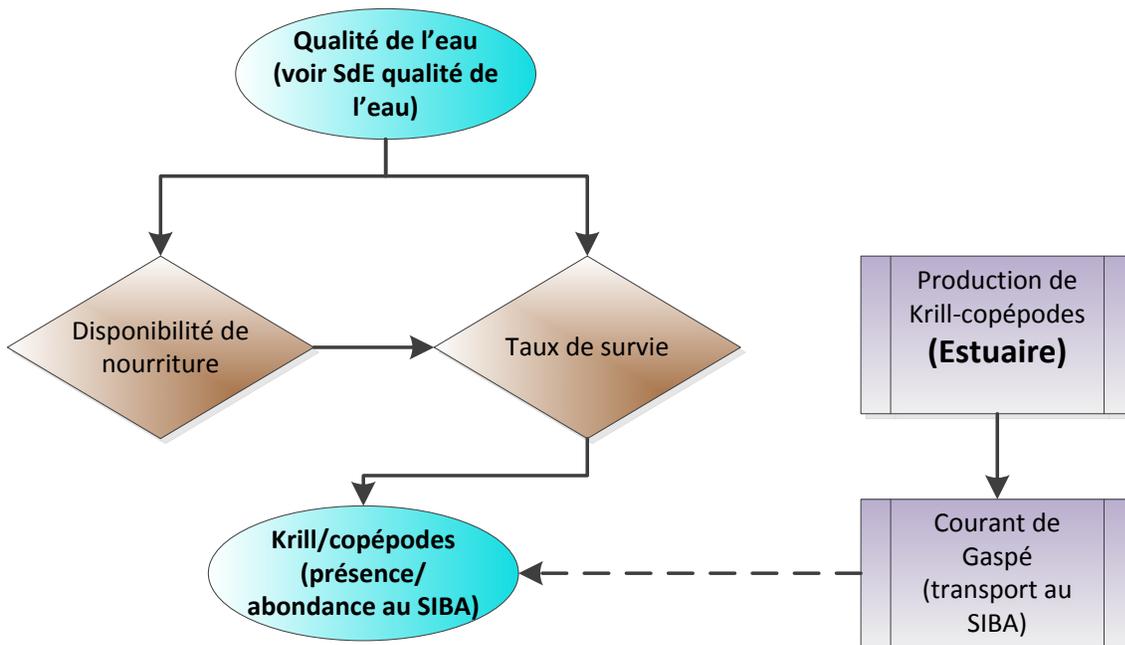


Figure 34. Détail de la séquence des effets pour la CE *Krill/copépodes* dans le SIBA.

3.1.3.4 Détail de la SdE pour la CE « Capelan/hareng » de l'objectif 2

Comme la présence de ces deux espèces dans le SIBA dépend essentiellement de leurs proies (krill et copépodes), les activités et les pressions qui affectent ces proies auront un effet indirect sur l'abondance des capelans et des harengs (Figure 34). Les prises accessoires causées par la pêche à la crevette au chalut et aux activités scientifiques dans le SIBA peuvent également avoir un effet

direct sur ces espèces (voir section 2.4.1), de même que la qualité de l'eau (par ex., absorption de contaminants, changements de répartition en lien avec les changements climatiques, etc.).

La compétition interspécifique pour la nourriture n'est pas considérée ici. Cependant, des changements d'abondance de rorquals, par exemple, pourraient influencer la disponibilité de krill pour d'autres mangeurs de krill (capelan, hareng, maquereau, etc.), et l'inverse est vrai aussi. Savenkoff et al. (2013) ont montré que les euphausiacés sont des proies importantes consommées par des prédateurs situés à tous les niveaux du réseau trophique depuis le macrozooplancton (par ex., amphipodes hyperidés et plancton gélatineux), les invertébrés (crevettes), les poissons (capelan, hareng, maquereau, etc.) jusqu'aux mammifères marins dans le Saint-Laurent.

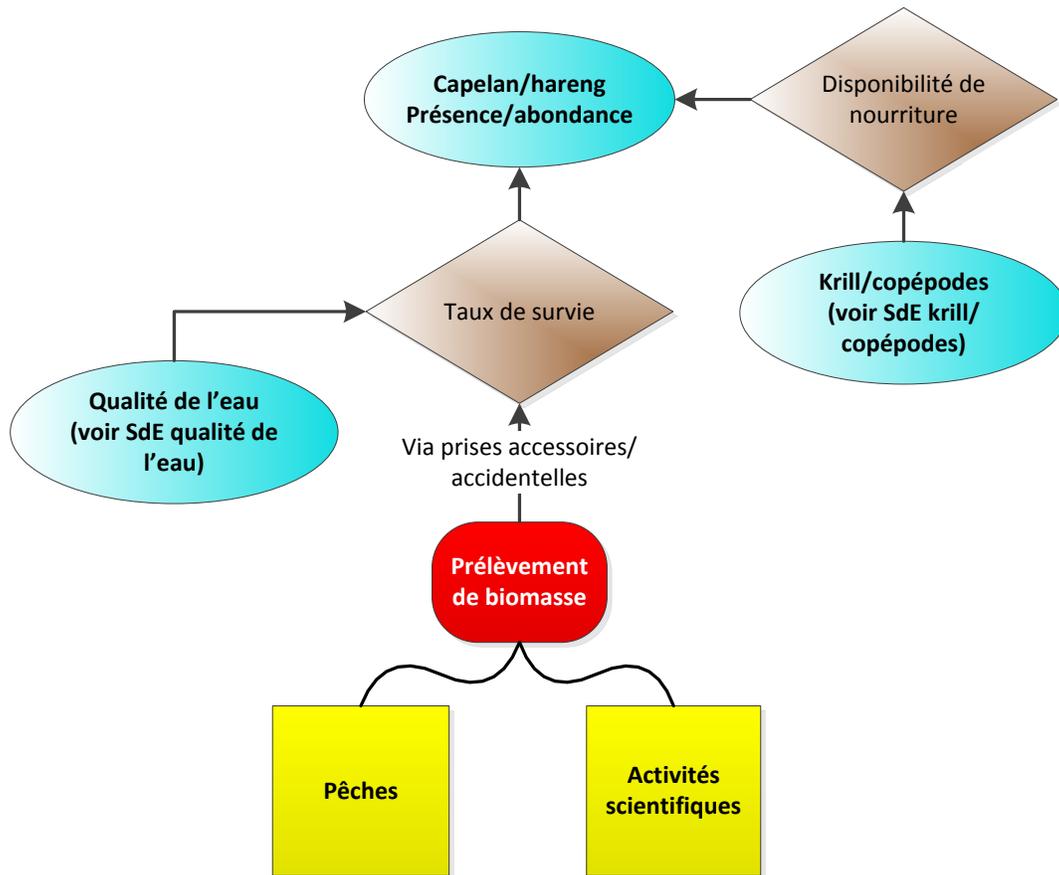


Figure 35. Détail de la séquence des effets pour la CE *Capelan/hareng*.

3.1.3.5 Détail de la SdE pour la CE « Maquereau » de l'objectif 2

Le SIBA représente une aire de ponte pour le maquereau et, dans une moindre mesure, une aire d'alimentation (voir section 2.3.2.7). La qualité de l'eau, via les changements climatiques, est appelée à jouer un rôle important, car le facteur limitant pour la reproduction du maquereau dans le SIBA est la température, qui n'est pas toujours assez chaude (Grégoire *et al.* 2013) (Figure 35).

Ainsi, le réchauffement des eaux de surface anticipé avec les changements climatiques pourrait favoriser la reproduction du maquereau dans le SIBA. Toutefois, l'acidité de l'eau qui augmente dans le Saint-Laurent pourrait, elle, empêcher la survie des œufs (Brown et Sadler 1989, Mucci *et al.* 2011). Cet effet, reste toutefois à évaluer pour le SIBA, car l'acidité de l'eau semble augmenter pour les eaux profondes mais pas en surface, alors que les œufs de maquereau sont généralement en surface (Mucci *et al.* 2011, Grégoire *et al.* 2013). Côté alimentation, le maquereau se nourrit de krill/copépodes et de capelan; ainsi son alimentation pourrait être affectée indirectement par ces deux composantes (voir section 2.3.2.7). Finalement, on peut ajouter que les prises accessoires dans le SIBA via la pêche et les activités scientifiques peuvent avoir un effet sur cette espèce (voir section 2.4.1).

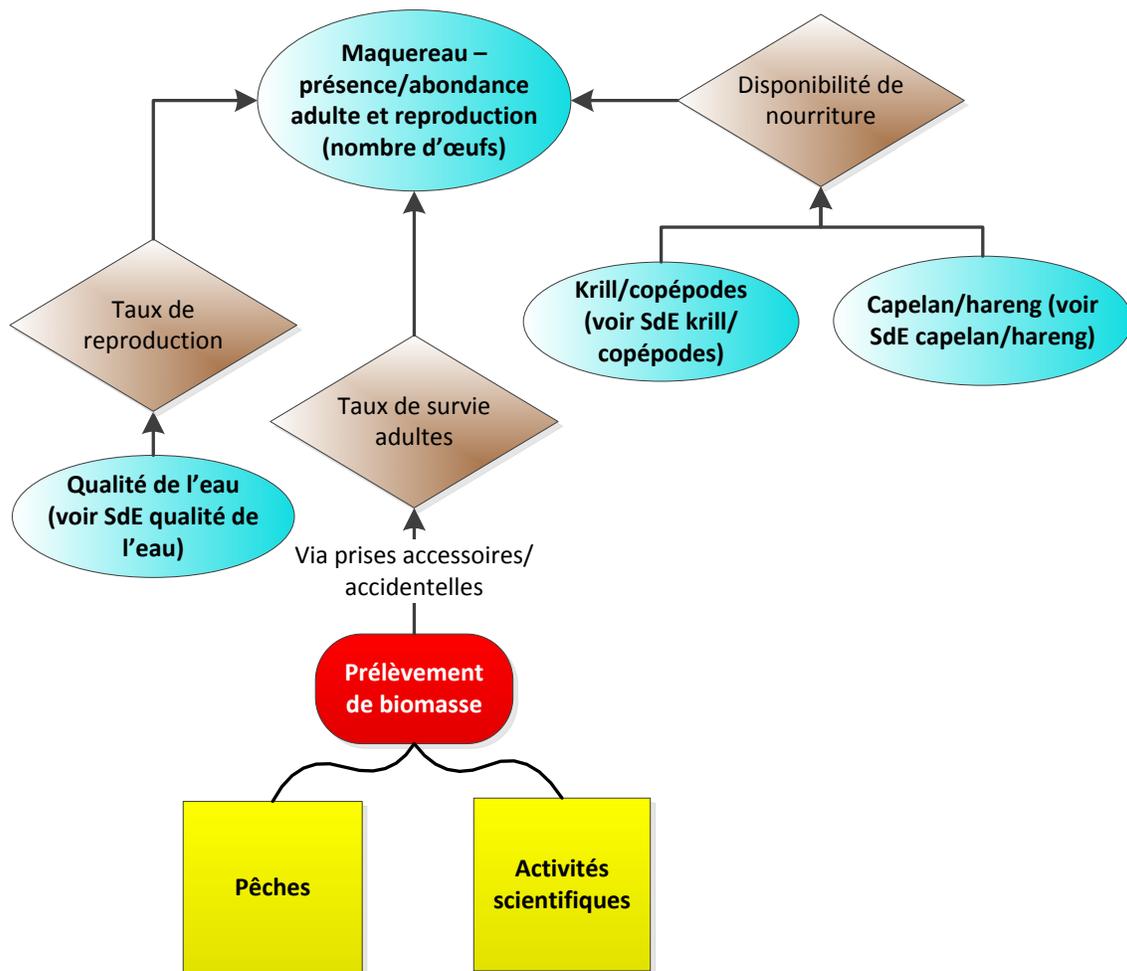


Figure 36. Détail de la séquence des effets pour la CE *Maquereau* dans le SIBA.

3.1.4 Modèle de la SdE pour l'objectif 3 Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril

La Figure 37 présente le modèle de SdE pour l'objectif 3. On remarque que les pressions directes sur les espèces en péril sont surtout liées aux emmêlements dans les engins de pêche et aux collisions avec les navires, en ce qui concerne les mammifères marins. Depuis que la chasse commerciale à grande échelle est interdite, les engins de pêche représentent sans doute la plus grande menace pour les baleines à fanons (Volgenau *et al.* 1995, Clapham *et al.* 1999). Il est toutefois difficile d'en évaluer toute l'ampleur, car de nombreux incidents avec des engins de pêche passent probablement inaperçus ou ne sont jamais signalés. Finalement, la principale raison qui explique la présence des mammifères marins dans le SIBA est l'abondance de nourriture. Ainsi, toute activité qui risque d'avoir un impact négatif sur les espèces qu'ils consomment (par ex., krill, copépodes, capelan) aura indirectement un impact sur la présence des mammifères marins dans le SIBA.

Pour les loups, les prises accessoires en lien avec la pêche commerciale peuvent avoir un impact sur la survie de ces espèces. Pour les mammifères marins comme pour les loups, il y a plusieurs liens indirects via les CE des deux autres objectifs de conservation et les pressions qui s'exercent sur celles-ci (par ex., déversement pétrolier sur qualité des sédiments ou qualité de l'eau) (Figure 37). Pour les loups, les principaux facteurs susceptibles de les affecter sont en lien avec l'altération de l'habitat benthique de ces espèces.

