



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2024/062

Région du Québec

Évaluation du potentiel de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent

Véronique Lesage¹, Valérie Harvey¹, M. Tim Tinker², Anne P. St-Pierre¹, Florian Aulanier¹, Stéphane Lair³, Mike Hammill¹, Yvan Simard¹, Tanya Brown⁴, Arnaud Mosnier¹, Ève Rioux¹, Jory Cabrol¹, Jean-François Gosselin¹

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

²Nhydra Ecological Consulting
11 Parklea Drive
Head of St. Margarets Bay NS B3Z 2G6

³Centre québécois sur la santé des animaux sauvages / Canadian Wildlife Health Cooperative
Faculté de médecine vétérinaire
Université de Montréal
3200 rue Sicotte
St. Hyacinthe, QC J2S 2M2

⁴Fisheries and Oceans Canada
Pacific Science Enterprise Centre
4160 Marine Drive
West Vancouver, BC V7V 1H2

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-73125-4 N° cat. Fs70-5/2024-062F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Lesage, V., Harvey, V., Tinker, M.T., St-Pierre, A.P., Aulanier, F., Lair, S., Hammill, M., Simard, Y., Brown, T., Mosnier, A., Rioux, È., Cabrol, J., Gosselin, J.-F. 2024. Évaluation du potentiel de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/062. iv + 69 p.

Also available in English :

Lesage, V., Harvey, V., Tinker, M.T., St-Pierre, A.P., Aulanier, F., Lair, S., Hammill, M., Simard, Y., Brown, T., Mosnier, A., Rioux, È., Cabrol, J., Gosselin, J.-F. 2024. Recovery Potential Assessment for the St. Lawrence Estuary Beluga (*Delphinapterus leucas*) Population. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2024/062. iv + 63 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
ÉVALUATION	2
ÉLÉMENTS 2 ET 3 : ABONDANCE ET PARAMÈTRES DU CYCLE BIOLOGIQUE DE LA POPULATION	2
Avant les années 1980.....	2
Après les années 1980	2
ÉLÉMENTS 4, 5 ET 6 : RÉPARTITION, HABITAT IMPORTANT ET PROPRIÉTÉS	4
Répartition globale	4
Besoins en matière d'habitat.....	15
Étendue spatiale de l'habitat important.....	19
Fonctions, caractéristiques et paramètres de l'habitat important.....	21
ÉLÉMENTS 8, 9, 10 ET 11 : MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS	25
Menaces.....	27
Facteurs limitatifs	36
Menaces pour les espèces coexistantes	38
ÉLÉMENTS 12, 13, 14 ET 15 : OBJECTIFS DE RÉTABLISSEMENT ET CALENDRIER DE RÉTABLISSEMENT	39
Abondance et capacité de charge (<i>K</i>) historiques	39
Projections de la population	39
Objectifs d'abondance et de répartition proposés.....	43
ÉLÉMENTS 16, 17, 19, 20 ET 21 : SCÉNARIOS D'ATTÉNUATION DES MENACES ET ACTIVITÉS DE RECHANGE	43
ÉLÉMENT 22 : ÉVALUATION DES DOMMAGES ADMISSIBLES.....	49
REMERCIEMENTS	49
RÉFÉRENCES CITÉES	49
LISTE DES PARTICIPANTS	68

RÉSUMÉ

La population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent (ESL) se trouve à la limite la plus au sud de la répartition de l'espèce et est une population relictive de la glaciation du Wisconsin. Bien que son abondance historique soit très incertaine, elle dépassait fort probablement les 10 000 individus. Cependant, la capacité de charge effective du béluga de l'ESL a fondamentalement changé par rapport aux niveaux historiques et est estimée, dans les conditions actuelles, à 6 700 bélugas (intervalle de crédibilité [IC] à 95 % = 4 300 à 10 400). L'abondance en 2022 a été estimée le plus probablement (IC à 95 %) entre 1 500 et 2 200 individus, avec une estimation ponctuelle de 1 850 bélugas, ce qui place la population dans la zone de prudence selon le Cadre de précaution du MPO.

Les températures moyennes dans le golfe du Saint-Laurent de 2010 à 2022 ont augmenté de trois quarts de degré Celsius par rapport à la moyenne de 1970 à 2009. En supposant un réchauffement supplémentaire de 0,5 degré Celsius des températures dans le golfe au cours des 100 prochaines années et la poursuite de la variation naturelle sans changement (positif ou négatif) des autres facteurs de la mortalité, les projections indiquent un faible risque (0,3 %) de quasi-extinction (réduction à 50 individus), une probabilité de 13 % que la population atteigne la zone saine (au moins 3 219 individus) dans les 100 prochaines années et une probabilité de 61 % qu'elle tombe dans la zone critique (moins de 1 609 individus). Ces résultats suggèrent que le rétablissement est théoriquement possible et qu'il l'est encore plus si l'on parvient à atténuer certaines des menaces actuelles qui pèsent sur la population, comme les facteurs qui entraînent une augmentation de la mortalité liée à la gestation et de la mortalité des baleineaux. Les effets nocifs admissibles des agents de stress d'origine humaine sont estimés à 3,4 bélugas par année selon l'approche du prélèvement biologique potentiel.

Les données historiques et contemporaines indiquent que la répartition des bélugas de l'ESL est la plus limitée pendant l'été et la plus étendue au printemps, lorsqu'une portion de la population est encore dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent, mais que l'essentiel de la répartition demeure toute l'année dans l'ESL. Les données étaient suffisantes pour déterminer l'habitat important l'été (de juin à octobre) et l'hiver (de janvier à mars) pour la population, mais insuffisantes pour le printemps et l'automne. Les fonctions n'ont pu être attribuées à des emplacements précis dans l'aire de répartition saisonnière et, pour la plupart des caractéristiques, les données sont également insuffisantes pour appuyer les paramètres quantitatifs.

INTRODUCTION

La population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent (ESL) se trouve à la limite la plus au sud de la répartition de l'espèce (O'Corry-Crowe 2018) et constitue une population relictive de la glaciation du Wisconsin (Harington 2008). Des siècles d'exploitation intense avaient réduit la population à une estimation de quelques centaines d'individus à la fin des années 1970 (Pippard et Malcolm 1978; Sergeant et Hoek 1988; Kingsley 1998). À la lumière de cette information, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné le béluga de l'ESL comme étant « en voie de disparition » en 1983 (Pippard 1985). Les préoccupations entourant le déclin de la population ont déclenché la mise en œuvre d'une série de programmes, rigoureusement maintenus au fil du temps, afin de surveiller la santé, la démographie et la dynamique de la population (examen dans Lesage *et al.* 2014a; Lair *et al.* 2015, 2016; Mosnier *et al.* 2015; St-Pierre *et al.* 2024; Tinker *et al.* 2024). Cet ensemble de données à plusieurs volets est l'un des plus longs pour un cétacé, ce qui fait du béluga de l'ESL la population de bélugas la mieux surveillée (Norman *et al.* 2022) et l'une des populations de cétacés les mieux surveillées au monde.

La population de bélugas de l'ESL a été réévaluée à plusieurs reprises par le COSEPAC depuis 1983. Bien que le statut attribué « en voie de disparition » en 1983 ait été réaffirmé en 1997 (Lesage et Kingsley 1998), il est passé à « menacée » en 2004 en raison de nouveaux critères d'inscription (COSEPAC 2004). Cependant, à la suite d'une diminution documentée de l'abondance dans les années 2000, accompagnée d'un taux de mortalité élevé des veaux, le COSEPAC a rétabli le statut de la population à « en voie de disparition » en 2014 (COSEPAC 2014).

Habituellement, une fois que le COSEPAC a évalué une espèce comme étant menacée, en voie de disparition ou disparue du pays, Pêches et Océans Canada (MPO) entreprend un certain nombre de mesures qui nécessitent des renseignements scientifiques sur la situation actuelle de la population, les menaces pesant sur sa survie et son rétablissement, et la faisabilité du rétablissement. Ces renseignements sont généralement résumés dans une évaluation du potentiel de rétablissement (EPR), réalisée peu après l'évaluation du COSEPAC.

Une EPR a été menée en 2005 à la suite de l'évaluation de 2004 du COSEPAC, et a établi des cibles de rétablissement pour la taille et la répartition de la population (Lawson *et al.* 2006). Les objectifs de rétablissement étaient d'atteindre 7 070 individus, soit 70 % de la taille historique de la population (10 000 bélugas), et que la population réoccupe l'ensemble de l'habitat décrit par Vladykov (1944) dans l'ESL et le nord du golfe du Saint-Laurent (GSL). Toutefois, dans une analyse récente, l'objectif de rétablissement relatif à la taille de la population de 7 070 individus a été jugé irréaliste (Williams *et al.* 2021). De plus, bien que l'habitat essentiel ait été désigné en 2012 dans le cadre du programme de rétablissement du béluga de l'ESL, les limites étaient fondées sur les données acquises de juin à octobre et, par conséquent, provenaient en grande partie des mois d'été.

La Direction des sciences du MPO a été chargée d'entreprendre une nouvelle EPR étant donné le changement de statut de la population depuis l'EPR de 2005 et l'acquisition de renseignements récents sur l'abondance et les tendances de la population, les menaces et l'utilisation de l'habitat en dehors de l'été. L'EPR actuelle a été élaborée conformément aux lignes directrices nationales sur l'EPR (MPO 2007; 2014a; ECCC 2020; 2022) et servira de base à la mise à jour du programme de rétablissement du béluga de l'ESL, qui doit être renouvelé. Bien que les lignes directrices nationales sur l'EPR comportent 22 éléments (MPO 2014a), les éléments 1, 7, 18 et 21 ne seront pas abordés dans le cadre du processus d'EPR :

-
- **Élément 1** sur la biologie et l'écologie de l'espèce : des renseignements à jour sont déjà disponibles dans la documentation (p. ex. COSEPAC 2014; Lesage 2021).
 - **Élément 7** sur la détermination et la description de la résidence : ce concept ne s'applique pas aux cétacés.
 - **Élément 18** sur la faisabilité de la restauration de l'habitat : cet élément n'est pas requis pour planifier le rétablissement du béluga de l'ESL.
 - **Élément 21** sur les valeurs des paramètres pour évaluer les répercussions économiques, sociales et culturelles à l'appui du processus d'inscription; cet élément n'est pas requis pour planifier le rétablissement du béluga de l'ESL.

ÉVALUATION

ÉLÉMENTS 2 ET 3 : ABONDANCE ET PARAMÈTRES DU CYCLE BIOLOGIQUE DE LA POPULATION

La dynamique, l'abondance et les tendances de la population de bélugas de l'ESL ont été évaluées à l'aide d'un modèle intégré ajusté aux estimations de l'abondance et de plusieurs autres sources d'information couvrant 30 à 40 ans (voir Tinker *et al.* 2024). Les principales sources de données étaient des relevés historiques des prises, des estimations de l'abondance à partir de relevés photographiques et aériens visuels, des données sur la structure selon l'âge ou le stade biologique tirées de relevés aériens et de relevés à partir d'embarcations, des données sur l'âge au moment de la mort provenant des enregistrements des carcasses échouées, des données sur la cause du décès d'après la nécropsie des carcasses et les corrélations environnementales de la survie des veaux. Ce modèle de population complet a permis de mettre en évidence plusieurs processus sous-jacents aux tendances de la population de bélugas de l'ESL et a fourni une mesure plus réaliste du niveau d'incertitude associé à la dynamique de la population.

Avant les années 1980

Le modèle indiquait que l'abondance historique, en utilisant 1865 comme année de référence, se situait probablement entre 12 400 et 17 400 bélugas. Cependant, l'abondance a diminué considérablement le siècle suivant pour tomber entre 1 500 et 1 600 individus à la fin des années 1970. L'augmentation de la mortalité due à la récolte a été le principal facteur du déclin observé (Reeves et Mitchell 1984). Cependant, d'autres facteurs contributifs étaient en jeu, comme des réductions de la reproduction dépendantes de la densité et des augmentations de la mortalité des veaux, probablement associées à la dégradation de l'habitat, ainsi que des hausses de la mortalité des adultes, indépendantes de la densité et reflétant la pollution accrue et d'autres impacts environnementaux. Ces facteurs sont probablement responsables de l'absence de rétablissement de la population après l'interdiction de la récolte à la fin des années 1970.

Après les années 1980

Une tendance démographique fluctuante, mais généralement stable, a été estimée entre 1980 et 2000, probablement due aux taux de survie variables de toutes les classes d'âge et de sexe. À l'instar de l'évaluation de la population de 2012 (MPO 2014b), le modèle actuel indique que les taux de survie sont devenus encore plus variables après 2000, plusieurs creux de la survie (en particulier pour les veaux et les animaux d'un an) entraînant un déclin de l'abondance jusqu'en 2007. Une augmentation de la survie des adultes plus âgés, résultant au moins en

partie d'une réduction des taux des cancers, s'est traduite par une légère augmentation de la population entre 2010 et 2018. Toutefois, le taux de survie des veaux, demeuré plus faible depuis 2010, combiné à une mortalité plus élevée des femelles adultes attribuable à une augmentation de la mortalité liée à la gestation, a eu une incidence sur le recrutement ces dernières années. Ces sources de mortalité continueront probablement de limiter le rétablissement de la population à l'avenir. Bien que l'incertitude soit toujours plus grande vers la fin d'une série chronologique, le déclin continu de la survie des veaux et des femelles gestantes, combiné à une hausse plus récente de la mortalité de toutes les classes d'âge adulte après 2018, semble avoir causé une stabilisation des tendances de l'abondance depuis environ 2018 (figure 1). Des relevés aériens supplémentaires et d'autres données seront nécessaires pour préciser les tendances récentes.

Le modèle a estimé que l'abondance était le plus probablement (intervalle crédible à 95 %, arrondi à la centaine près) comprise entre 1 500 et 2 200 individus en 2022, avec une estimation ponctuelle de 1 850 bélugas. Une analyse de sensibilité indique que les ensembles de données qui ont le plus d'influence sur les résultats du modèle sont les données sur la structure par âge du programme de surveillance des carcasses, la proportion de veaux de 0 à 1 an sur les photographies aériennes et les estimations photographiques de l'abondance. La grande variance associée aux relevés visuels a limité l'influence de cette série chronologique sur les résultats du modèle. Un affinement des calculs de l'estimation de l'abondance pourrait aider à préciser les tendances de la population.

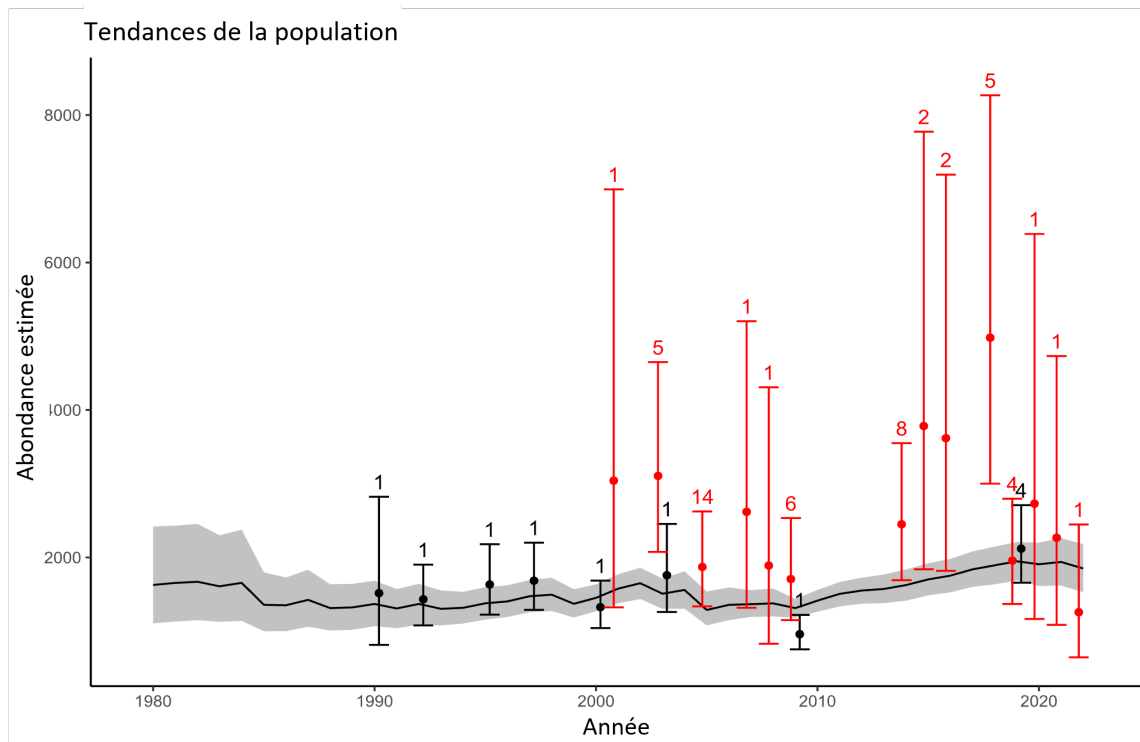


Figure 1. Tendances estimées de l'abondance à partir d'un modèle intégré de population ajusté aux données sur la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent (Tinker et al. 2024). La ligne pleine représente l'abondance annuelle moyenne estimée par le modèle et la bande ombrée indique l'incertitude (intervalle crédible à 95 %) de ces estimations. Les points représentent les estimations de l'abondance fondées sur des relevés photographiques aériens (en noir) et des relevés visuels aériens (en rouge), et les barres d'erreur connexes représentent l'intervalle crédible à 95 % autour de chaque estimation ponctuelle. Le nombre de répétitions des relevés au cours d'une année est indiqué au-dessus des barres d'erreur.