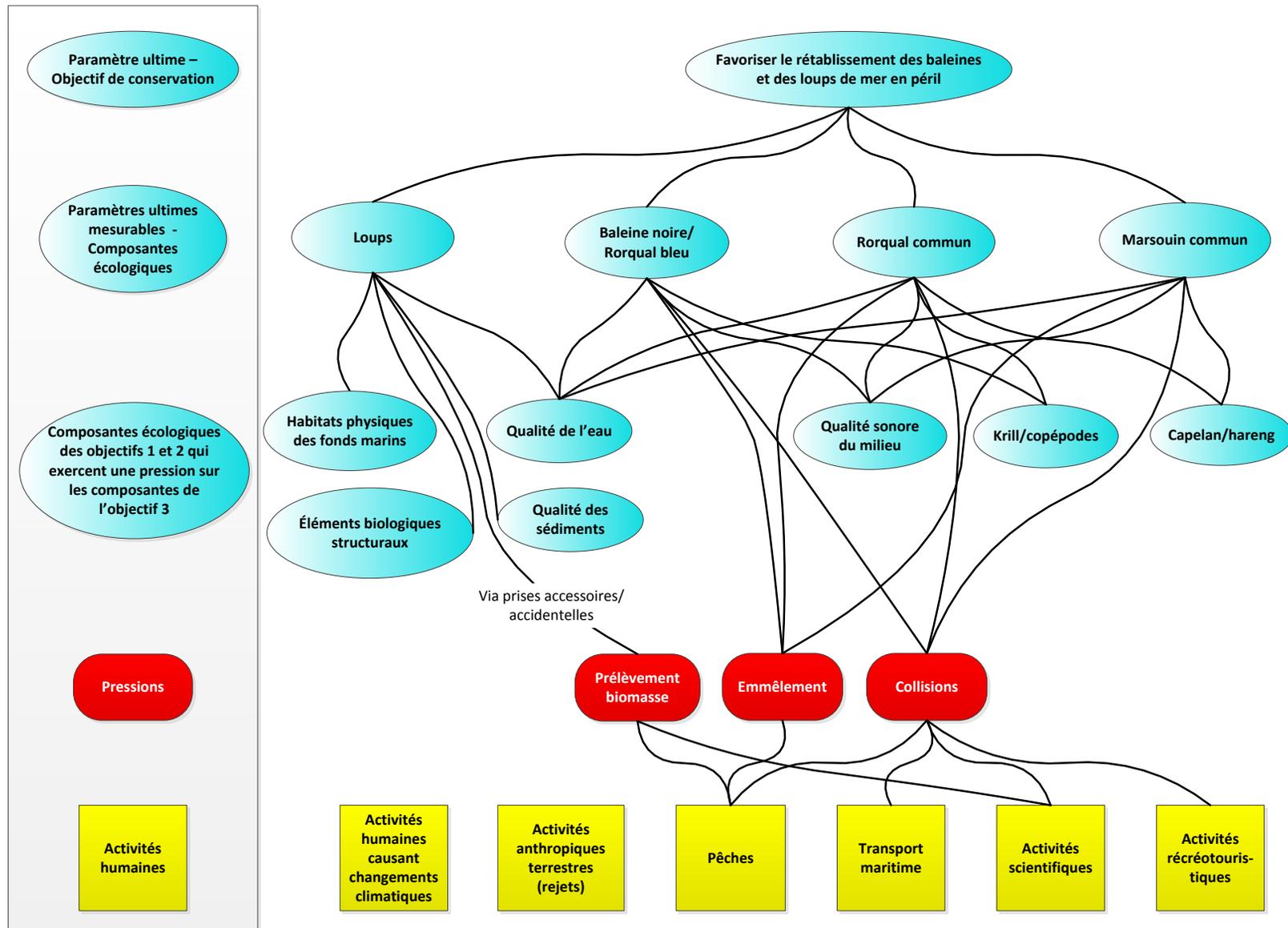


Figure 37. Modèle de séquence des effets pour l'objectif 3 - Favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril.

3.1.4.1 Détail de la SdE de la CE « Loups » de l'objectif 3

Les prises accessoires/accidentelles causées par les pêches et les activités scientifiques peuvent avoir un effet important sur la survie des adultes (voir section 2.4.1). Toutefois, les activités et les pressions sur les loups sont essentiellement indirectes, c'est-à-dire qu'elles sont en lien avec les CE des autres objectifs de conservation (Figure 38). Par exemple, la qualité des sédiments, l'habitat physique des fonds marins de même que les éléments biologiques structurants (spécialement les hauts fonds et les algues pour déposer les œufs lors de la ponte) sont des éléments importants en lien avec la qualité de l'habitat de cette espèce benthique. La qualité de l'eau peut avoir un effet sur la survie des poissons de même que sur celle des œufs (reproduction) (voir section 3.1.3.5 sur le maquereau).

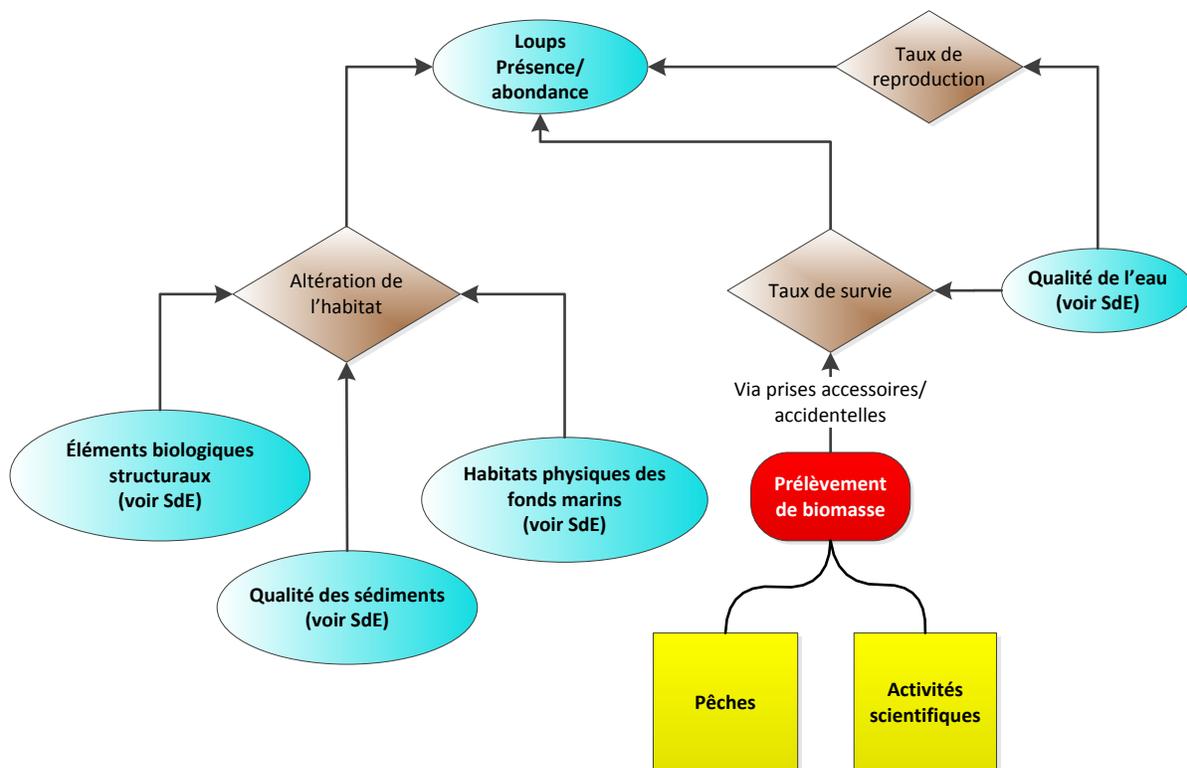


Figure 38. Détail de la séquence des effets pour la CE *Loups*.

3.1.4.2 Détail de la SdE pour la CE « Baleine noire/rorqual bleu » de l'objectif 3

Certaines pressions sur les baleines noires et les rorquals bleus sont indirectes (Figure 39). La présence de ces mammifères dans le SIBA est reliée à leur alimentation (CE krill/copépodes). Les facteurs qui vont influencer la disponibilité de cette nourriture vont donc impacter également la présence ou l'abondance de la CE baleine noire/rorqual bleu.

Les facteurs influençant la qualité sonore peuvent également interférer avec plusieurs activités vitales des mammifères marins liées à la détection des sons (Simard et Roy 2013). Les mammifères marins sont connus pour faire un usage intensif de divers sons pour communiquer entre eux, détecter et localiser leurs proies par écholocalisation, percevoir diverses propriétés de leur environnement par analyse de la « scène sonore », détecter la présence de prédateurs et d'autres menaces, ainsi que pour naviguer en 3D sous l'eau. La qualité sonore du milieu peut ainsi avoir un impact (1) en altérant leur habilité à percevoir passivement leur environnement et à détecter les sons émis par les autres mammifères marins ou tout autre son; (2) en induisant des modifications comportementales (alimentation, reproduction, etc.); et (3) en modifiant la sensibilité auditive (par ex., surdités temporaires ou permanentes) (Richardson *et al.* 1995, Southall 2005, Nowacek *et al.* 2007, Weilgart 2007, Stockin *et al.* 2008).

En ce qui concerne la qualité de l'eau, le principal risque pour la survie de ces espèces est l'occurrence de marées rouges (voir section 3.1.3.1). En effet, des mammifères marins ont été retrouvés morts dans la marée rouge de 2008 dans l'estuaire du Saint-Laurent (MPO 2008d).

Les collisions de bateaux avec les cétacés sont aussi une cause reconnue de mortalité de ces animaux dans le monde, mais il y a peu d'informations à ce sujet, car la plupart des collisions ne sont pas rapportées. La majorité des blessures graves ou mortelles serait causée par des bateaux voyageant à 14 nœuds ou plus (26 km/h), tels les porte-conteneurs et autres bateaux de fort tonnage (c.-à-d. d'une longueur de 80 m et plus) (Laist *et al.* 2001). Vanderlaan et Taggart (2007) ont également montré que la probabilité qu'une collision soit fatale à une baleine de grande taille augmente rapidement à des vitesses se situant entre 8,6 et 15 nœuds. Jensen et Silber (2003) ont estimé qu'au moins 70 % des collisions impliquant des baleines de grande taille sont fatales. Une collision entre un bateau et un cétacé peut, selon l'angle et la force de l'impact, blesser ou tuer l'animal. Les hélices des bateaux peuvent entailler et découper la chair et la graisse de l'animal et couper des parties de sa queue. L'impact peut aussi entraîner d'autres types de blessures plus difficiles à identifier telles que des fractures et des ecchymoses qui ne sont pas toujours apparentes. Il est généralement accepté que les fractures du crâne, de la mâchoire et des vertèbres sont causées par des collisions avec des bateaux, étant donné la force nécessaire pour briser ces gros os. De plus, certaines espèces de cétacés plus élancées telles que les rorquals se font parfois prendre par l'étrave d'un bateau. Ils se font alors transporter sur une certaine distance jusqu'à ce que l'équipage se rende compte de la situation ou que le bateau ralentisse, généralement à l'arrivée au port. Il a été estimé que le programme de réduction volontaire de la vitesse des navires marchands et de croisières à la tête du chenal laurentien au large de Tadoussac en 2013 a permis de réduire les risques de collision effectifs de presque 40 % avec les mammifères marins (Cantin 2014). Les bateaux de toutes tailles et de tous types peuvent frapper les baleines et leur infliger des blessures plus ou moins graves. Les petits bateaux représentent également une menace à cause de leur vitesse et de leur manœuvrabilité, surtout lorsqu'ils sont en grande concentration (Savaria *et al.* 2003). Aux États-Unis, les collisions fatales sont causées principalement par les cargos et porte-conteneurs, suivies à parts égales par les traversiers, les bateaux de l'armée et les bateaux de croisière (Laist *et al.* 2001).

Chez les rorquals, la mortalité liée aux collisions avec les bateaux est sous-estimée, car la plupart des carcasses coulent après la mort de l'individu (Savaria *et al.* 2003). Il est donc difficile d'évaluer l'importance et les répercussions des collisions sur les populations de cétacés. Les collisions peuvent être une source de préoccupation pour certaines populations avec lesquelles la fréquence

des collisions est élevée et pour les populations de petite taille (par ex., baleine noire du nord de l'Atlantique et rorqual bleu du golfe du Saint-Laurent) (Laist *et al.* 2001).

Selon Laist *et al.* (2001), peu de collisions sont rapportées pour le rorqual bleu. Toutefois, des mortalités de rorquals bleus à la suite d'une collision avec un bateau ont été rapportées dans différents océans (Barlow *et al.* 1997, NMFS 1998, Laist *et al.* 2001). Malgré le peu de cas signalés dans l'Atlantique Nord-Ouest, le dénombrement des rorquals bleus dans le Saint-Laurent portant des cicatrices indique que cette menace est réelle et possiblement importante (COSEPAC 2002).

De 1970 à 2007, 67 carcasses de baleine noire ont été signalées sur la côte est des États-Unis et du Canada, dont au moins 24 étaient des individus morts à la suite d'une collision avec un bateau (Knowlton et Brown 2007). De ces 24 individus, 17 (71 %) ont été tués entre 1991 et janvier 2007; ils représentent 50 % du nombre total de baleines noires mortes durant cette période. Sept des 24 cas de mortalité (29 %) attribuables à des collisions avec des bateaux se sont produites en eaux canadiennes entre 1987 et 2006 (Brown *et al.* 2009). En plus de la mortalité directe, il a été noté qu'environ 7 % des individus de la population ont sur le dos ou le pédoncule caudal des « blessures graves » provoquées par des hélices de bateaux. Par conséquent, le nombre total réel de morts résultant de collisions avec des bateaux est inconnu. Toutefois, il est sans doute plus élevé que le nombre observé puisque certains individus blessés ne sont pas retrouvés et que certaines carcasses sont en trop mauvais état pour que l'on puisse déterminer la cause de la mort (Moore *et al.* 2007). De plus, la morbidité et la baisse de productivité et de longévité chez les animaux ayant une blessure « non mortelle » ou « peut-être mortelle » (par ex., coupures faites par une hélice, entailles profondes, nageoire caudale sectionnée) doivent être prises en compte lorsqu'on évalue l'incidence totale des collisions avec des bateaux.

La présence de certains engins de pêche, comme les filets maillants, représenterait une menace pour les rorquals puisqu'ils peuvent occasionner la mort par asphyxie des individus qui s'y empêtrent. Dans certains cas, les baleines emmêlées dans des engins de pêche peuvent éprouver des difficultés à se déplacer et à s'alimenter, à tel point que leur reproduction et leur survie peuvent être compromises (NMFS 1998, Clapham *et al.* 1999). Les rorquals bleus sont des baleines puissantes qui restent rarement prisonnières des filets de pêche. Malgré cela, trois rorquals bleus prisonniers de filets maillants sont morts dans le Saint-Laurent depuis 1979 (COSEPAC 2002). Il est estimé que près de 10 % des rorquals bleus fréquentant le Saint-Laurent portent des cicatrices attribuables à des contacts avec un engin de pêche (R. Sears, Station de recherche des Îles Mingan, comm. pers.). Par ailleurs, quand les rorquals réussissent à s'échapper des engins de pêche, ils peuvent se blesser ou remorquer des sections de ceux-ci (par ex., câbles, bouées) pendant de longues périodes. Nous n'avons pas trouvé d'information à ce sujet pour la baleine noire dans le SIBA, mais elles sont fort probablement soumises aux mêmes pressions comme le témoignent les tristes événements observés dans le Golfe du Saint-Laurent en 2017 (Daoust *et al.* 2018). De juin à septembre 2017, 12 baleines noires ont été trouvées mortes dans le golfe du Saint-Laurent et les 6 nécropsies suggèrent deux causes principales, les collisions et l'empêchement dans les cordages associés aux engins de pêche, notamment les casiers à crabe des neiges (Daoust *et al.* 2018).

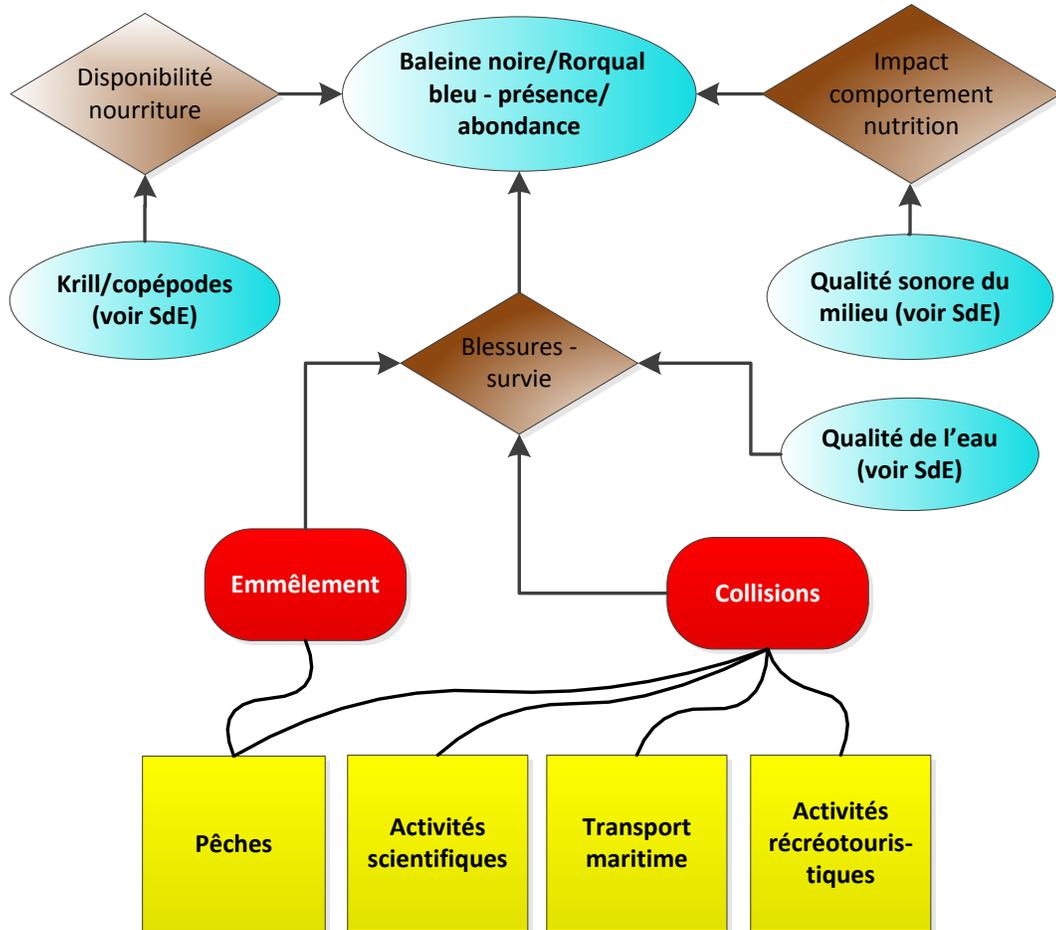


Figure 39. Détail de la séquence des effets pour la CE *Baleine noire/rorqual bleu*.

3.1.4.3 Détail de la SdE de la CE « Rorqual commun » de l'objectif 3

La SdE pour le rorqual commun est similaire à celle de baleine noire/rorqual bleu, mis à part le fait que la CE capelan/hareng s'ajoute en tant que source d'alimentation (Figure 40). Les facteurs qui vont influencer la disponibilité de cette nourriture vont donc avoir une incidence sur la CE rorqual commun. Le rorqual commun serait une des espèces de baleines le plus souvent impliquée dans les collisions avec les navires (Laist *et al.* 2001). De plus, les rorquals communs seraient moins susceptibles de mourir empêtrés que la plupart des autres espèces de cétacés, en raison de la taille relativement petite de leurs ailerons et de leur nageoire caudale et parce qu'ils sont suffisamment gros pour se dégager d'un engin dans lequel ils se sont emmêlés (Lien 1994).

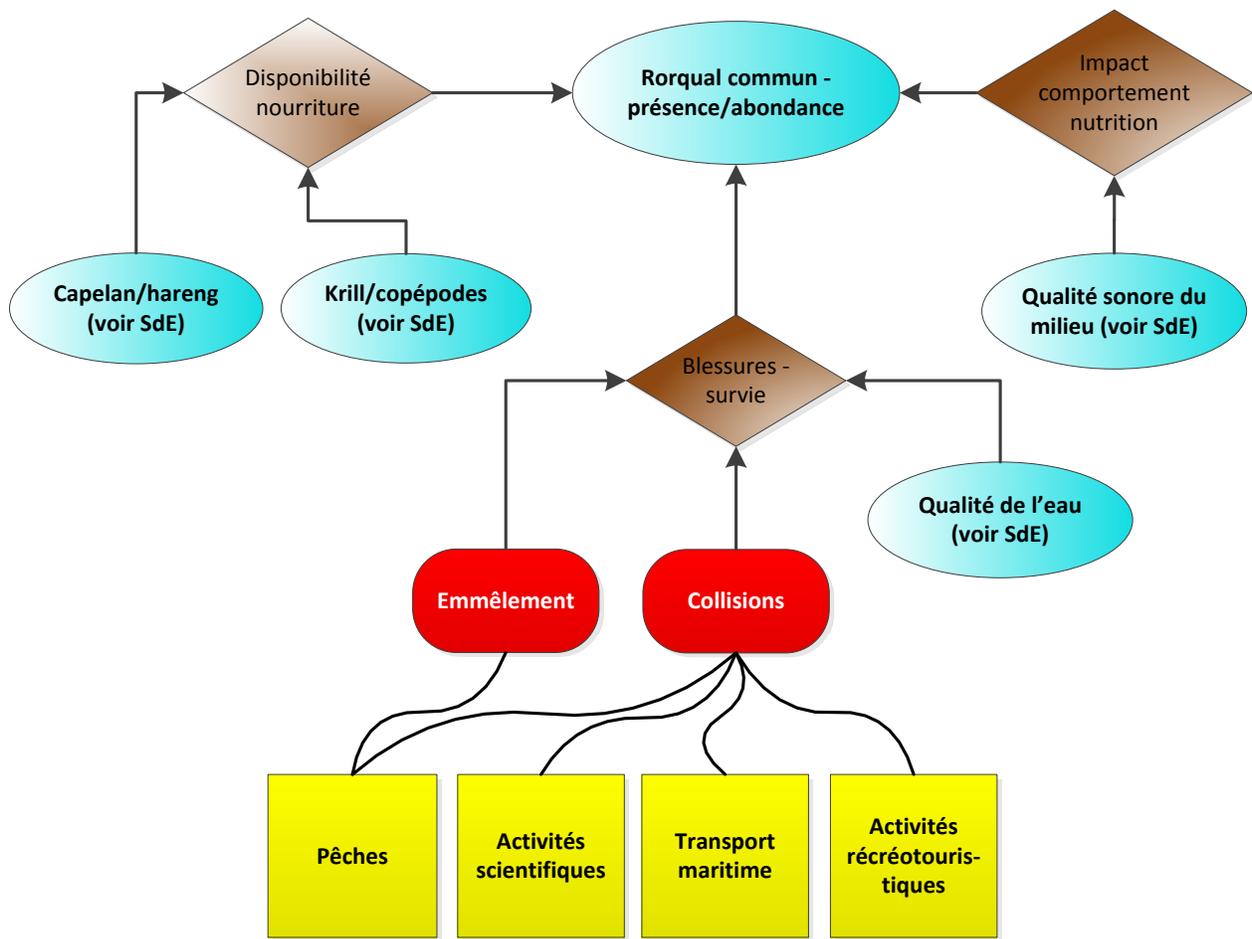


Figure 40. Détail de la séquence des effets pour la CE *Rorqual commun*.

3.1.4.4 Détail de la SdE de la CE « Marsouin commun » de l'objectif 3

La SdE pour le marsouin commun est similaire à celle de la baleine noire/rorqual bleu exception faite que seule la CE capelan/hareng constitue son alimentation (Figure 41). Toutefois, selon le rapport du COSEPAQ (2003c), la plus forte menace récente pour les marsouins communs dans l'est du Canada réside dans les prises accessoires des pêches commerciales. La majorité de ces prises accessoires ont lieu dans des filets maillants calés utilisés pour capturer le poisson de fond, comme la morue franche (*Gadus morhua*). Des prises accessoires considérables de marsouins communs ont eu lieu au cours des dernières décennies dans tout l'est du Canada et dans le secteur américain de la population de la baie de Fundy et du golfe du Maine (COSEPAQ 2003c). L'ampleur de cette menace a changé considérablement au cours des dernières années dans l'est du Canada et dans le golfe du Maine en raison de l'épuisement des stocks de poissons. Les renseignements sur les prises accessoires de marsouins communs dans le golfe du Saint-Laurent proviennent de questionnaires/sondages auprès de pêcheurs en 1989, 1990 et 1994 (Fontaine *et al.* 1994, MPO 2001). Une extrapolation brute de ces relevés à l'ensemble des pêches a engendré des estimations qui allaient de 2 000 à 4 000 marsouins empêtrés par an. Ces chiffres devraient être considérés

comme des estimations historiques fiables du total des prises accessoires de marsouins communs dans le golfe du Saint-Laurent. La plupart des prises accessoires ont eu lieu en été dans les filets maillants à poissons de fond, le long de la rive nord et le long des côtes de la Gaspésie et de la baie des Chaleurs (Fontaine *et al.* 1994).

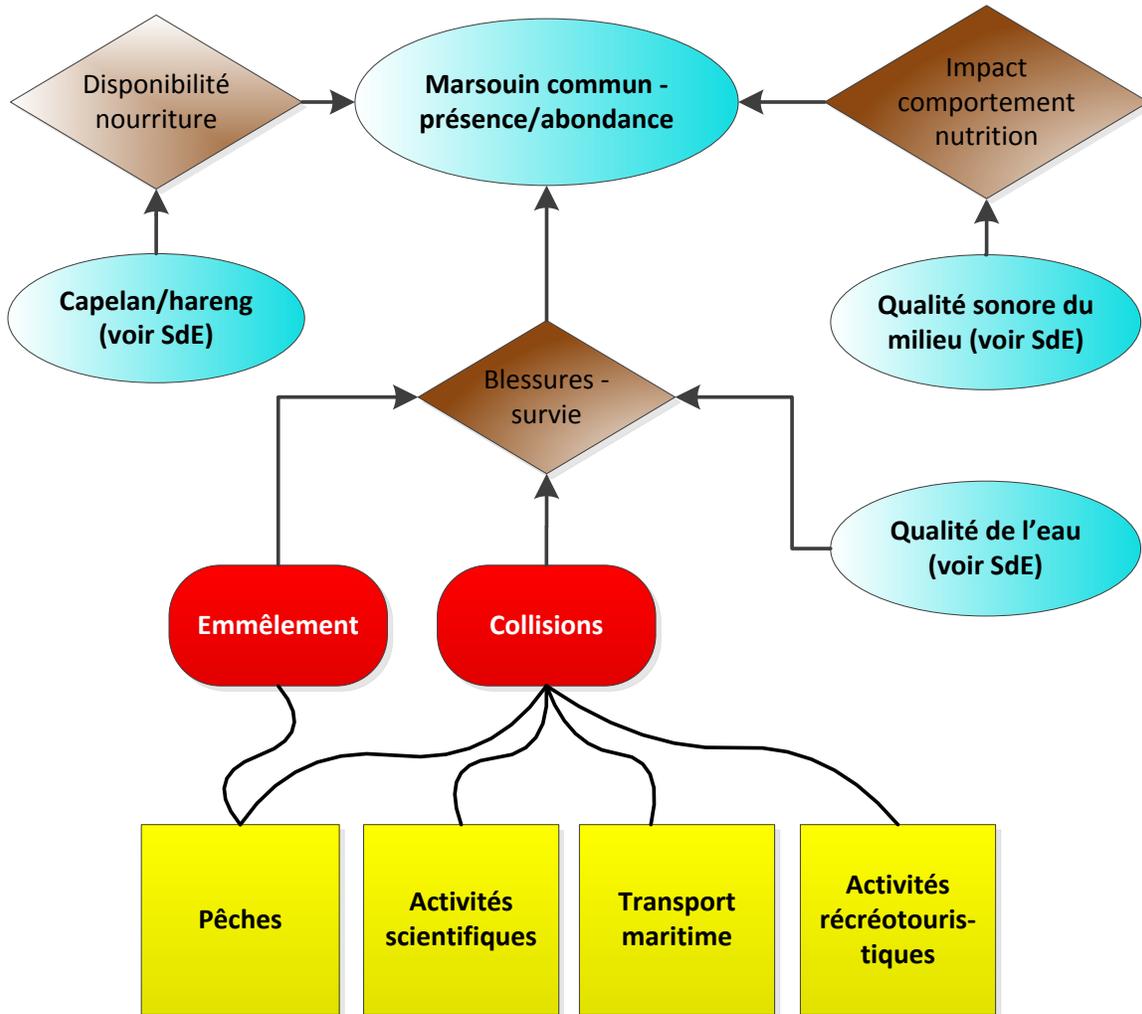


Figure 41. Détail de la séquence des effets pour la CE *Marsouin commun*.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de ce rapport était d'identifier les risques potentiels en lien avec les objectifs de conservation de la future ZPM du Banc-des-Américains, les trois principaux objectifs sont : (1) conserver et protéger les habitats benthiques, (2) conserver et protéger les habitats pélagiques et les espèces fourragères et (3) favoriser le rétablissement des baleines et des loups de mer en péril.