ÉLÉMENTS 4, 5 ET 6 : RÉPARTITION, HABITAT IMPORTANT ET PROPRIÉTÉS

Les renseignements sur la répartition historique et récente du béluga de l'ESL, ainsi que sur l'habitat important et ses propriétés, ont été examinés en détail (Mosnier *et al.* 2010) dans le contexte du programme de rétablissement de 2012 (MPO 2012). Bien que l'information ait été jugée suffisante pour procéder à une désignation partielle de l'habitat essentiel du béluga dans le programme de rétablissement, cette dernière était fondée sur des données recueillies de juin à octobre et, par conséquent, en grande partie pendant les mois d'été. Les fonctions de l'habitat essentiel, ainsi que leurs caractéristiques et leurs paramètres, n'ont été définies que de façon générale dans le programme de rétablissement, car elles reposaient sur des renseignements fragmentaires (voir Mosnier *et al.* 2010). La section qui suit fait le point sur la répartition saisonnière des bélugas de l'ESL et des habitats jugés importants pour cette population, notamment les fonctions, les caractéristiques et les paramètres de ces habitats. Cette évaluation a été effectuée en intégrant les renseignements récemment acquis, y compris pour les périodes en dehors de l'été.

Répartition globale

Dans les années 1930, des bélugas ont été signalés aussi loin à l'ouest qu'en amont de Québec, jusqu'à Chicoutimi dans la rivière Saguenay (14 km à l'ouest de St-Fulgence) et dans le GSL au moins aussi loin à l'est qu'à Natashquan (Basse-Côte-Nord) et dans la baie des Chaleurs (Vladykov 1944; figure 2). Dans les dernières décennies, le béluga n'a été observé que rarement dans la partie fluviale du Saint-Laurent ou en amont de St-Fulgence. Sa répartition est maintenant considérée comme limitée aux eaux en aval des Battures aux Loups Marins dans l'ESL et en aval de St-Fulgence dans la rivière Saguenay (Gosselin *et al.* 2017; St-Pierre *et al.* 2024; Harvey *et al.* in prep.¹).

La limite est de la répartition du béluga de l'ESL a été, et demeure, difficile à définir, bien que tous les enregistrements concordent pour dire qu'elle s'étend dans le GSL. Plus précisément, les évaluations réalisées dans les années 1930 et en 2010 indiquaient une répartition débordant de manière saisonnière de l'ESL dans le nord du GSL (figure 2a; Vladykov 1944; Mosnier *et al.* 2010). Cependant, la répartition dans le GSL a été décrite comme fortement côtière et continue le long de la côte nord du Québec et de la péninsule gaspésienne (de Cloridorme à la baie des Chaleurs), avec une absence apparente des bélugas dans les eaux du large (figure 2a; Mosnier *et al.* 2010). Cette conclusion découle probablement des éléments suivants : 1) l'absence de relevés systématiques historiques ou contemporains dans les eaux du large dans le nord du GSL en dehors de l'été (Mosnier *et al.* 2010); et 2) le fait que les données historiques étaient également fortement biaisées vers la côte, car elles étaient fondées sur la connaissance des marins, les données sur les prises et les visites dans les collectivités de l'ESL et du nord du GSL (Vladykov 1944). Depuis 2012, cependant, des relevés systématiques par transect linéaire ont été effectués à répétition dans tout le nord-ouest du GSL, y compris dans les eaux du large, au printemps, à l'automne et en hiver. Ces relevés, combinés aux observations anecdotiques de diverses sources (figure 3), ont confirmé la présence de bélugas dans tout le nord-ouest du GSL au printemps, à l'automne et en hiver. Un enregistreur acoustique installé le long de la côte nord du Québec près de Sept-Îles (voir la figure 2) confirme également cette conclusion, ayant détecté des vocalisations de bélugas dans cette région du milieu de l'automne au début du printemps ces dernières années (Simard *et al.* 2023). Étant donné que l'aire de répartition d'une

¹ Harvey, V., Mosnier, A., St-Pierre, A.P. Lesage, V. Gosselin, J.-F. En préparation. Seasonal Variation in Distribution and Abundance of St Lawrence Estuary Beluga (*Delphinapterus leucas*) Within the Assumed Annual Range. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.

espèce devrait diminuer et non augmenter lorsque la taille de sa population diminue, il est probable que le béluga ait également été observé dans toute cette région par le passé, et pas seulement dans les zones côtières, comme indiqué précédemment (Vladykov 1944).

Les rapports d'observations anecdotiques tirés de la documentation et de sources plus contemporaines n'appuient pas la présence régulière d'un nombre important de bélugas dans d'autres parties du GSL, quelle que soit la saison (figure 3; Vladykov 1944; Sergeant et Brodie 1969; Sergeant *et al.* 1970; Reeves et Katona 1980; Curren et Lien 1998; Reeves et Mitchell 1984; Pippard 1985; Michaud *et al.* 1990). Ces rapports anecdotiques sont toutefois incomplets (p. ex. très faible couverture en hiver et dans l'est du golfe) et ne sont pas corrigés en fonction de l'effort; il convient donc de les interpréter avec prudence.

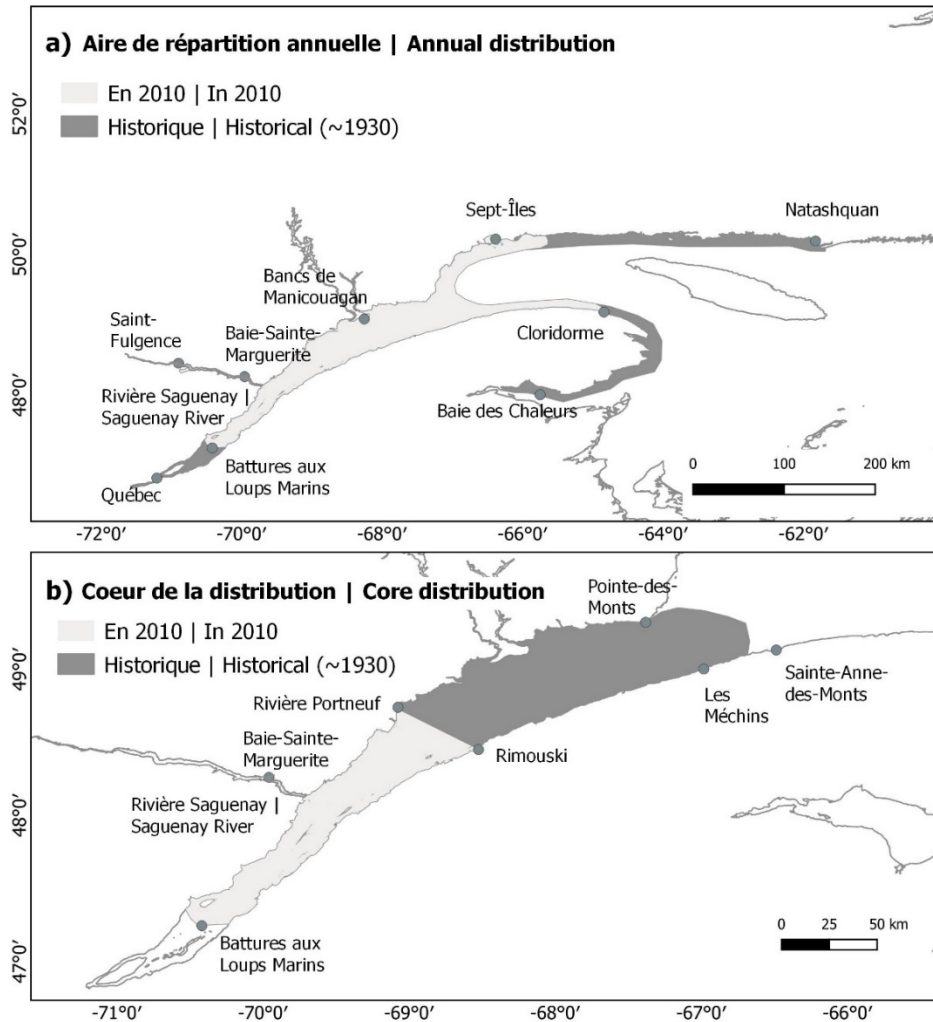


Figure 2. Répartition annuelle et cœur de la distribution du béluga de l'ESL. La répartition historique des années 1930 est tirée de Vladykov (1944). La répartition en 2010 a été définie en fonction des renseignements disponibles lors de la dernière évaluation de l'habitat important pour cette population (Mosnier *et al.* 2010).