Pour ce faire, nous avons fait une revue des activités humaines qui se déroulent dans le secteur du SIBA. Nous avons ensuite documenté les liens entre les activités humaines, les pressions qu'elles peuvent générer et les objectifs de conservation (de même que les composantes écologiques en lien avec ces objectifs). Ces liens sont présentés sous forme de graphiques acycliques (organigrammes) à l'aide de la méthode de la séquence des effets (SdE).

4.1 Principaux résultats

Comme la SdE est une analyse qualitative du risque (voir section 4.2 suivante sur ses limitations), l'interprétation des résultats est présentée de façon absolue. C'est-à-dire qu'on a considéré le nombre de liens entre une activité humaine et les pressions comme indicateur, mais cela ne veut pas dire qu'il s'agit des activités et des pressions qui ont le plus d'impacts (négatifs), et donc qui représentent nécessairement les plus grands risques. De plus, il s'agit d'un survol des principaux résultats, et non pas une revue exhaustive de toutes les SdE présentes dans ce rapport. Toutefois, cette interprétation sommaire et synthétique de l'information disponible nous permet de mieux comprendre les liens entre les activités humaines, les pressions et les objectifs (paramètres ultimes) qui composent les SdE et qui documentent les risques en lien avec les objectifs de gestion du SIBA.

4.1.1 Activités humaines pouvant influencer les CE

La revue de littérature et les résultats de consultations ont permis d'identifier six activités humaines en lien avec dix pressions qui ont potentiellement des impacts sur les objectifs de conservation du SIBA. Parmi les activités, quatre peuvent se dérouler sur le SIBA (pêches, activités scientifiques, transport maritime et activités récréotouristiques) et deux agissent ailleurs, mais peuvent influencer ce qui se passe au SIBA (activités anthropiques terrestres et activités humaines causant les changements climatiques).

Qualitativement, les activités de pêche commerciale sont celles qui sont reliées au plus grand nombre de pressions (7 : rejets des eaux usées, perturbation physique du substrat, turbidité, prélèvement de biomasse, emmêlement, collisions et bruits et dérangement) selon le modèle holistique. Les activités scientifiques (pour échantillonnage) sont associées à six pressions (les mêmes que précédemment à l'exception de l'emmêlement). Toutefois, on peut penser que les pêches représentent un risque potentiel plus élevé que les activités scientifiques, car ces dernières sont moins fréquentes. Dans le SIBA, les engins de pêche comme le chalut pourraient dégrader voire détruire l'habitat benthique. De même, les casiers à crabe des neiges, puisque c'est l'activité de pêche la plus importante dans le secteur, représentent également un risque pour certaines espèces.

Le transport maritime, en lien avec cinq pressions (espèces envahissantes, rejets des eaux usées, déversement pétrolier, collisions et bruits et dérangement), est une autre activité humaine qui pourrait avoir des impacts importants sur les objectifs de conservation du SIBA. On peut penser aux eaux de ballast qui peuvent être rejetées et qui sont bien connues pour être un vecteur d'espèces envahissantes. La gestion des eaux grises et des eaux noires peut également avoir un impact sur la qualité de l'eau et des sédiments. Le transport de pétrole et les risques de déversement sont également un sujet de préoccupation important. Outre les risques de déversement, le transport maritime occasionne incontestablement un certain dérangement pour les organismes vivants en particulier en termes de bruit et de risque de collision avec les navires. Ce sont les mammifères marins qui sont particulièrement touchés surtout lorsque des activités essentielles comme le repos, l'alimentation, la communication, les plongées, ou des moments plus critiques comme la mise bas ou les activités périnatales, sont perturbées. Les baleines modifient leur comportement en réponse au dérangement ce qui peut avoir des effets négatifs sur les individus et les populations (NRC 2005).

Les activités récréotouristiques, notamment l'observation des mammifères marins, sont les dernières activités humaines qui se déroulent sur le SIBA surtout durant l'été. Elles peuvent générer trois pressions (bruits et dérangement, collisions et rejets d'eaux usées) sur les composantes écologiques visées par les objectifs de conservation.

Certaines activités comme les activités anthropiques terrestres ne touchent pas directement le SIBA. Par contre, elles peuvent générer des pressions telles que des rejets d'eaux usées, de déchets organiques et de contaminants (par ex., rejets municipaux, industriels et agricoles, voir sections 2.4.7 et 3.1.2.3), survenant à l'extérieur du SIBA, mais qui pourraient se rendre dans le SIBA via le transport par le courant de Gaspé ou d'autres courants marins ou marées et ainsi représenter des risques pour l'atteinte des objectifs de conservation. Il en est de même pour certaines pressions pouvant se produire à l'extérieur du SIBA (par ex., déversements pétroliers, espèces envahissantes, rejets d'eaux usées), mais qui peuvent influencer les CE. Toutefois, ces problématiques qui ont lieu à l'extérieur du SIBA ne pourront pas être encadrées par la mise en place d'une ZPM. Également, la production de krill/copépodes dans l'estuaire et son transport par le courant de Gaspé peuvent influencer la disponibilité de nourriture pour certaines CE dans le SIBA (par ex., krill/copépodes, capelan/hareng, maquereau et celles en lien avec les mammifères marins).

Les activités humaines causant les changements climatiques peuvent engendrer des pressions sur certaines CE directement en modifiant la température, le pH et l'oxygène dissous de l'eau (par ex., éléments biologiques structuraux, qualité de l'eau) ou indirectement en modifiant l'abondance ou la répartition de certaines espèces (par ex., phytoplancton pour krill/copépodes, krill et copépodes pour les CE les consommant, espèces envahissantes pour les éléments biologiques structuraux). Ces problématiques, qui ont lieu à grande échelle, ne sont pas, là encore, gérables au niveau du SIBA.

4.1.2 Pressions et CE

Pas moins de douze modèles de SdE ont été réalisés pour illustrer les liens entre les activités humaines et les composantes écologiques (Tableau 3). De toutes ces CE, on remarque que la *qualité de l'eau* est la plus susceptible d'être influencée dans le système du SIBA avec quatre pressions

directes et sept impacts potentiels, suivie par la *qualité des sédiments* avec également quatre pressions directes et quatre impacts (Tableau 3). Les CE de l'objectif 3 en lien avec les espèces en péril ont moins de pressions directes (entre 1 et 2), mais peuvent être également influencées par un nombre plus élevé d'effets indirects d'autres CE (entre 3 et 4 ; Tableau 3). Ainsi, la CE *qualité de l'eau* se retrouve dans sept modèles de SdE par ses effets indirects sur d'autres CE.

Finalement, trois CE (qualité des sédiments, qualité de l'eau et krill/copépodes) peuvent être affectées aussi par des événements extérieurs via le courant de Gaspé.

Tableau 3. Composantes écologiques et les éléments susceptibles de les influencer.

Composantes écologiques	Activités humaines	Pressions directes	Effets indirects¹	Impacts
Obj. 1 - habitats benthiques				
Habitats physiques des fonds marins	2	1	0	3
Éléments biologiques structuraux	4	3	0	3
Qualité des sédiments (chimique)	6	4	0	4
Obj. 2 - habitats pélagiques				
Qualité de l'eau	6	4	0	7
Qualité sonore	4	1	0	1
Krill/copépodes	0	0	1	2
Capelan/hareng	2	1	2	2
Maquereau	2	1	3	3
Obj. 3 - baleines et loups en péril				
Loups	2	1	4	3
Baleine noire/rorqual bleu	4	2	3	3
Rorqual commun	4	2	4	3
Marsouin commun	4	2	3	3

¹ : Effets via d'autres CE.

4.2 Limitation des modèles de séquence des effets

Parmi les limites identifiées, il ressort en premier lieu que l'efficacité des modèles est grandement dépendante de la qualité et de la quantité d'information recueillie. Ainsi, il est possible que certaines lacunes relatives à l'information demeurent, mais la réalisation de la SdE permet de les identifier, ce qui peut guider l'acquisition des futures connaissances. Des informations relatives aux activités humaines, aux pressions et aux impacts devraient ainsi être complétées de façon à valider entièrement la pertinence de l'ensemble des liens de cause à effet présentés dans les différents modèles (par ex., présence de contaminants dans les eaux ou les sédiments du SIBA). Aussi, il est important de souligner que la qualité et la quantité des données et, par conséquent, les résultats, sont influencés par les différents choix effectués en cours de projet (par ex., choix des

composantes écologiques, niveau de détail désiré). En effet, les composantes écologiques ont été définies en fonction de l'information disponible à ce moment-là. On note ainsi l'absence d'espèces démersales et benthiques particulières à l'exception des éléments biologiques structuraux comme CE du SIBA. Il serait important donc de combler le manque de connaissances concernant les communautés benthiques et démersales caractérisant le SIBA afin éventuellement d'identifier d'autres CE et de réaliser d'autres modèles SdE.

En deuxième lieu, il est important de mentionner que la représentation d'une SdE résulte de la synthèse, du traitement et de l'interprétation de l'information. Certaines informations sont extrapolées, d'autres adaptées ou rejetées. De plus, bien que les SdE soient basées sur la littérature scientifique, il demeure qu'une partie du processus relève du jugement des concepteurs et est, par conséquent, arbitraire. Au final, et quel que soit le sujet de l'analyse de risque, l'objectif est de représenter le plus fidèlement possible l'ensemble d'une problématique ciblée. Les modèles produits doivent toutefois être considérés comme flexibles. Ils peuvent être retravaillés, améliorés et présentés différemment selon les situations et selon l'acquisition de nouvelles connaissances ou de données. C'est pourquoi il n'existe pas de modèle unique pour représenter une problématique donnée.

La SdE est considérée comme le premier niveau de l'analyse de risque, et dans certains cas, une analyse quantitative pourrait être nécessaire pour mieux documenter et/ou classer l'impact de certaines activités humaines sur les objectifs de conservation. En effet, les SdE ne sont pas conçues pour fournir une information quantitative qui permettrait d'accorder une valeur aux différents liens, mais peuvent tout de même fournir une illustration de la complexité ou du nombre de liens entourant un même élément de la SdE.

La SdE est un outil d'intégration des connaissances afin (1) d'identifier les liens potentiels existant entre les activités humaines, les facteurs de stress (pressions) générés et leurs impacts sur une composante écologique d'un système, (2) de formuler les problématiques environnementales en milieu aquatique (activités humaines pouvant affecter le SIBA dans ce rapport) et (3) de découvrir les activités humaines ou les industries qui pourraient être touchées par la mise en place de mesures de conservation ou de protection de la ressource. Finalement, la SdE, par sa structure, est également un outil de représentation, de synthèse et de communication de l'information très efficace. Ainsi, les modèles de SdE développés dans ce rapport permettront aux gestionnaires d'appuyer leurs décisions de gestion de la future aire marine protégée du Banc-des-Américains.

5. REMERCIEMENTS

Ce rapport a bénéficié du soutien du Plan national de conservation (PNC) de Pêches et Océans Canada. Les auteurs tiennent à remercier Yves Clermont (IML, Gestion des Océans) pour ses commentaires et son support technique à la rédaction du rapport. Nous tenons également à remercier Julie Bernier (IML, Gestion des Océans) qui a fait une revue de littérature utilisée en appoint à la rédaction de ce rapport. Nous sommes également reconnaissants envers Catherine Laurian (IML, Gestion des Océans) et Josiane Mélançon (IML, Gestion des Océans) pour leurs commentaires judicieux sur le manuscrit. Notre gratitude va à Denis Chabot (IML) pour sa relecture du manuscrit.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Arsenault, D.J., Girard, P. et Himmelman, J.H. 1997. Field evaluation of the effects of refuge use and current velocity on the growth of juvenile Iceland scallops, *Chlamys islandica* (O.F. Muller, 1776). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 217: 31-45.
- Arsenault, L.M., Jerome, P.A. et Lambert Koizumi, C. 2016. Documentation des connaissances écologiques Mi'gmaq sur l'aire marine à protéger du banc des Américains. Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite (AGHAMM), 44 p.
- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. et Rothery, P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* 432: 100-103.
- Barlow, J., Forney, K.A., Hill, P.S., Brownell Jr., R.L., Carretta, R.L., DeMaster, D.P.F., Julian, M.S., Lowry, D.P., Ragen, T. et Reeves, R.R. 1997. U.S. Pacific marine mammal stock assessments: 1996. NOAA Technical Memorandum NMFS NOAA-TM-NMFS-SWFSC-248. N. T. I. Service. Springfield, Virginia, 223 p.
- Beauchamp, J., Bouchard, H., de Margerie, P., Otis, N. et Savaria, J.-Y. 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, MPO, Canada, Québec : vi + 64 p.
- Béland, F., Browman, H.I., Rodriguez, C.A. et St-Pierre, J.-F. 1999. Effect of solar ultraviolet radiation (280-400 nm) on the eggs and larvae of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1058-1067.
- Borobia, M., Gearing, P.J., Simard, Y., Gearing, J.N. et Beland, P. 1995. Blubber fatty-acids of finback and humpback whales from the Gulf of St. Lawrence. *Marine Biology* 122: 341-353.
- Brown, D.J.A. et Sadler, K. 1989. Fish survival in acid water. Dans *Acid toxicity and aquatic animals*. Morris, R., Taylor, E.W., Brown, D.J.A. et Brown, J.A. (eds). Society for experimental biology. 296 p.
- Brown, M.W., Fenton, D., Smedbol, K., Merriman, C., Robichaud-Leblanc, K. et Conway, J.D. 2009. Programme de rétablissement de la baleine noire (*Eubalaena glacialis*) de l'Atlantique Nord dans les eaux canadiennes de l'Atlantique [Final]. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa (Ontario) : vi + 72 p.
- Cairns, D.K., Keen, D.M., Daoust, P.Y., Gilis, D.J. et Hammill, M.O. 2000. Conflicts between seals and fishing gear on Prince Edward Island. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences, Department of Fisheries and Oceans, Charlottetown, PEI (Canada); Prince Edward Island Fishermen's Association, Charlottetown, (Canada); University of Prince

- Edward Island, Charlottetown (Canada) Atlantic Veterinary College; Dep. of Fisheries, Aquaculture and Environment, Charlottetown, PEI (Canada); Department of Fisheries and Oceans, Mont-Joli, PQ (Canada). 2333: 44 p.
- Cantin, G. 2014. Réduction encourageante des risques de collisions avec les baleines. *Infocéans*, 17 p.
- Carlton, J.T. et Geller, J.B. 1993. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science* 261: 78-82.
- Caswell, W., Brault, S., Read, A.J. et Smith, T.D. 1998. Harbor porpoise and fisheries: An uncertainty analysis of incidental mortality. *Ecological Applications* 8: 1226-1238.
- CCRH, Conseil pour la conservation des ressources halieutiques. 2009. L'avenir de la pêche : le hareng dans l'est du Canada, Conseil pour la conservation des ressources halieutiques: 46 p.
- CCSESL, Comité de concertation Suivi de l'état du Saint-Laurent. 2008. Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2008. Plan Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, 28 p.
- Chabot, D. 2017. Oxygène dissous, OD. Dans Le concept d'approche écosystémique appliqué à l'estuaire du Saint-Laurent (Canada), C. Savenkoff, J. A. Gagné, M. Gilbert et al., *Environmental Reviews*, 25(1), 35-39.
- Chabot, D. et Gilbert, D. 2013. Description of the Atlantic Large Aquatic Basin as a habitat for marine fish and invertebrates. Ch. 1 (p. 1-15) Dans *Climate Change Impacts, Vulnerabilities and Opportunities Analysis of the Marine Atlantic Basin*. Shackell, N.L, B.J.W. Greenan, P. Pepin, D. Chabot et A. Warburton (eds.) *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3012: xvi + 366 p.
- Chabot, D., Rondeau, A., Sainte-Marie, B., Savard, L., Surette, T. et Archambault, P. 2007. Distribution des invertébrés benthiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche, 2007/018 : vii + 108 p.
- Champoux, L., Rail, J.-F., Lavoie, R.A. et Hobson, K.A. 2015. Temporal trends of mercury, organochlorines and PCBs in northern gannet (*Morus bassanus*) eggs from Bonaventure Island, Gulf of St. Lawrence, 1969–2009. *Environmental Pollution* 197: 13-20.
- Clapham, P.J., Young, S.B. et Brownell, R.L. 1999. Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review* 29: 35-60.
- Comité Canada/Québec sur le rétablissement de la morue. 2005. Vers une stratégie de rétablissement des stocks de Morue du Golfe du Saint-Laurent, 4T4Vn (novembre-avril) et 3Pn 4RS. Ministère des Pêches et des Océans et Ministère de l'Agriculture, 71 p.
- Comtois, S., Savenkoff, C., Bourassa, M.-N., Brêthes, J.-C. et Sears, R. 2010. Regional distribution and abundance of blue and humpback whales in the Gulf of St. Lawrence. *Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences*: viii + 38 p.
- Corriveau, J. et Porter, I. 2015. Des égouts dans le fleuve, un peu partout au Québec [en ligne]. Disponible à <http://www.ledevoir.com/politique/quebec/453396/des-egouts-dans-le-fleuve-un-peu-partout-au-quebec> [Consulté en février 2016].
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2002. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : vii + 38 p.

- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2003a. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : viii + 30 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2003b. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la morue franche (*Gadus morhua*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : xii + 89 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2003c. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) (population de l'Atlantique Nord-Ouest) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : vii + 35 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2005. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual commun *Balaenoptera physalus* au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : vii + 43 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2006. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) (population de l'Atlantique Nord-Ouest) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : viii + 38 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2012a. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le loup atlantique (*Anarhichas lupus*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : xi + 60 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2012b. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le loup à tête large (*Anarhichas denticulatus*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : xi + 44 p.
- COSEPAC, Comité sur le statut des espèces en péril au Canada. 2012c. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le loup tacheté (*Anarhichas minor*) au Canada. Comité sur le statut des espèces en péril au Canada, Ottawa : xi + 48 p.
- Croll, D.A., Tershy, B.R., Hewitt, R.P., Demer, D.A., Fiedler, P.C., Smith, S.E., Armstrong, W., Popp, J.M., Kiekhefer, T., Lopez, V.R., Urban, J. et Gendron, D. 1998. An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep-Sea Research II* 45: 1353-1371.
- Daoust, P.-Y., Couture, E.L., Wimmer, T. et Bourque, L. 2018. Rapport d'Incident : Épisode de mortalité de baleines noires de l'Atlantique Nord dans le golfe du Saint-Laurent, 2017. Rapport collaboratif produit par : Réseau canadien pour la santé de la faune, Marine Animal Response Society et Pêches et Océans Canada. 277 pp.
- Davoren, G.K. 2007. Effects of gill-net fishing on marine birds in a biological hotspot in the northwest Atlantic. *Conservation Biology* 21: 1032-1045.
- de Lafontaine, Y., Demers, S. et Runge, J. 1991. Pelagic food web interactions and productivity in the Gulf of St. Lawrence: a perspective. Dans *The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary?* J.-C. Therriault (ed.), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 113: 99-123.
- Devine, L., Plourde, S., Starr, M., St-Pierre, J.-F., St-Amand, L., Joly, P. et Galbraith, P.S. 2015. Chemical and biological oceanographic conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2013. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2015/013: v + 45 p.
- DFO, Department of Fisheries and Oceans. 2000. State of phytoplankton, zooplankton and krill on the Scotian Shelf in 1998. MPO-DFO. Dartmouth - Nova Scotia, DFO Science Stock Status Report: 9 p.

- Doniol-Valcroze, T., Lesage, V., Giard, J. et Michaud, R. 2011. Optimal foraging theory predicts diving and feeding strategies of the largest marine predator. *Behavioral Ecology* 22: 880-888.
- Drolet, R. 1998. Le dérangement des espèces fauniques du Saint-Laurent: rapport technique. Rapport sur l'état du Saint-Laurent. Saint-Laurent vision 2000. Pêches et Océans Canada. Environnement Canada, Ministère de l'Environnement et de la Faune, xii + 108 p.
- Dufour, R. et Ouellet, P. 2007. Rapport d'aperçu et d'évaluation de l'écosystème marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Rapport Technique Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques 2744 : 119 p.
- EC, Environnement Canada. 2003. Évaluation nationale des données des études de suivi des effets sur l'environnement des fabriques de pâtes et papiers : Sommaire du rapport. Institut national de la recherche sur les eaux, Ontario. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE. 2 : 32 p.
- EC, Environnement Canada. 2009. La Voie Verte. Site web d'Environnement Canada [en ligne]. Disponible à <http://www.qc.ec.gc.ca> [Consulté en mars 2010].
- ECCC, Environnement et Changement climatique Canada. 2013. Réduire la pollution par les éléments nutritifs dans le fleuve Saint-Laurent [en ligne]. Disponible à <https://www.ec.gc.ca/dd-sd/default.asp?lang=Fr&n=460309A2-1> [Consulté en février 2016].
- ECCC, Environnement et Changement climatique Canada. 2016. Concentrations de phosphore et d'azote dans le fleuve Saint-Laurent [en ligne]. Disponible à <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=fr&n=F7F5426B-1> [Consulté en février 2016].
- Edinger, E., Baker, K., Devillers, R. et Wareham Hayes, V.E. 2007. Coldwater Corals off Newfoundland and Labrador: Distribution and Fisheries Impacts. WWF, Toronto. 41p.
- Fagan, P. 2012. Petroleum assessment document for the Shediac Valley and American Bank Areas of Interest in the Gulf of St. Lawrence, 70 p.
- Fontaine, P.-M., Barrette, C., Hammill, M.O. et Kingsley, M.C.S. 1994. Incidental catches of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Gulf of St. Lawrence, and the St. Lawrence River estuary, Québec, Canada. Rapports de la Commission baleinière internationale. Numéro spécial 15 : 159-163.
- FRCC, Fisheries Resource Conservation Council. 1999. 1999 conservation requirements for the Gulf of St. Lawrence groundfish stocks and cod stocks in divisions 2GH and 3Ps. Fisheries Resource Conservation Council. FRCC.99.R.1: 46 p.
- Fuller, S.D., Picco, C., Ford, J., Tsao, C.-F., Morgan, L.E., Hangaard, D. et Chuenpagdee, R. 2008. How we fish matters: Addressing the ecological impacts of canadian fishing gear. Ecology Action Centre, Living Oceans Society and Marine Conservation Biology Institute. Delta (BC, Canada), 26 p.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Nicot, P., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefraivre, D., Brickman, D., Devine, L. et Lafleur, C. 2015. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2014. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2015/032: v + 82 p.
- Gaskin, D.E. 1992. Status of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in Canada. *Canadian Field-Naturalist* 196: 36-54.
- Gauthier, P., Gauthier, J. et Bernier, J. 2013. Rapport de l'Atelier de consultation intersectorielle sur le site d'intérêt du banc des Américains en vue de l'établissement d'une aire marine protégée. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3021: iv + 85 p.

- Giard, J., Thompson, S., Foley, C. et Michaud, R. 2001. Les rorquals communs de l'estuaire du Saint-Laurent: un catalogue des individus identifiés entre 1986 et 2000. Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins. Tadoussac : 80 p.
- Giguère, N., Perreault, L., Nellis, P., Savenkoff, C., Bilodeau, F., Giangioppi, M., Tremblay, G.H., Dufour, R., Comtois, S. et Grégoire, F. 2011a. Réalisation de modèles de séquence des effets (SdE) appliqués à la conservation du capelan dans le cadre d'une approche d'analyse de risque. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2934: vii + 76 p.
- Giguère, N., Nellis, P., Tremblay, G.H., Giangioppi, M., Ellefsen, H.-F., Magassouba, A., Comtois, S., Savenkoff, C. et Dufour, R. 2011b. Démarche d'évaluation du risque : développement d'outils et application à la zone de fraie et d'alevinage du capelan. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2947: vii + 37 p.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A. et Tremblay, G.H. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. *Limnology and Oceanography* 50: 1654-1666.
- Gilbert, D., Chabot, D., Archambault, P., Rondeau, B. et Hébert, S. 2007. Appauvrissement en oxygène dans les eaux profondes du Saint-Laurent marin - Causes possibles et impacts écologiques. *Le Naturaliste canadien* 131 : 67-75.
- Gouv. Canada, Gouvernement du Canada. 2012. Séquences des effets – Directives Nationales. Pêches et Océans Canada. Ottawa. 32 p.
- Gouv. Québec, , Gouvernement du Québec. 2014. Plan d'action gouvernemental sur les hydrocarbures [en ligne]. Disponible à <http://hydrocarbures.gouv.qc.ca/demarche-plan-action-quebec.asp> [Consulté en décembre 2016].
- Grégoire, F., Morneau, R., Caron, G., Beaudoin, M., Lévesque, C., Rose, C., Felix, A. et Hudon, J. 2004. Fécondité du capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 2003. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques : vi + 22 p.
- Grégoire, F., Gendron, M.-H., Beaulieu, J.-L. et Lévesque, I. 2013. Results of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) egg surveys conducted in the southern Gulf of St. Lawrence from 2008 to 2011. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2013/035: 57 p.
- GREMM, Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins. 1999. Baleines en direct [en ligne]. Disponible à <http://www.baleinesendirect.net> [Consulté en mars 2010].
- GREMM, Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins. 2013. Capitaine crochet. Baleines en direct [en ligne]. Disponible à <http://baleinesendirect.org/les-baleines-du-saint-laurent/portraits-de-baleines/rorquals-communs/capitaine-crochet/> [Consulté en février 2016].
- GTSESL, Groupe de travail suivi de l'état du Saint-Laurent. 2014. Portrait global de l'état du Saint-Laurent. Groupe de travail suivi de l'état du Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, iv + 53 p.
- Hagen, N.T. et Mann, K.H. 1992. Functional response of the predators American lobster *Homarus americanus* (Milne-Edwards) and Atlantic wolffish *Anarhichas lupus* (L.) to increasing numbers of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 159: 89-112.