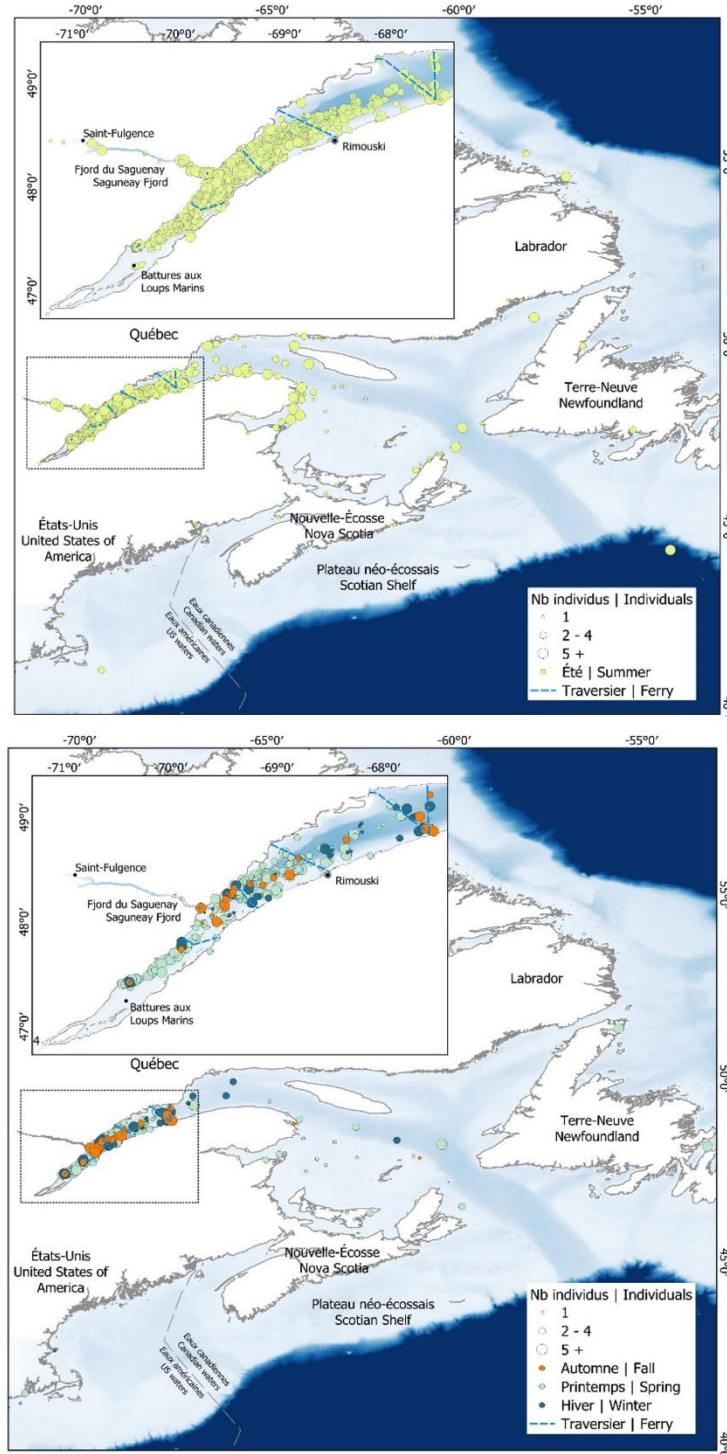


Figure 3. Observations opportunistes lors de relevés aériens et à bord de navires du MPO et d'autres sources compilées principalement de 2013 à 2023 par le Réseau d'Observation des Mammifères Marins (ROMM), le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM), la Marine Animal Response Society (MARS) et le MPO, pour les périodes de juin à octobre (panneau supérieur), et pour le printemps, l'automne et l'hiver (panneau inférieur) : d'avril à mai (en bleu pâle), en novembre et décembre (en orange) et de janvier à mars (en bleu foncé). Toutes les sources de données possibles n'ont pas été incluses ici; par conséquent, cette représentation est incomplète.

Le béluga a toujours été et est encore signalé dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador (Curren et Lien 1998; J. Lawson, MPO, données non publiées). Il l'est également à l'occasion hors du GSL, en Nouvelle-Écosse et dans les eaux de l'est des États-Unis (figure 3; voir aussi Reeves et Katona 1980; Michaud *et al.* 1990; R. Michaud [GREMM], données non publiées). Étant donné que certaines des populations de bélugas du nord hivernent dans le sud du Labrador (Bailleul *et al.* 2012), des afflux sporadiques d'individus de l'Arctique dans les eaux de Terre-Neuve et du GSL sont très probables et ont parfois été soupçonnés (voir p. ex. Vladykov 1944). Cependant, la diversité particulièrement faible des haplotypes documentée chez les bélugas de l'ESL donne à penser que l'immigration des baleines de l'Arctique est demeurée rare (COSEPAC 2016; Postma 2017). De récentes analyses génétiques, de contaminants et par identification photographique indiquent que les bélugas observés dans la partie est du GSL et dans les eaux de Terre-Neuve et du Labrador viennent plus probablement de l'Arctique; ceux qui sont observés dans la partie sud du GSL, en Nouvelle-Écosse et dans les eaux de l'est des États-Unis ont plus de chances d'être des bélugas errants de l'ESL, ayant peut-être suivi les courants de Gaspé et du Labrador (Sergeant et Brodie 1969; R. Michaud, T. Frasier et V. Lesage, données non publiées; Béland *et al.* 1990a).

Déplacements et répartition saisonniers

L'étendue des déplacements saisonniers varie considérablement entre les populations de bélugas du monde entier, certaines migrant sur plus de mille kilomètres de façon saisonnière, alors que d'autres ne parcourent que des distances limitées (Suydam *et al.* 2001, Hobbs *et al.* 2005; Richard et Stewart 2008; Lewis *et al.* 2009). Ces différences sont probablement attribuables à la couverture de glace, à la disponibilité des proies et au risque de prédation. Compte tenu de la variabilité du climat et du réchauffement planétaire, on peut s'attendre à relever une certaine variabilité interannuelle et des tendances à long terme dans les habitudes migratoires pour une population donnée de bélugas. On note également des signes qu'une hausse de la température de la surface de la mer pourrait avoir une incidence sur la dynamique spatio-comportementale des bélugas en réduisant la fréquence des regroupements (Rivas *et al.* 2024).

*Tableau 1. Proportion relative de bélugas (en %) utilisant différents secteurs de l'estuaire du Saint-Laurent et du golfe du Saint-Laurent, notamment la rivière Saguenay, selon les estimations des relevés aériens saisonniers. Les secteurs sont définis dans Simard *et al.* (2023) et Harvey *et al.* (en prép.¹) : amont (des Battures aux Loups Marins à l'île Blanche), centre (de l'île Blanche aux Escoumins / Saint-Simon), aval (de Saint-Simon / Les Escoumins à Bic / Portneuf-sur-Mer), nord-ouest du golfe (est de Pointe-des-Monts / Les Méchins), rivière Saguenay (la rivière, à l'exclusion de son embouchure). Les saisons vont de la mi-juillet au début septembre (été), de la mi-novembre à la mi-décembre (automne), de la mi-janvier à mars (hiver) et début mai (printemps).*

Saison	Amont	Centre	Aval	Bic/Portneuf à Colombier/ Rimouski	Colombier/ Rimouski à Pointe-des- Monts/Les Méchins	Nord-ouest du golfe	Rivière Saguenay
Été							
1990-2022	35,4 ± 12,7	37,1 ± 14,3	13,7 ± 11,1	4,5 ± 8,0	7,1 ± 0,3	-	1,7 ± 0,6
1990-2009	37,4 ± 9,4	38,4 ± 12,9	12,7 ± 9,2	3,8 ± 8,2	6,5 ± 11,0	-	1,2 ± 0,8
2014-2022	32,9 ± 16,8	36,0 ± 16,8	15,5 ± 13,7	5,9 ± 7,8	7,2 ± 11,9	-	2,4 ± 3,4
Automne	20,5 ± 19,8	20,9 ± 19,1	24,9 ± 14,8	9,1 ± 10,1	10,3 ± 14,5	14,4 ± 16,7	0,0 ± 0,0
Hiver	3,7 ± 4,3	13,3 ± 11,9	17,1 ± 14,1	12,6 ± 9,4	21,4 ± 13,7	31,8 ± 28,4	0,0 ± 0,0
Printemps	33,2 ± 24,1	9,4 ± 10,6	21,5 ± 17,0	16,7 ± 18,6	16,9 ± 15,5	2,1 ± 4,7	0,1 ± 0,2

La population de bélugas de l'ESL n'entreprend que des déplacements saisonniers limités, passant généralement vers l'est à l'automne et revenant vers l'ouest au printemps. La surveillance à long terme de la répartition des bélugas au moyen de relevés aériens effectués principalement de la mi-juillet au début du mois de septembre, ainsi que la surveillance acoustique passive tout au long de l'année, confirment que la répartition est centrée sur la rivière Saguenay en été (figures 2 et 4; Gosselin *et al.* 2014; Simard *et al.* 2023; Harvey *et al.* en préparation¹). Par le passé, un grand nombre de bélugas utilisaient les eaux au large des côtes de Manicouagan et de la rivière Betsiamites voisine, ce qui a contribué à étendre l'aire de répartition estivale (figure 2; Vladykov 1944). Les données des relevés récents indiquent que le béluga est toujours présent dans cette région, mais de façon plus occasionnelle (Harvey *et al.* en préparation¹). Dans l'ensemble, ces observations réduisent la répartition estivale principale actuelle par rapport à ce qu'elle était par le passé (figure 2b).