- Hall, A., Ellis, G. et Trites, A. 2002. Harbour porpoise interactions with the 2001 selective salmon fisheries in southern British Columbia and license holder reported small cetacean by-catch. Selective Salmon Fisheries Science Program Report. DFO. Canada. 51 p.
- Hardy, M., Ferron, C., Mullins, C., Trottier, J., Joseph, V. et Vaché, M. 2012. Vulnerability of ecosystem components within the estuary and gulf of St. Lawrence. Gulf Region Oceans Management Series 2012/01: viii + 163 p.
- Hartog, F. et Archambault, P. 2002. Impacts de la pêche au pétoncle sur les fonds marins et la faune associée : revue de littérature. Rapport Manuscrit Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques 2627 : v + 38 p.
- Harvey, M. et Devine, L. 2009. Oceanographic conditions in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence during 2008: zooplankton. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2009/083: vi + 54p.
- Harvey, M. et Galbraith, P.S. 2009. Macrozooplankton diel migration in the Estuary and Gulf of St. Lawrence: links to abiotic factors. Bulletin PMZA 8: 28-35.
- Head, E. 1997. Proceedings of the workshop on ecosystem considerations for krill and other forage species. 2-4 April 1997. DFO. Halifax, DFO: 62 p.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. C.B. Field, Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. et White, L.L. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA. 1132 p.
- Islam S.M., Khan, S. et Tanaka, M. 2004. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. Marine Pollution Bulletin 49 (1-2): 103-110.
- Jangaard, P.M. 1974. The capelin (*Mallotus villosus*): Biology, distribution, exploitation, utilization and composition. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada 186: 1-70.
- Jensen, A.S. et Silber, G.K. 2003. Large whale ship strike database. NOAA Technical Memorandum. U. S. D. o. Commerce. NMFS-OPR: 37 p.
- Kaiser, M.J., Clarke, K.R., Hinz, H., Austen, M.C.V., Somerfield, P.J. et Karakassis, I. 2006. Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. Marine Ecology Progress Series 311: 1-14.
- Keats, D.W., South, G.R., Steele, D.H. 1985. Reproduction and egg guarding by Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*: Anarhichadidae) and ocean pout (*Macrozoarces americanus*: Zoarcidae) in Newfoundland (Canada) waters. Canadian Journal of Zoology 63: 2565-2568.
- Kingsley, M.C.S. et Reeves, R.R. 1998. Aerial surveys of cetaceans in the Gulf of St. Lawrence in 1995 and 1996. Canadian Journal of Zoology 76: 1529-1550.
- Knowlton, A.R. et Brown, M.W. 2007. Running the gauntlet: Right whales and vessel strikes. The Urban Whale: North Atlantic Right Whales at the Crossroads. Kraus, S.D. et Rolland, R. (eds), Harvard University Press, 409-435.
- Koeller, P., Covey, M. et King, M. 2007. An Assessment of the Eastern Scotian Shelf Shrimp Stock and Fishery in 2006 and Outlook for 2007, including an estimate of bycatch and evaluation of alternative fishery independent abundance indicators. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document: iii + 63 p.
- Koopman, H.N., Pabst, D.A., McLellan, W.A., Dillaman, R.M. et Read, A.J. 2002. Changes in blubber distribution and morphology associated with starvation in the harbour porpoise

- (*Phocoena phocoena*): Evidence for regional variation in blubber structure and function. *Physiological and Biochemical Zoology* 75: 498-512.
- Koutitonsky, V.G. et Bugden, G.L. 1991. The physical oceanography of the Gulf of St. Lawrence: a review with emphasis on the synoptic variability of the motion. Dans *The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary?* J.-C. Therriault (ed.), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 113: 57-90.
- Kraus, S.D., Brown, M.W., Caswell, H., Clark, C.W., Fujiwara, M., Hamilton, P.K., Kenney, R.D., Knowlton, A.R., Landry, S., Mayo, C.A., McLellan, W.A., Moore, M.J., Nowacek, D.P., Pabst, D.A., Read, A.J. et Rolland, R.M. 2005. North Atlantic right whales in crisis. *Science* 309: 561-562.
- Laist, D.W., Knowlton, A.R., Mead, J.G., Collet, A.S. et Podesta, M. 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science* 17: 35-75.
- Landry, T. et Locke, A. 2012. Espèces aquatiques envahissantes. Benoît, H. P., Gagné, J. A., Savenkoff, C., Ouellet, P. et Bourassa M.-N. (eds.), *Rapport sur l'état des océans pour la zone de gestion intégrée du golfe du Saint-Laurent (GIGSL)*, Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2986 : 35-41.
- Larocque, R., Dutil, J.-D., Proulx, S., Thorne, M., Scallon-Chouinard, P.-M., Gendron, M.-H., Plourde, J. et Schmitt, T. 2010. Contribution à la description de l'habitat des loups de mer (*Anarhichas* spp.) près de la péninsule gaspésienne par vidéo remorquée et relevés acoustiques multifaisceaux. *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 2902 : vii + 44 p.
- Lawson, J., Benjamins, S. et Stenson, G. 2004. Harbour porpoise bycatch estimates for Newfoundland's 2002 nearshore cod fishery. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research document 2004/066: ii + 29 p.
- Lesage, V., Barrette, C., Kingsley, M.C.S. et Sjare, B. 1999. The effect of vessel noise on the vocal behavior of Belugas in the St. Lawrence River estuary, Canada. *Mar. Mamm. Sci.* 15: 65-84.
- Lesage, V., Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Michael, M.C.S., Kingsley, C.S. et Lawson, J. 2007. Ecologically and biologically significant areas (EBSAs) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence – A marine mammal perspective. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2007/046: iii + 92 p.
- Levasseur, C. 1996. *Biologie marine, Applications aux eaux du Saint-Laurent*. Centre collégial de développement de matériel didactique, Montréal. 247 p.
- Levasseur, M.E., Fortier, L., Therriault, J.-C. et Harrison, P.J. 1992. Phytoplankton dynamics in a coastal jet frontal region. *Marine Ecology Progress Series* 86: 283-295.
- Lien, J. 1994. Entrapments of large cetaceans in passive inshore fishing gear in Newfoundland and Labrador (1979–1990). *Gillnets and Cetaceans*. Perrin, W.F., Donovan, G. et Barlow, J. (eds), Reports of the International Whaling Commission (Special Issue) 15: 149-158.
- Lockyer, C. 1984. Review of Baleen Whale (Mysticeti) reproduction and implications for management. *Reproduction in whales, dolphins and porpoises*. Proceedings of the conference "Cetacean reproduction: estimating parameters for stock assessment and management", La Jolla, California, 28 November-7 December, 1981. W.F. Perrin, R.L. Brownell et D.P. DeMaster (eds), *Rapports de la Commission baleinière internationale numéro spécial* 6: 495 p.
- Loring, D.H. et Nota, D.J.G. 1973. Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* 182: 147 p.

- Lussier, J.-F. 2005. Projet de récupération d'engins de pêche perdus et d'infrastructures aquicoles abandonnées sur la Basse Côte-Nord. Regroupement des Associations de Pêcheurs de la Basse Côte-Nord, x + 124 p.
- Macfadyen, G., Huntington T. et Cappell, R. 2010. Engins de pêche abandonnés, perdus ou rejetés. Document conjoint du PNUE et FAO. Rapports et études des mers régionales du PNUE (no. 185) et Document technique sur la pêche et l'aquaculture du FAO (no. 523).
- MAMOT, Ministère des Affaires municipales et Occupation du territoire. 2014. Ouvrages de surverse et stations d'épuration. Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013, Ministère des Affaires municipales et Occupation du territoire, Gouvernement du Québec, 229 p.
- MarineTraffic. 2016. Marine traffic [en ligne]. Disponible à <http://www.marinetraffic.com/> [Consulté en février 2016].
- Mayo, C.A. et Marx, M.K. 1990. Surface foraging behavior of the North Atlantic right whale *Eubalaena glacialis* and associated zooplankton characteristics. *Canadian Journal of Zoology* 68: 2214-2220.
- McLellan, W.A., Koopman, H.N., Rommel, S.A., Read, A.J., Potter, C.W., Nicolas, J.R., Westgate, A.J. et Pabst, D.A. 2002. Ontogenetic allometry and body composition of harbour porpoises (*Phocoena phocoena* L.) from the western North Atlantic. *Journal of Zoology* 257: 457-472.
- McQuinn, I.H., Bourassa, M.-N., Tournois, C., Gégouire, F. et Baril, D. 2012. Ecologically and biologically significant areas in the Estuary and Gulf of St. Lawrence: small pelagic fishes. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2012/087: 76 p.
- McQuinn, I.H., Plourde, S., St. Pierre, J.-F. et Dion, M. 2015. Spatial and temporal variations in the abundance, distribution, and aggregation of krill (*Thysanoessa raschii* and *Meganyctiphanes norvegica*) in the lower estuary and Gulf of St. Lawrence. *Progress in Oceanography* 131: 159-176.
- McQuinn, I.H., Gosselin, J., Bourassa, M.-N., Mosnier, A., St-Pierre, J.-F., Plourde, S., Lesage, V. et Raymond, A. 2016. The spatial association of blue whales (*Balaenoptera musculus*) with krill patches (*Thysanoessa* spp. and *Meganyctiphanes norvegica*) in the estuary and northwestern Gulf of St. Lawrence. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2016 104: iv + 19 p.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Millennium Ecosystem Assessment - Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C., 100 p.
- Moore, M.J., McLellan, W.A., Daoust, P.Y., Bonde, R.K. et Knowlton, A.R. 2007. Right whale mortality: a message from the dead to the living. *The Urban Whale: North Atlantic Right Whales at the Crossroads*. Kraus, S.D. et Rolland, R. (eds), Harvard University Press, 358-379.
- Morissette, L., Castonguay, M., Savenkoff, C., Swain, D.P., Chabot, D., Bourdages, H., Hammill, M.O. et Hanson, J.M. 2009. Contrasting changes between the northern and southern Gulf of St. Lawrence ecosystems associated with the collapse of groundfish stocks. *Deep-sea Research II* 56: 2117-2131.
- Moriyasu, M., Wade, E., Landry, J.F., DeGrâce, P., Surette, T. et Hébert, M. 2015. Summary of 2014 snow crab trawl survey activities in the southern Gulf of St. Lawrence. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2015/082: v + 39 p.
- Mowbray, K. 2002. Changes in the vertical distribution of capelin (*Mallotus villosus*) off Newfoundland. *Journal of Marine Science* 59: 942-949.

- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 1989. Les méthodes de pêche de l'Atlantique. Collection Le Monde sous-marin. Ministère des Pêches et des Océans Canada, Ottawa : 13 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 1993. Le maquereau bleu. Collection Le Monde sous-marin, Ministère des Pêches et des Océans Canada, Ottawa: 6.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2001. Compte rendu d'un atelier sur le marsouin commun, Dartmouth (Nouvelle-Écosse), 26-28 mars 2001. Ministère des Pêches et des Océans Canada. 55 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2003. A scientific review of the potential environmental effects of aquaculture in aquatic ecosystems. Volume I. Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture (B.T. Hargrave); Ecosystem level effects of marine bivalve aquaculture (P. Cranford, M. Dowd, J. Grant, B. Hargrave and S. McGladdery); Chemical use in marine finfish aquaculture in Canada: a review of current practices and possible environmental effects (L.E. Burrige). Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2450: ix + 131 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2004a. Maquereau bleu du nord-ouest de l'Atlantique en 2003. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Rapport sur l'état des stocks 2004/018 : 13 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2004b. Stratégie de navigation durable pour le Saint-Laurent. 111 pages [en ligne]. Disponible à http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/mpo-dfo/Fs154-34-2004-fra.pdf [Consulté en mars 2016].
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2006a. Évaluation des stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve (Division 4R) en 2005. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2006/021 : 12 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2006b. Effets des engins de chalutage et des dragues à pétoncles sur les habitats, les populations et les communautés benthiques. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2006/025: 16 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2007a. Zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent : identification et caractérisation. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2007/016 : 15 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2007b. Évaluation du stock de maquereau bleu du nord-ouest de l'Atlantique (sous-région 3 et 4) en 2006. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2007/012 : 20 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2007c. Évaluation des stocks de pétoncles des eaux côtières du Québec en 2006. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2007/015 : 21 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2008a. Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Division 4RST) en 2007. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2008/037 : 13 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2008b. Évaluation du stock de maquereau bleu du nord-ouest de l'Atlantique (sous-régions 3 et 4) en 2007. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2008/041 : 16 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2008c. Portrait et évaluation des facteurs sociaux, économiques et culturels de la région du Québec. Ministère Pêches et Océans Canada. Direction régionale des politiques et de l'économique. Québec, 130 p.

- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2008d. La marée rouge de 2008 : une mortalité faunique record [en ligne]. Disponible à <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/publications/article/2011/04-05-11-fra.html> [Consulté en mars 2016].
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2010a. Évaluation des stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve (division 4R) en 2009. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2010/032 : 11 p.
- MPO, Ministère des Pêches et Océans Canada. 2010b. Évaluation du hareng du sud du golfe Saint-Laurent (Div. 4T de l'OPANO). Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2010/023 : 20 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2012. Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Divisions 4RST) en 2012. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2013/021 : 16 p.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2013. Projet d'aire marine protégée du banc des Américains - Cahier de consultation Direction de la gestion des Océans. Mont-Joli-Québec.
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2015. Espèces aquatiques envahissantes [en ligne]. Disponible à <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/environmental-environnement/ais-eae/index-fra.htm> [Consulté en février 2016].
- MPO, Ministère des Pêches et des Océans. 2016. Registre des espèces aquatiques envahissantes [en ligne]. Disponible à <http://geoportail.gc.ca/fra/Maps/Viewer/3#fc> [Consulté en février 2016].
- Mucci, A., Starr, M., Gilbert, D. et Sundby, B. 2011. Acidification of Lower St. Lawrence Estuary bottom waters. *Atmosphere-Ocean* 49: 206-218.
- NRC, National Research Council, 2005. Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects. Committee on characterizing biologically significant marine mammal behavior. National Academy Press, Washington, D.C., 142 pages.
- NRC, National Research Council, 2009. Tracking marine debris in the 21st Century. National Research Council. Washington, D.C., The National Academy Press. 218 p.
- Nelson, D.A., Miller, J.E., Rusanowsky, D., Greig, R.A., Sennefelder, G.R., Mercaldoallen, R., Kuropat, C., Gould, E., Thurberg, F.P. et Calabrese, A. 1991. Comparative reproductive success of winter flounder in Long-Island Sound: A 3-year study (biology, biochemistry and chemistry). *Estuaries* 14: 318-331.
- Nieukirk, S.L., Stafford, K.M., Mellinger, D.K., Dziak, R.P. et Fox, C.G. 2004. Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. *Journal of the Acoustical Society of America* 115: 1832-1843.
- NMFS, National Marine Fisheries Service. 1998. Recovery plan for the blue whale (*Balaenoptera musculus*). Prepared by Reeves, P.J. Clapham, R.L. Brownell Jr, and G.K. Silber for the National Marine Fisheries Service. Silver Spring, MD: 42 p.
- Nowacek, D.P., Thorne, L.H., Johnston, D.W. et Tyack, P.L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review* 37: 81-115.
- O, M., Martone, R., Hannah, L., Greig, L., Bouthiller, J. et Patton, S. 2015. An Ecological Risk Assessment Framework (ERAF) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2014/072: vii + 59 p.
- O'dea, N.R. et Haedrich, R.L. 2000. Rapport de situation de COSEPAC sur le loup atlantique (*Anarhichas lupus*) au Canada. Dans Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le

- loup atlantique (*Anarhichas lupus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 24 p.
- Parmesan, C. et Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Peterson, C.H. 2001. « The Exxon Valdez » Oil Spill in Alaska: Acute, Indirect and Chronic Effects on the Ecosystem. *Advances in marine biology* 39: 1-103.
- Pierce, D.W., Glecker, P.J., Barnett, T.P., Santer, B.D. et Durack, P.J. 2012. The fingerprint of human-induced changes in the ocean's salinity and temperature fields. *Geophysical research letters* 39: L21704.
- Plourde, S. et Runge, J.A. 1993. Reproduction of the planktonic copepod *Calanus finmarchicus* in the Lower St. Lawrence Estuary: relation to the cycle of phytoplankton production and evidence for a *Calanus* pump. *Marine Ecology Progress Series* 102: 217-227.
- Plourde, S., Joly, P., Runge, J.A., Zakardjian, B. et Dodson, J.J. 2001. Life cycle of *Calanus finmarchicus* in the lower St. Lawrence Estuary: the imprint of circulation and late timing of the spring phytoplankton bloom. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58(4): 647-658.
- Plourde, S., Starr, M., Devine, L., St-Pierre, J.-F., St-Amand, L., Joly, P. et Galbraith, P.S. 2014. Chemical and biological oceanographic conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2011 and 2012. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2014/049: v + 46 p.
- Québec. 2014. État des lieux Saint-Laurent touristique 2014-2020 : Le Saint-Laurent du fleuve à la mer, 4000 km de découvertes. Stratégie de mise en valeur du Saint-Laurent touristique 2014-2020. Québec, Gouv. Québec, 36 p.
- Read, A.J. 1999. Harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758). Dans *Handbook of marine mammals*, vol. 6. Ridgway, S.H. (Ed.), 323-335.
- Read, A.J. et Hohn, A.A. 1995. Life in the last lane: The life-history of harbour porpoises from the Gulf of Maine. *Marine Mammal Science* 11: 423-440.
- Ricard, M., Saumure, L. et Ouellet, L. 2003. Portrait des activités de dragage sur le Saint-Laurent : les aspects administratifs, économiques et sociaux : rapport final. Saint-Laurent Vision 2000, Québec, vii + 113 p.
- Richardson, W.J., Greene, C.R., Malme, C.R. et Thompson, D.H. 1995. *Marine mammals and noise*. San Diego, Academic Press.
- Riemann, B. et Hoffmann, E. 1991. Ecological consequences of dredging and bottom trawling in the Limfjord, Denmark. *Marine Ecology Progress Series* 69: 171-178.
- Riegman, R. 1995. Nutrient-related selection mechanisms in marine phytoplankton communities and the impact of eutrophication on the planktonic food web. *Water Science and Technology* 32 (4): 63-75.
- ROMM, Réseau d'observation des mammifères marins. 2015. Projet de caractérisation des activités d'observation en mer et de la fréquentation des mammifères marins mené au niveau de la péninsule gaspésienne - Saison d'observation 2014. Riv.-du-Loup, Réseau d'observation des mamifères marins, 25p.
- ROMM, Réseau d'observation des mammifères marins. 2016. Portrait des activités d'observation en mer au site d'intérêt du Banc des Américains - Rapport synthèse. Réseau d'observation des mammifères marins, 57 p.
- Runge, J.A. et Simard, Y. 1990. Zooplankton of the St. Lawrence Estuary : the imprint of physical processes on its composition and distribution. *Oceanography of a large-scale estuarine*

- system: the St. Lawrence. M.I. El-Sabh et N. Silverberg (eds), Berlin, Springer-Verlag, Coastal and Estuarine Studies 39: 297-320.
- Savaria, J.-Y., Cantin, G., Bossé, L., Bailey, R., Provencher, L. et Proust, F. 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.
- Savenkoff, C., Grégoire, F. et Chabot, D. 2004. Main prey and predators of capelin (*Mallotus villosus*) in the northern and southern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s and mid-1990s. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2551: vi + 30 p.
- Savenkoff, C., Grégoire, F., Castonguay, M., Swain, D.P., Chabot, D. et Hanson, J.M. 2005. Main prey and predators of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the northern and southern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s, mid-1990s, and early 2000s. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2619: v + 29 p.
- Savenkoff, C., Grégoire, F., Castonguay, M., Hanson, J.M., Chabot, D. et Swain, D.P. 2006. Main prey and predators of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) in the Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s, mid-1990s, and early 2000s. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2643: vi + 28 p.
- Savenkoff, C., Comtois, S. et Chabot, D. 2013. Trophic interactions in the St. Lawrence Estuary (Canada): Must the blue whale compete for krill? Estuarine, Coastal and Shelf Science 129: 136-151.
- Savenkoff, C., Thorne, M. et Bourassa, M.-N. 2017a. Description des habitats et des communautés épibenthiques du banc des Américains par imagerie optique. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3243 : xii + 562 p.
- Savenkoff, C., Gagné, J.A., Gilbert, M., Castonguay, M., Chabot, D., Chassé, J., Comtois, S., Dutil, J.-D., Galbraith, P.S., Gosselin, J.-F., Grégoire, F., Larocque, R., Larouche, P., Lavoie, D., Lebeuf, M., Lesage, V., Maps, F., McQuinn, I.H., Mosnier, A., Nozères, C., Ouellet, P., Plourde, S., Sainte-Marie, B., Savard, L., Scarratt, M. et Starr, M. 2017. Le concept d'approche écosystémique appliqué à l'estuaire du Saint-Laurent (Canada). Environmental Reviews, 25(1) : 26–96.
- Savoie, L. 2014. Résultats préliminaires du relevé au chalut de fond de septembre 2012 et 2013 dans le sud du golfe du Saint-Laurent et comparaison avec les relevés précédents de 1971 à 2011. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche 2014/053 : v + 130 p.
- Scarratt, M. et Starr, M. 2017. Le pH et l'acidification de l'estuaire du Saint-Laurent. Dans Le concept d'approche écosystémique appliqué à l'estuaire du Saint-Laurent (Canada), C. Savenkoff, J. A. Gagné, M. Gilbert et al., Environmental Reviews, 25(1), 39-41.
- Scott, W.B. et Scott, M.G. 1988. Atlantic fishes of Canada, University of Toronto Press, Fisheries and Oceans Canada.
- Sears, R. 1983. The photographic identification of individual blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence. Proceeding of the fifth biennial conference on marine mammal biology, Boston (MA) (Abstract).
- Sears, R. et Calambokidis, J. 2002. Mise à jour - Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual bleu *Balaenoptera musculus* - Population de l'Atlantique et population du Pacifique, au Canada. Rapport de situation du COSEPAC. Ottawa, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 38 p.

- Sears, R., Williamson, J., Wenzel, F., Bérubé, M., Gendron, D. et Jones, P. 1990. Photographic identification of the blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. Individual recognition of cetaceans: Use of photo-ID and other techniques to estimate population parameters. P.S. Hammond, S.A. Mizroch et G.P. Donovan (eds), Boston, Rapports de la Commission baleinière internationale, Numéro spécial 12: 440 p.
- Simard, Y. et Lavoie, D. 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., Roy, N. et Gervaise, C. 2006. Shipping noise and whales: World tallest ocean liner vs largest animal on earth. OCEANS'06 MTS/IEEE, Boston, IEEE, Piscataway, NJ, USA.
- Simard, Y. et Roy, N. 2013. Bruit, navigation. Dans 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. Gagné, J.A., Ouellet, P., Savenkoff, C., Galbraith, P.G., Bui, A.O.V. et Bourassa, M.-N. (eds), Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche 2013/086, p. 55-58.
- Simpson, M.R. Sherwood, G.D. Mello, L.G.S. Miri, C.M. et Kulka, D.W. 2013. Feeding habits and trophic niche differentiation in three species of wolffish (*Anarhichas* sp.) inhabiting Newfoundland and Labrador waters. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document, 2013/056, v + 29 p.
- Sjare, B., Walsh, D., Stenson, G.B. et Benjamins, S. 2005. An update on harp seal (*Pagophilus groenlandicus*) by-catch estimates in the Newfoundland lumpfish fishery. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research document 2005/049: ii + 19 p.
- Sourisseau, M., Simard, Y. et Saucier, F.J. 2004. Aggregation and advection of macro-zooplankton in the St. Lawrence System. *International Council for the Exploration of the Sea*. 24 p.
- Southall, B.L. 2005. Shipping noise and marine mammals: A forum for science, management, and technology. Final report of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) International Symposium, 18-19 May 2004, Arlington, Virginia, U.S.A.
- Stergiou, K.I. 1991. Possible implications of climatic variability on the presence of capelin (*Mallotus villosus*) off the norwegian coast. *Climatic Change* 19: 369-391.
- Stockin, K.A., Lusseau, D., Binedell, V., Wiseman, N. et Orams, M.B. 2008. Tourism affects the behavioural budget of the common dolphin *Delphinus* sp in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series* 355: 287-295.
- Stokesbury, K.D.E. et Himmelmann, J.H. 1995. Biological and physical variables associated with aggregations of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 743-753.
- Studholme, A.L., Packer, D.B., Berrien, P.L., Johnson, D.L., Zetlin, C.A. et Morse, W.W. 1999. Essential fish habitat source document: atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, life history and habitat characteristics. NOAA Technical Memorandum. NMFS-NE-141: 35 p.
- TC, Transports Canada. 2010. Le programme canadien d'eau de ballast [en ligne]. Disponible à <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/epe-environnement-ballast-statistiques-1500.htm> [Consulté en décembre 2015].
- Templeman, W. 1985. Stomach contents of Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) from the Northwest Atlantic. *Scientific Council Studies, Northwest Atlantic Fisheries Organization* 8: 49-51.
- U.S. Fish & Wildlife Service. 2004. Effects of oil spills on wildlife and habitat. Alaska region, 2 p. Disponible à <http://okaloosa.ifas.ufl.edu/MS/OilSpillFactSheetAlaska.pdf>.

- Vanderlaan, A.S.M. et Taggart, C.T. 2007. Vessel collisions with whales: The probability of lethal injury based on vessel speed. *Marine Mammal Science* 23: 144-156.
- Villeneuve, S. et Quilliam, L. 1999. Les risques et les conséquences environnementales de la navigation sur le Saint-Laurent. Montréal, Centre Saint-Laurent, 160 p.
- Volgenau, L., Kraus, S.D. et Lien, J. 1995. The impact of entanglements on two substocks of the western North Atlantic humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Canadian Journal of Zoology* 73: 1689-1698.
- Waring, G.T., Quintal, J.M. et Swartz, S.L. 2001. U.S. Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments – 2001. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-168.
- Watling, L. 2005. Chapter 12. The global destruction of bottom habitats by mobile fishing gear. *Marine conservation biology: the science of maintaining the sea's biodiversity*. E.A. Norse et L.B. Crowder (eds), Washington, Island Press, xxvi + 470 p.
- Weilgart, L.S. 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology* 85: 1091-1116.
- White, L., Johns, F. et Tremblay, M. 1997. Évaluation du milieu marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Pêches et Océans Canada, Programme d'étude des produits chimiques toxiques. Dartmouth, NS, Mont-Joli, Qc, xii + 128 p.
- Witman, J.D. et Sebens, K.P. 1992. Regional variations in fish predation intensity: A historical perspective in the Gulf of Maine. *Oecologia* 90: 305-315.
- Zakardjian, B.A., Sheng, J., Runge, J.A., McLaren, I., Plourde, S., Thompson, K.R. et Gratton, Y. 2003. Effects of temperature and circulation on the population dynamics of *Calanus finmarchicus* in the Gulf of St. Lawrence and Scotian Shelf: Study with a coupled, three-dimensional hydrodynamic, stage-based life history model. *Journal of Geophysical Research* 108(C11): 8016.

7. ANNEXES

Annexe 1. Description des différents termes et des symboles utilisés dans les modèles de séquence des effets (Gouv. Canada 2012).

Paramètres ultimes et composantes écologiques



Paramètre ultime : composante ou fonction écologique (non mesurable) à protéger (par ex., les 3 objectifs de conservation).

Paramètre ultime mesurable : composante écologique mesurable liée au paramètre ultime à protéger (qualité de l'eau, abondance des loups, etc.).

Les paramètres ultimes mesurables sont équivalents aux indicateurs d'état et environnementaux, puisque tous deux servent à mesurer et à surveiller au fil du temps les changements liés à l'objectif. Les paramètres ultimes mesurables aideront aussi à « opérationnaliser » les objectifs.

Les paramètres ultimes mesurables doivent être concrets et bien définis. Ils devraient être facilement compris tant par la population que par les décideurs, tout en demeurant significatifs pour les scientifiques des secteurs environnemental, social, culturel et économique. Les paramètres ultimes mesurables comprennent à la fois une entité écologique (par ex., la zostère estuarienne) et un attribut mesurable (par ex., la répartition). Ils orientent l'évaluation et constituent la base pour l'élaboration des questions, des prévisions, des modèles et des analyses. Ils sont sélectionnés d'après leur pertinence par rapport aux objectifs de gestion, leur importance dans l'écosystème concerné et leur sensibilité aux pressions.

La définition des paramètres ultimes mesurables peut être difficile. Elle exige l'expression d'objectifs abstraits de gestion environnementale, sociale, culturelle et économique sous forme d'attributs particuliers et bien définis du système. Il est recommandé de justifier la raison expliquant cette conversion.

Exemples de paramètres ultimes mesurables :

Pour les espèces :

- Marsouin commun (présence/abondance);
- Maquereau – présence/abondance des adultes;
- Maquereau – reproduction (nombre d'œufs);

Pour les écosystèmes :

- Qualité chimique des sédiments;
- Qualité de l'eau;
- Habitats physiques des fonds marins.

Composante écologique (CE) : les écosystèmes sont composés de diverses composantes biotiques vivantes et composantes abiotiques non vivantes. Les composantes abiotiques d'un écosystème comprennent différents facteurs physiques et chimiques.