Selon les données acoustiques, la majorité de la population (de 55 à 57 %) se trouve dans la partie centrale de l'ESL (de l'île Blanche à Saint-Simon / Les Escoumins) en été, avec environ 18 % dans le secteur amont (jusqu'aux Battures aux Loups Marins) et 25 % dans le secteur aval situé entre Saint-Simon / Les Escoumins et Bic / Portneuf (Simard *et al.* 2023; voir les noms de lieux sur la figure 4). Il convient de noter que l'étude acoustique ne tient pas compte de la proportion de baleines qui utilisent la rivière Saguenay. Comparativement aux données acoustiques, les relevés aériens estiment qu'une plus faible proportion de la population (37 %) utilise la partie centrale de l'ESL, avec 35 % des bélugas dans le secteur amont et 14 % dans le secteur aval (25 % si on inclut le secteur est de l'ESL, non couvert dans Simard *et al.* 2023; tableau 1). Les relevés aériens estiment qu'environ 2 % des bélugas utilisent la rivière Saguenay pendant l'été. Cependant, les relevés aériens fournissent une vue instantanée de la répartition et, par conséquent, ont tendance à sous-estimer l'utilisation de l'habitat, car ils ne tiennent pas compte du roulement des utilisateurs dans un secteur donné. D'après les estimations de l'utilisation de l'habitat fondées sur un ensemble de données d'observation à long terme, la rivière Saguenay pourrait en fait être utilisée, plus ou moins régulièrement, par au moins 37 % de la population (Ouellet *et al.* 2021; Bonnell *et al.* 2024).

Le béluga est présent dans la rivière Saguenay tout au long de l'année. Les données des relevés, les observations terrestres et les données acoustiques passives indiquent une lente augmentation de la présence des bélugas dans les environs de baie Sainte-Marguerite à compter de juin et une diminution en octobre (figure 5; Harvey *et al.* en préparation¹; Conversano *et al.* 2017; Simard *et al.* 2023). Ces observations permettent de penser que l'utilisation du cours supérieur de la rivière Saguenay (au-delà du cap de la Boule) culmine en été. Bien que des bélugas soient encore détectés visuellement et acoustiquement à l'occasion dans le cours supérieur de la rivière Saguenay entre novembre et mai, la plupart des détections pendant les relevés d'automne, d'hiver et de printemps se produisent dans le cours inférieur de la rivière Saguenay (en aval du cap de la Boule; relevés aériens seulement, puisqu'il n'y avait pas d'enregistreur acoustique dans ce secteur; figure 5). L'état des glaces n'est pas aussi rigoureux dans le cours inférieur de la rivière Saguenay que dans le cours supérieur, ce qui pourrait expliquer l'utilisation continue de cette zone par les bélugas d'une saison à l'autre, apparemment en partie pour se nourrir. La présence de bélugas dans le cours inférieur de la rivière Saguenay est également conforme aux rapports historiques et récents sur leur présence régulière à l'embouchure de la rivière et à proximité de celle-ci pendant l'hiver (Vladykov 1944; Boivin et INESL 1990; Michaud *et al.* 1990; Harvey *et al.* en prép.¹).

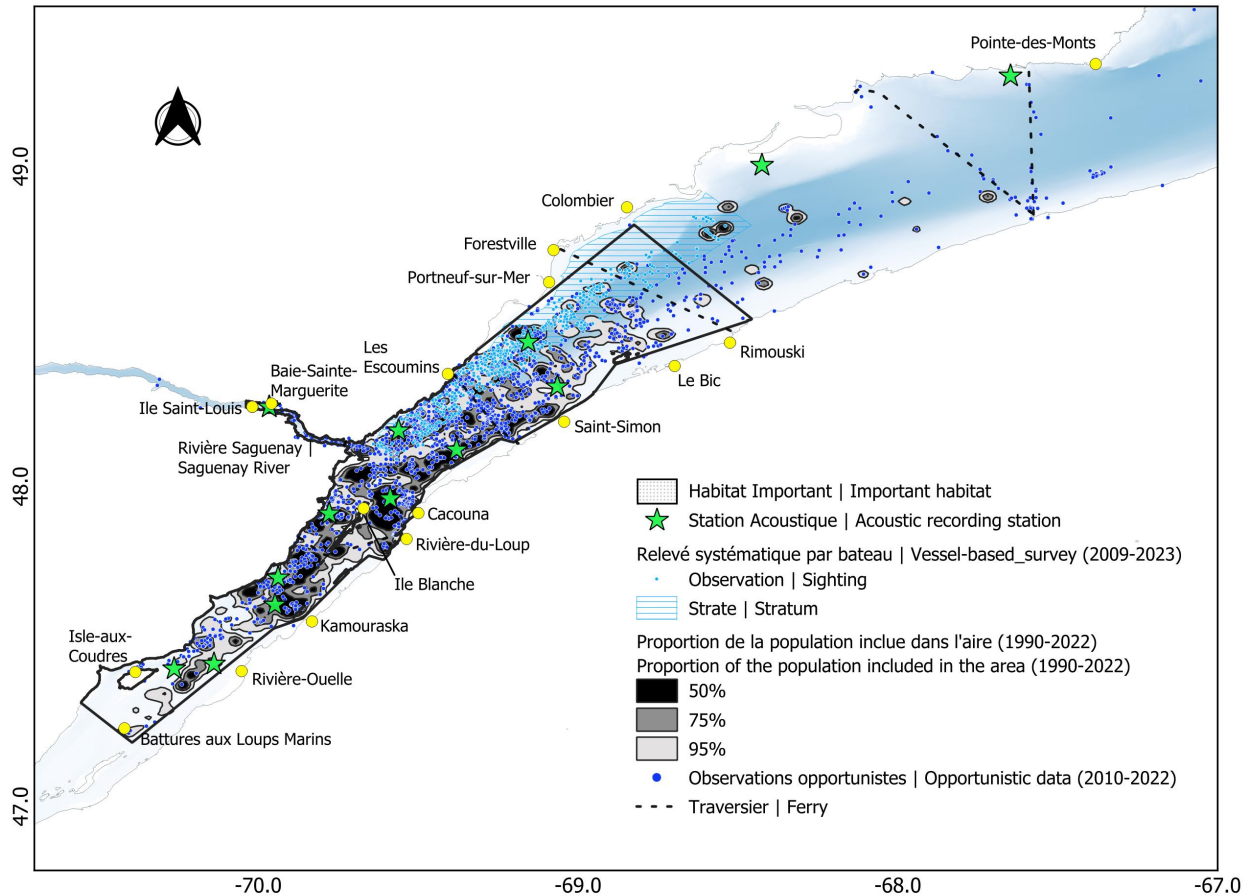


Figure 4. Habitat important pour le béluga de l'ESL entre juin et octobre (contour noir). L'identification est fondée sur les meilleures données disponibles, y compris une analyse des noyaux de 64 relevés aériens systématiques (de 1990 à 2022; Harvey et al. en prép.¹), des relevés systématiques à partir d'embarcation du MPO (de 2010 à 2023; voir p. ex. Mosnier et al. 2022), des observations opportunistes de diverses sources (voir la liste à la figure 3) et des stations de surveillance acoustique passive (Simard et al. 2023). Voir les autres sources d'information dans le texte. L'utilisation saisonnière de la rivière Saguenay est présentée à la figure 5.

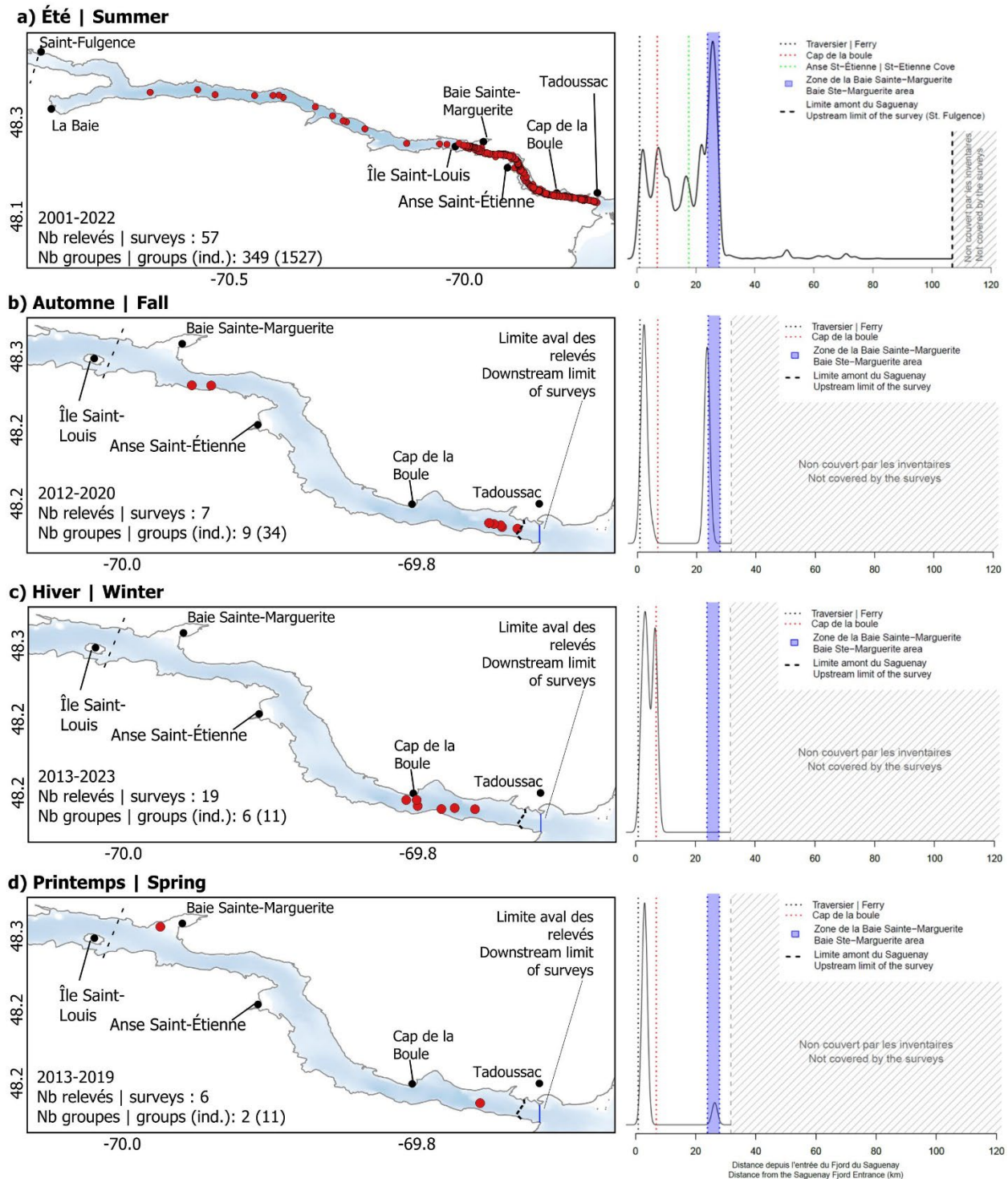


Figure 5. Présence saisonnière des bélugas de l'ESL dans la rivière Saguenay, d'après les relevés visuels et photographiques du MPO (Harvey et al. en prép.¹). Les données sont représentées par les observations (panneaux de gauche; il peut y avoir plus d'un animal par observation) et par les densités relatives selon la distance par rapport à l'embouchure de la rivière Saguenay (panneau de droite). Il convient de noter qu'en raison de l'étroitesse de la rivière Saguenay, les points représentent la position de l'avion du relevé et non celle du béluga.

La comparaison des répartitions estivales pour les périodes de 1990 à 2009 et de 2014 à 2022 indique une augmentation récente d'environ 6 % de l'utilisation du secteur de l'ESL en aval de l'embouchure de la rivière Saguenay, c.-à-d. l'estuaire maritime, et plus précisément les habitats situés en aval des Escoumins / Saint-Simon (Harvey *et al.* en prép.¹; tableau 1). Les groupes de femelles adultes accompagnées de leur veau semblent être au moins partiellement responsables de cette nouvelle répartition récente des animaux dans l'aire de répartition estivale (voir Harvey *et al.* en prép.¹). Dans l'ensemble, cependant, l'étendue de la répartition estivale demeure inchangée par rapport à la dernière évaluation, la répartition étant toujours centrée sur la rivière Saguenay et les bélugas continuant d'utiliser des habitats dans la partie amont de leur aire de répartition, bien qu'ils exploitent maintenant plus intensivement les habitats qui sont dans la partie aval de leur aire de répartition estivale (figure 5).

Les déplacements automnaux sont généralement orientés vers l'est, même si, historiquement, certains ont été documentés en direction opposée et en remontant la rivière Saguenay, peut-être en réaction aux migrations de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) (Vladykov 1944). Aucun déplacement de ce genre n'a été signalé récemment. Les études des années 1980, la surveillance acoustique et les relevés saisonniers les plus récents laissent croire que ce déplacement vers l'est commence en octobre. En novembre, les données acoustiques et des relevés indiquent que la majorité des bélugas ont quitté l'estuaire moyen, c'est-à-dire le secteur de l'ESL à l'ouest de l'embouchure de la rivière Saguenay (figures 6 et 7; Harvey *et al.* en prép.¹; Simard *et al.* 2023), une région où la couverture de glace peut être presque complète pendant les hivers froids (Sears et Williamson 1982; Boivin et INESL 1990). Néanmoins, des données récentes montrent que le béluga persiste à utiliser l'estuaire moyen à la fois à l'automne et tout au long de l'hiver (figure 8; Harvey *et al.* en prép.¹; Simard *et al.* 2023). On ne peut vérifier si cette persistance est rendue possible par la diminution récente de la couverture de glace associée au réchauffement des températures ou si elle est une caractéristique historique de la population, indépendante du climat. Avec le déplacement automnal vers l'est, la majorité de la population (64 %) occupe l'estuaire maritime, entre l'embouchure de la rivière Saguenay et Pointe-des-Monts / Sainte-Anne des Monts (figures 2 et 6), avec une augmentation notée de l'utilisation de la partie de l'estuaire maritime située en aval de l'aire de répartition estivale (Harvey *et al.* en prép.¹). Ce déplacement est également confirmé par les données de la surveillance acoustique passive (station A; voir Simard *et al.* 2023). À l'automne, 14 % en moyenne de la population occupe le nord-ouest du GSL (tableau 1).

La répartition en hiver est relativement semblable à celle observée à l'automne, bien que les bélugas soient détectés en moins grand nombre (5 % de la population) dans l'estuaire moyen que pendant l'été ou l'automne, et qu'ils occupent principalement la partie inférieure de ce secteur. Comme pendant la saison automnale, la plupart des bélugas (63 %) sont observés dans l'estuaire maritime pendant l'hiver, mais une plus grande proportion de la population (32 %) occupe le nord-ouest du GSL (figure 8).

La surveillance acoustique indique que les bélugas retournent dans les habitats de l'estuaire moyen à partir de mars (Simard *et al.* 2023). À cette période de l'année, ils sont encore présents en grand nombre (36 %) dans la partie de l'estuaire maritime en aval de l'aire de répartition estivale, ainsi que dans le nord-ouest du GSL (figures 3, 6 et 7; voir aussi Michaud *et al.* 1990). L'estuaire moyen semble être particulièrement important pour le béluga en avril et en mai, de 36 à 50 % de la population l'occupant alors, selon la source des données (Simard *et al.* 2023; Harvey *et al.* en prép.¹).

Compte tenu de toutes les sources d'information disponibles (relevés aériens et par bateau systématiques et non systématiques, surveillance acoustique passive, rapports anecdotiques), les données historiques et contemporaines indiquent que la répartition des bélugas de l'ESL est la plus limitée en été (figure 4; Vladykov 1944; Michaud et Chadenet 1990; Mosnier *et al.* 2010;

Simard *et al.* 2023; Harvey *et al.* en prép.¹). Les données disponibles confirment également que la répartition est la plus étendue au printemps, lorsqu'une partie de la population est toujours présente dans le nord-ouest du GSL et que certains individus commencent à retourner dans les habitats de la partie la plus en amont de l'ESL (figures 6 et 7). Ensemble, les résultats présentés sur les déplacements saisonniers et le degré d'occupation des divers secteurs indiquent que l'essentiel de la répartition des bélugas de l'ESL demeure à l'intérieur des limites de l'estuaire du Saint-Laurent toute l'année. Encore une fois, il est impossible de déterminer si la fraction de la population qui se déplace dans le nord du GSL est plus grande lorsque la couverture de glace est plus étendue, comme c'était le cas avant la fin des années 1990. Une incertitude persiste quant à la limite est de la répartition annuelle, mais la réduction de l'aire de répartition des bélugas de l'ESL à l'ouest dans l'ESL et dans la rivière Saguenay, combinée à la diminution de leur utilisation de la région de Manicouagan, dénote que la zone d'occupation actuelle est réduite par rapport à l'aire de répartition historique.

Lors de la dernière évaluation, la zone d'occupation des bélugas de l'ESL était estimée à 20 628 km², soit 65 % de la répartition définie à la fin des années 1930 (Mosnier *et al.* 2010; COSEPAC 2014). Cependant, l'information présentée ici indique que la zone d'occupation a été sous-estimée dans les années 1930 et dans l'évaluation de 2010 parce que les eaux du large du nord-ouest du GSL n'avaient pas été incluses, ce qui rend peu fiables les estimations du pourcentage de réduction de la zone d'occupation.