Composante valorisée de l'écosystème (CVE) : Tout élément de l'environnement jugé important par un soumissionnaire, les membres du public, les scientifiques et les gouvernements. Son importance peut être déterminée d'après les valeurs culturelles ou les enjeux scientifiques.

Biens et services de l'écosystème aquatique



Bénéfices gratuits que tirent les populations humaines des écosystèmes aquatiques (services d'approvisionnement et culturels).

Dépendances socioéconomiques et culturelles



Ensemble des activités et des actions humaines dont la réalisation dépend ou peut être affectée directement ou indirectement par une modification de l'état des paramètres ultimes ou des biens et services de l'écosystème aquatique, ou encore par les mesures de gestion mises en place pour la protection du paramètre ultime.

Activités humaines



Les activités humaines (par ex., agriculture) constituent des entités ou des actions qui peuvent créer des pressions sur l'environnement. Les sources de pressions occupent le cœur des options de gestion. Quand on a déterminé les multiples sources, il peut s'avérer avantageux de se concentrer sur les importantes sources contrôlables par des mesures de gestion.

Pressions



Les pressions désignent n'importe quel agent chimique, physique ou biologique pouvant avoir un effet nuisible sur des paramètres ultimes.

Impacts et effets environnementaux



Un impact désigne un changement mesurable d'une composante ou d'une fonction de l'écosystème (par ex., la perte d'un habitat de frai) induit par une ou des pressions. Un impact peut avoir une incidence positive ou négative.

Selon la définition de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2009), les effets environnementaux (c.-à-d. les impacts) désignent « les changements que la réalisation d'un projet risque de causer à l'environnement (par ex., la modification du régime nutritif) ».

Éléments externes



Certains éléments sont situés hors de la zone géographique ou temporelle ciblée par l'analyse, mais peuvent avoir une influence sur certaines composantes de la SdE. Ces éléments peuvent également apporter des informations supplémentaires à la compréhension de la dynamique du système. Prenons l'exemple d'une espèce identifiée comme composante écologique qui est transportée par un courant marin (élément externe) dans la zone étudiée dans laquelle il n'y a pas de production locale. Tout facteur influençant le courant marin aura un impact sur la présence ou l'abondance de l'espèce dans la zone étudiée.

Annexe 2. Définitions des activités humaines, des pressions et des impacts retrouvés dans les modèles de SdE.

Tableau A2-1. Listes des activités humaines et pressions qui sont associées au SIBA.

Activités humaines/ pressions	Chang. climatiques (Temp/acidité)	Espèces envahissantes	Rejets eaux usées	Perturbation physique du substrat	Turbidité	Déversement pétrolier	Prélèvement biomasse	Emmêlement	Collisions	Bruits et dérangement
Act. humaines causant CC	•	•								
Activités anthropiques terrestres (rejets)			•							
Pêches			•	•	•		•	•	•	•
Transport maritime		•	•		•			•	•	
Act. scientifiques			•	•	•			•	•	
Récréotouristiques			•					•	•	

Activités humaines

Activités humaines causant les changements climatiques

Toute activité humaine qui génère des gaz à effet de serre responsables des changements climatiques.

Changements climatiques anthropiques : correspond aux modifications du climat attribuées directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables (MEA 2005). Les changements climatiques d'origine anthropique sont essentiellement attribuables aux émissions de gaz à effet de serre (par ex. utilisation de combustibles fossiles, déforestation, rejet de méthane par les activités agricoles). Depuis le début de la révolution industrielle, les gens ont brûlé de plus en plus de combustibles fossiles et transformé de vastes étendues de forêts en terres agricoles.

Activités anthropiques terrestres – rejets municipaux, industriels et agricoles

Dans notre étude, il s'agit des activités anthropiques terrestres qui produisent des rejets pouvant se retrouver dans le fleuve. Ces rejets peuvent provenir directement d'un système de traitement des eaux usées ou indirectement par le biais d'eaux de ruissellement par exemple.

Pêche

Ce terme désigne l'ensemble des activités de capture d'animaux aquatiques dans leur milieu naturel, que ce soit de façon ciblée (pêches commerciale, récréative ou de subsistance) ou non (prises accessoires, pêche par les engins fantômes).

Pêche commerciale : désigne toute activité de pêche enregistrée auprès du ministère des Pêches et des Océans et qui est effectuée à l'aide d'engins de pêche autorisés en vertu d'un permis de pêche commerciale.

Pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles (ASR) : désigne une pêche effectuée par des groupes autochtones à des fins alimentaires, sociales et rituelles.

Pêche récréative : désigne la pêche qui n'est pas considérée comme étant commerciale.

Prises accessoires : désigne les captures accidentelles d'espèces non visées ou d'individus non ciblés (par ex., pour des raisons de taille, de maturité) par un effort de pêche donné.

Transport maritime

Il s'agit des bateaux qui transportent des marchandises ou des passagers. Techniquement, il s'agit de tous les bateaux avec une jauge de plus de 400 tonneaux ou de plus de 15 passagers (ce qui inclut certains bateaux de recherche et dédiés aux excursions en mer).

Activités scientifiques

Toutes les activités d'échantillonnage des espèces et de leur environnement dans un but de suivi scientifique (par ex., relevé plurispécifique estival au chalut de fond effectué en août chaque année par le Ministère des Pêches et des Océans Canada).

Activités récréotouristiques

Toutes les activités récréatives reliées aux secteurs du loisir et du tourisme qui peuvent être pratiquées dans le SIBA comme : l'observation des mammifères marins (spécialement des baleines), la plongée et le kayak. Les gros navires de plaisance conçus pour la navigation en « haute mer » sont considérés dans la section transport maritime.

Pressions***Changements climatiques (Chang. Temp./acidité)***

Selon le GIEC, les changements climatiques sont une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes ou à des changements persistants, d'origine anthropique ou non (par ex., activité volcanique, changements du rayonnement solaire), de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres.

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Activités humaines causant les changements climatiques.

Espèces envahissantes

Une espèce aquatique envahissante est une espèce étrangère dont l'introduction causera probablement (ou a déjà causé) des dommages à l'écosystème qu'elle a envahi, aux espèces qui y vivent, à l'économie ou à notre bien-être. Les espèces envahissantes prospèrent en l'absence de leurs prédateurs naturels et peuvent modifier l'habitat jusqu'à le rendre inhospitalier pour les espèces indigènes (MPO 2015). Les espèces aquatiques envahissantes ont déjà provoqué une importante dévastation de certaines espèces de poissons indigènes au Canada. Chaque année, ce problème est à l'origine de milliards de dollars de pertes en recettes et en coût des mesures de contrôle.

Les espèces envahissantes sont souvent associées aux eaux de ballast. Les eaux de ballast sont utilisées par les navires pour maintenir le bateau suffisamment enfoncé dans l'eau lorsque ce dernier est délesté de sa cargaison. L'eau de ballast pompée par les navires peut contenir des milliers d'espèces aquatiques, allant de bactéries et d'autres organismes microbiens aux microalgues et aux espèces végétales et animales à divers stades de leur développement. Les navires qui circulent dans les eaux canadiennes transportent des milliers de tonnes d'eau de ballast annuellement. Le risque d'introduction d'espèces exotiques résultant du rejet d'eau de ballast est donc élevé au Canada (Transport Canada 2010).

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Transport maritime (eaux de ballast) et activités humaines causant les changements climatiques (de façon généralement indirecte, les CC favorisent la survie, l'installation et la prolifération de nouvelles espèces dans un écosystème donné en ayant modifié ses caractéristiques physico-chimiques ou autres).

Rejets des eaux usées

Les eaux usées, aussi appelées effluents ou eaux polluées, sont constituées de toutes les eaux de nature à contaminer les milieux dans lesquels elles sont déversées. Il s'agit des rejets de matières organiques (d'origine chimique ou biologique) ou inorganiques (chimique) provenant des égouts, des industries ou du milieu agricole.

Activités humaines (Tableau A2-1) : Activités terrestres (municipales, industrielles et agricoles), navigation (pêche, scientifique, transport maritime et récréotouristique).

Perturbation physique du substrat

Altération du milieu naturel physique utilisé comme habitat pour les espèces. Les perturbations peuvent être d'origine anthropique ou naturelle (par ex., tempête). Dans le cadre de ce rapport, ce sont les perturbations anthropiques qui sont considérées.

Activités humaines (Tableau A2-1) : Pêche et activités scientifiques (par ex., chalutage).

Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans l'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension organiques et/ou inorganiques et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues. Elle peut être d'origine naturelle (par ex., crue) ou anthropique (par ex., chalut de fond). Dans le cadre de ce rapport, ce sont les perturbations anthropiques qui sont considérées.

Activités humaines (Tableau A2-1) : Pêche et activités scientifiques (par ex., chalutage).

Déversement pétrolier

Tout déversement d'hydrocarbures. Ces hydrocarbures peuvent provenir des activités d'exploitation ou du transport maritime. Dans ce rapport, seulement les déversements liés au transport maritime sont considérés.

Activité humaine reliée (Tableau A2-1) : Transport maritime (pas d'activité d'exploitation recensée sur le SIBA).

Prélèvement de biomasse

Le prélèvement de la biomasse représente la capture d'une partie de la masse totale d'un stock ou d'une population (animale ou végétale) dans son milieu naturel.

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Pêche (commerciale et récréative, différents engins) et activités scientifiques (chalut).

Emmêlement

Fait surtout référence aux engins de pêche (filets et câbles incluant les engins fantômes) dans lesquels les espèces peuvent s'empêtrer. La plupart du temps, on considère que ce sont les mammifères marins qui sont les plus susceptibles de s'emmêler.

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Pêche (différents engins).

Collisions

Les collisions entre les navires et les mammifères marins peuvent provoquer des blessures plus ou moins graves et même tuer les animaux.

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Navigation (pêche, transport maritime, scientifique et récréotouristique).

Bruits et dérangement

Les bruits provoqués par les activités anthropiques sont susceptibles de déranger et/ou de modifier le comportement des animaux, spécialement chez les mammifères marins.

Activités humaines reliées (Tableau A2-1) : Navigation (pêche, transport maritime, scientifique et récréotouristique).

Impacts***Altération de l'habitat***

Il s'agit de la détérioration autant des composantes physiques que biologiques qui composent l'habitat d'une espèce. Toute activité qui mène à la modification ou la destruction physique de l'habitat benthique (comparativement à son état initial, avant l'intervention humaine).

Augmentation des algues rouges (toxiques)

Les algues rouges qui peuvent causer les marées rouges sont présentes de façon naturelle dans le golfe. En petite quantité, elles ne causent pas de problème, mais dans certaines conditions (apport de nutriments et température chaude entre autres), il peut y avoir un bloom qui crée une marée rouge. Les algues rouges formées lors de ces marées produisent une neurotoxine qui est toxique pour plusieurs espèces animales.

Augmentation de l'acidité ou de la température

Augmentation de l'acidité (diminution du pH) ou de la température de l'eau au-delà des normales historiques observées dans le SIBA.

Blessures - survie

Blessures causées par une collision avec un navire ou l'emmêlement dans des engins de pêche pouvant mettre en péril la survie et dans certains conditions occasionnées la mort de l'animal.

Changements de répartition des espèces

Changements de la répartition des espèces en lien avec les changements climatiques. Par exemple, le changement de la température pourrait affecter la répartition de certaines espèces de sorte qu'elles ne se retrouvent plus dans le SIBA alors que d'autres pourraient y apparaître.

Colmatage

Obstruction faisant suite à la modification d'un apport en sédiments, en matière organique ou en nutriment.

Compétition/extirpation des espèces structurantes

Compétition entre les espèces indigènes et invasives. Dans certains cas, les espèces envahissantes pourraient mener à l'extinction locale (extirpation) des espèces structurantes.

Dégradation/extirpation des espèces (colonies)

La dégradation de l'habitat peut avoir un effet négatif sur les espèces structurantes. Certaines méthodes de prélèvements peuvent même mener à l'extinction locale de certaines espèces structurantes.

Disponibilité de nourriture

Présence de nourriture (proies) consommée par l'espèce.

Érosion/accumulation de sédiments

Processus de dégradation (érosion) ou d'amoncellement de matériel (accumulation) provoqué par des facteurs d'origine naturelle (par ex., vagues, vent) ou humaine (par ex., engins de pêche) et conduisant à la transformation du relief.

Impact sur le comportement de nutrition

Certaines activités humaines vont avoir un impact sur le comportement de certaines espèces, de sorte que ces dernières auront de la difficulté à repérer leurs proies et communiquer afin de s'alimenter (par ex., perturbation de la détection des sons).

Introduction de contaminants

Désigne l'apport artificiel de tout agent biologique ou chimique dans l'environnement en réponse à des activités humaines ou à des facteurs de stress d'origine humaine (par ex., utilisation de peinture antisalissure, déversement accidentel) et pouvant compromettre l'intégrité du milieu ou des organismes présents.

Modification d'apport de matière organique ou de nutriments

Modification des conditions originales d'apport de matière organique (composés carbonés dissous ou particuliers d'origine végétale ou animale) et de nutriments (substance organique ou minérale directement assimilable par l'organisme) en réponse à des activités humaines ou des facteurs de stress d'origine humaine (par ex., rejet d'eaux usées, eaux de ballast).

Oxygène dissous disponible

Diminution de la quantité d'oxygène disponible dans l'eau, pourtant nécessaire à la vie aquatique et à l'oxydation des matières organiques (dégradation).

Pollution sonore

Tout bruit causé par les activités humaines. Cette pollution peut être passagère ou régulière avec des répercussions sur la qualité sonore du milieu.

Remise en suspension de contaminants

Remises en suspension de particules (contaminants) qui sont accumulées dans les sédiments sous l'action d'activités humaines. Cette remise en suspension des contaminants contribue à son tour à l'introduction de contaminants dans le système.

Taux de reproduction

Diminution (ou augmentation) du taux de reproduction (nombre d'œufs pour les poissons) dans le SIBA en lien avec les changements de qualité de l'eau.

Taux de survie

Diminution possible du taux de survie de l'espèce (dans le SIBA).