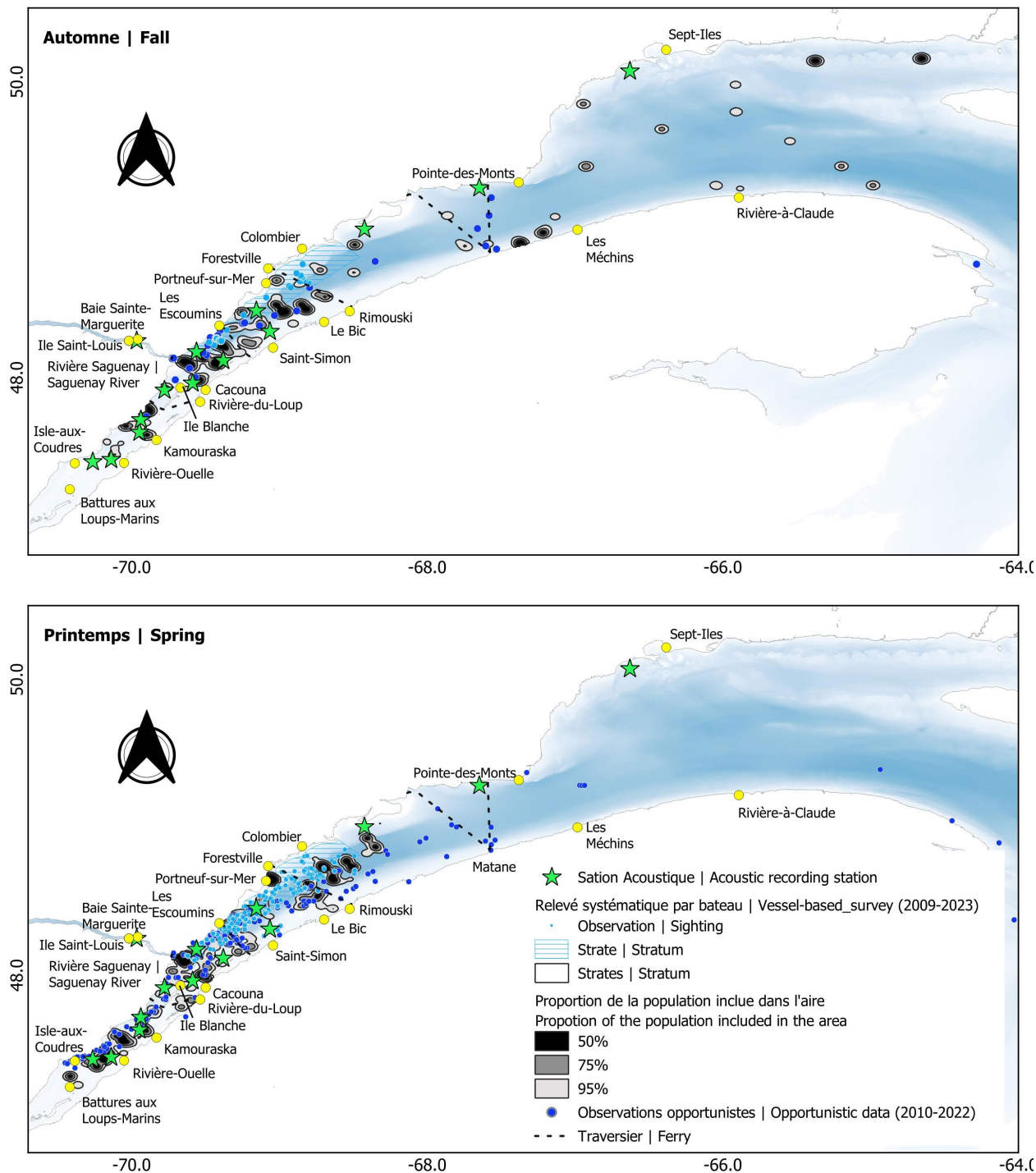


Figure 6. Répartition automnale (de novembre à décembre) et printanière (de janvier à mars) de la population de bélugas de l'ESL, d'après les meilleures données disponibles, y compris une analyse des noyaux des relevés aériens systématiques (de 2013 à 2022; Harvey et al. en prép.¹), les relevés systématiques à partir d'embarcation du MPO (de 2010 à 2023, voir p. ex. Mosnier et al. 2022), les observations opportunistes de diverses sources (voir la liste à la figure 3) et la surveillance acoustique passive (Simard et al. 2023). Voir les autres sources d'information dans le texte. L'utilisation saisonnière de la rivière Saguenay est présentée à la figure 5.

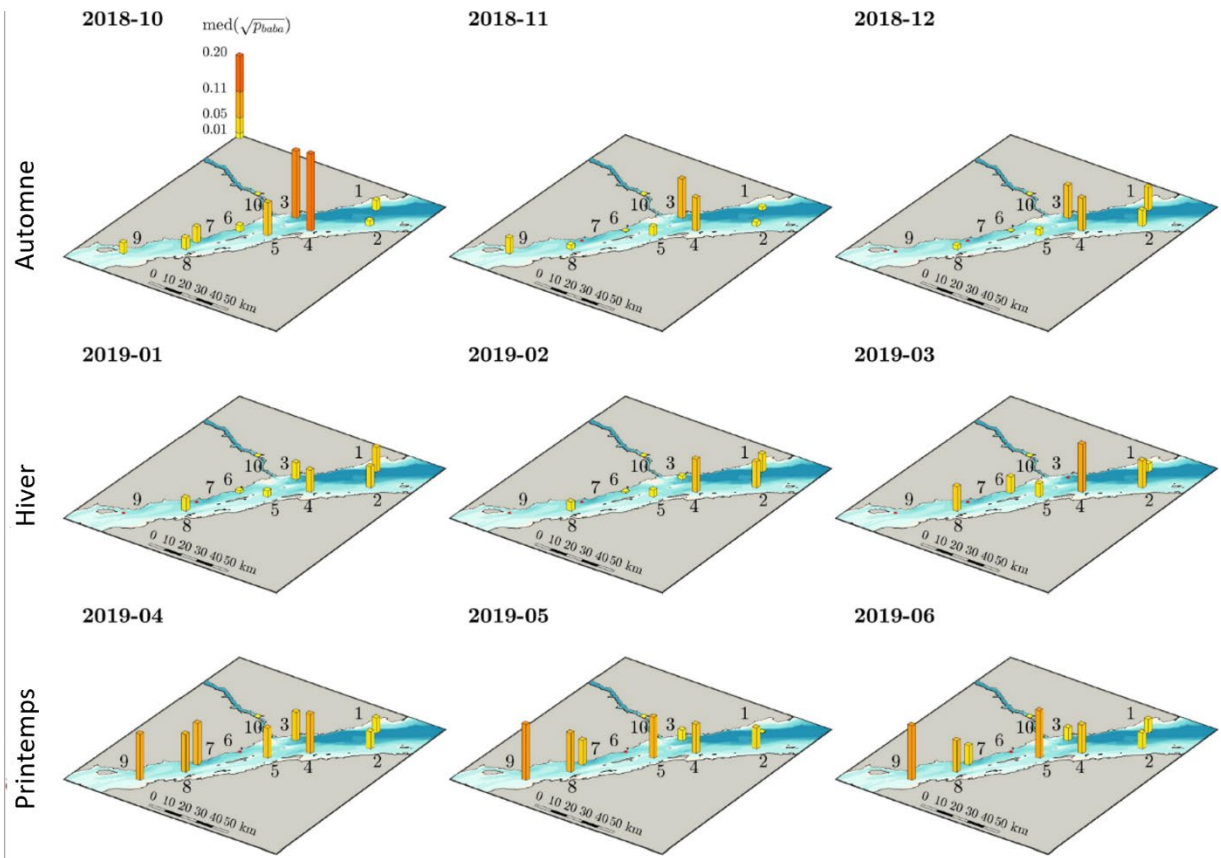


Figure 7. Données acoustiques (médiane mensuelle de l'indice de l'occurrence des vocalisations horaires) pour l'habitat d'importance saisonnière à l'automne, à l'hiver et au printemps (d'octobre à juin). D'après Simard et al. (2023).

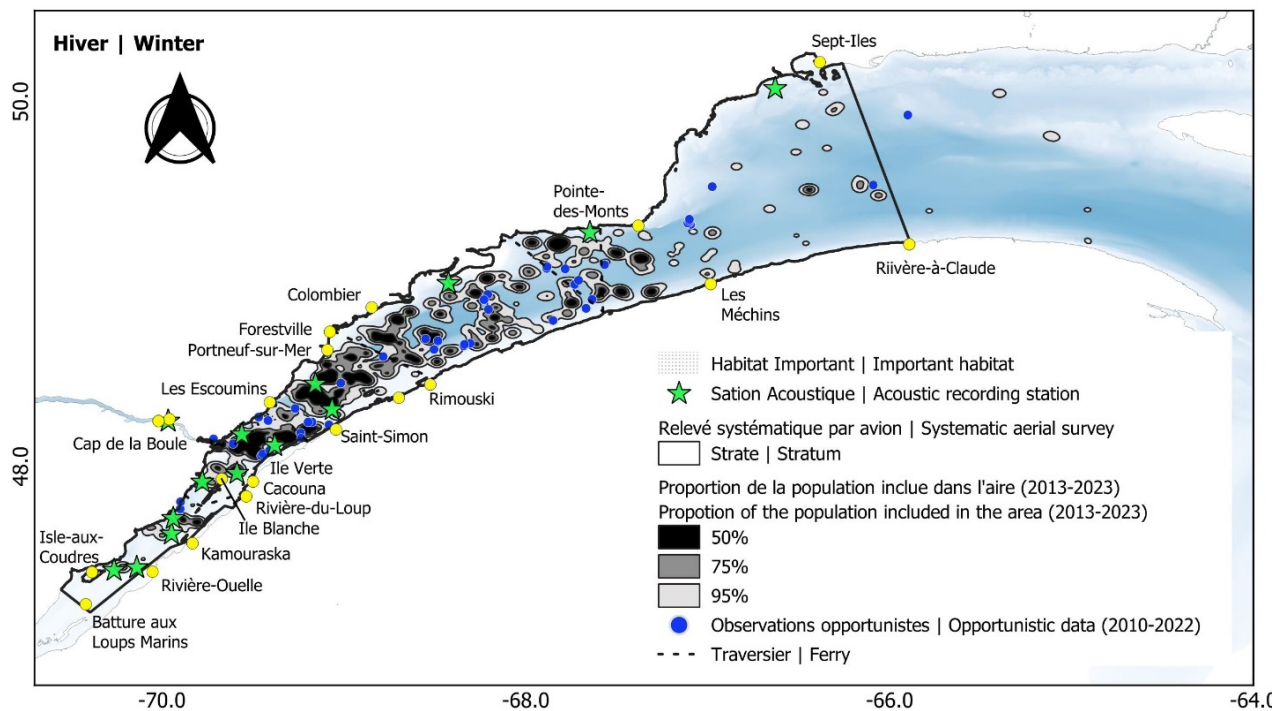


Figure 8. Habitat important pour le béluga de l'ESL entre janvier et mars (contour noir). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, le contour de l'habitat important correspond à la strate principale couverte par les relevés aériens systématiques. Voir l'habitat important par rapport à la zone des relevés dans la rivière Saguenay à la figure 5. L'identification est fondée sur les meilleures données disponibles, y compris une analyse des noyaux de 21 relevés aériens systématiques (de 2013 à 2023; Harvey *et al.* en prép.¹), les observations opportunistes de diverses sources (voir la liste à la figure 3) et la surveillance acoustique passive (Simard *et al.* 2023). Voir les autres sources d'information dans le texte.

Besoins en matière d'habitat

L'espèce

Le béluga est une espèce très adaptée aux milieux froids et infestés par la glace, où la couverture en hiver peut atteindre 70 %, et parfois dépasser 90 % (Barber *et al.* 2001; Suydam *et al.* 2001). Bien que la glace soit une caractéristique de l'habitat du béluga, au moins de façon saisonnière, la fonction spécifique de la glace dans son cycle biologique est incertaine. La glace de mer peut servir d'abri contre les tempêtes ou les prédateurs (p. ex. Matthews *et al.* 2020) et pourrait fournir des ressources alimentaires compte tenu des processus qui se déroulent à la lisière des glaces. La glace peut également limiter l'occupation de l'habitat par des concurrents potentiels comme les oiseaux de mer ou d'autres espèces de mammifères marins, au moins de façon saisonnière. On ne sait pas si le béluga pourrait survivre et se reproduire dans un environnement exempt de glace, en supposant qu'il demeure froid. Un modèle d'habitat à une échelle grossière inférant la qualité de l'habitat dans l'ensemble de l'aire de répartition du béluga indique que certaines populations auront perdu leur habitat hivernal convenable d'ici 2100 (Skovrind *et al.* 2021).

Le béluga utilise divers habitats de façon saisonnière et peut régulièrement plonger jusqu'à 500 ou 600 m, et jusqu'à 1 400 m ou plus dans certaines régions (p. ex. Storrie *et al.* 2022). Pendant l'été, les estuaires ou les embouchures des rivières sont une caractéristique importante de son habitat, car les individus de plusieurs populations se regroupent près de ce type de caractéristique, parfois en grand nombre (p. ex. Sergeant et Brodie 1975; examen dans

Mosnier *et al.* 2010; voir aussi Whalen *et al.* 2020). On ne sait toujours pas avec certitude pourquoi les bélugas se regroupent dans les estuaires et le but n'est peut-être pas unique ou constant d'un site à l'autre (examen dans Mosnier *et al.* 2010). Les fonctions potentielles sont un avantage thermique pour les veaux, l'alimentation, la mue et l'évitement de la prédation (Kleinenberg *et al.* 1964; Tomilin 1967; Sergeant 1973; Fraker *et al.* 1979; Finley 1982; St. Aubin *et al.* 1990; Frost et Lowry 1990; Watts *et al.* 1991; Boily 1995; Richard *et al.* 2001; mais voir Doidge 1990). L'espèce affiche une ségrégation selon le sexe et l'âge pendant l'été, les femelles et les juvéniles utilisant habituellement des eaux plus chaudes, moins profondes ou plus abritées que les mâles adultes (examen dans Michaud 2005; voir aussi Loseto *et al.* 2006). On ignore actuellement si cette ségrégation s'étend à d'autres saisons que l'été (voir Colbeck *et al.* 2013).

Un aspect important de l'espèce qui a une incidence sur ses besoins en matière d'habitat est la forte philopatrie et la fidélité au site dont témoigne le béluga à l'emplacement où il est né ou à certaines aires d'estivage (Caron et Smith 1990; Smith *et al.* 1994; Turgeon *et al.* 2012, O'Corry-Crowe *et al.* 2018; Bonnell *et al.* 2022; 2024). Les voies migratoires semblent transmises culturellement des individus plus âgés aux plus jeunes (Brown Gladden *et al.* 1997; Palsbøll *et al.* 2002; Turgeon *et al.* 2012; Colbeck *et al.* 2013, O'Corry-Crowe *et al.* 2018; 2020). De ce fait, les habitats présentant des caractéristiques semblables ne sont pas nécessairement utilisés ou connus de tous les individus d'une population. Autrement dit, la détérioration ou la destruction d'un habitat ne sera peut-être pas compensée par la colonisation d'un habitat semblable ou nouveau ailleurs, même s'il est disponible (voir Wade *et al.* 2012).

Les bélugas ont un régime alimentaire varié, composé d'espèces de poissons et d'invertébrés qui peuvent être benthiques ou pélagiques (p. ex. Kleinenberg *et al.* 1964; Seaman *et al.* 1982; Heide-Jorgensen et Teilmann 1994; Quakenbush *et al.* 2015). L'espèce est considérée comme opportuniste; plusieurs espèces sont souvent présentes simultanément dans leurs voies digestives. Cependant, les espèces importantes dans le régime alimentaire du béluga varient selon les populations et selon les saisons. Il convient également de noter que la période la plus importante pour l'alimentation et l'engraissement varie également entre les populations, probablement en raison de la disponibilité locale des proies. Étant donné que les proies ne sont pas toutes d'une qualité nutritionnelle semblable (voir Rosen 2009), quelques proies clés pourraient être cruciales pour l'engraissement et fournir l'énergie nécessaire pour donner naissance à un veau et réussir son sevrage (voir p. ex. la section sur les menaces).

Les bélugas sont appelés « canaris des mers », car ils ont un répertoire vocal très varié (Sjare et Smith 1986a; Faucher 1988). Ils utilisent des sons comme des sifflements ou des claquements pour communiquer entre eux et des clics émis à des fréquences plus élevées pour naviguer et se nourrir (Sjare et Smith 1986b). Ils ont donc besoin d'un environnement acoustique qui permet non seulement de détecter les signaux, mais aussi de les discriminer et de les reconnaître, ainsi que de communiquer confortablement (Erbe *et al.* 2016). On pense aussi que les bélugas recourent à l'écoute passive pour localiser leurs congénères et naviguer dans leur habitat. On manque généralement d'études fournissant une définition de ce qui constitue un environnement acoustique adéquat ou des seuils au-delà desquels l'exposition au bruit entraîne des effets nocifs, pour les mammifères marins et même pour les humains (p. ex. Chen et Ma 2020; Southall *et al.* 2021). Bien qu'il existe une foule d'études sur les effets potentiels des niveaux sonores ambiants élevés sur le comportement des mammifères marins, les études démontrant ces effets ou définissant les niveaux de bruit là où les effets se produisent sont plus rares et leurs résultats sont incohérents (Richardson *et al.* 1995; Southall *et al.* 2021). Les réactions comportementales sont souvent propres au contexte, ce qui pose des difficultés d'interprétation ou de généralisation (Hatch *et al.* 2012; Gómez *et al.* 2016; Southall *et al.* 2021). Il est encore plus difficile de transposer les réactions comportementales

individuelles en effets mesurables empiriquement, ou même en prédictions modélisées des effets, sur l'efficacité de la recherche de nourriture, la santé ou la reproduction, au niveau de l'individu ou de la population (voir Pirota *et al.* 2021; 2022; 2023; New *et al.* 2014). Les seuils au-dessus desquels le bruit peut causer des dommages auditifs, de façon temporaire ou permanente, sont mieux documentés, mais pas pour toutes les espèces et circonstances (voir Southall *et al.* 2007; 2019).

La population de bélugas de l'ESL

L'ESL, en particulier l'estuaire maritime (qui s'étend de l'embouchure de la rivière Saguenay à l'est jusqu'à Sainte-Anne-des-Monts/Les Méchins) et le nord-ouest du GSL, sont des zones très productives et offrent au béluga de l'ESL un environnement généralement froid toute l'année en raison des processus océanographiques locaux et des apports d'eaux froides riches en nutriments (Saucier *et al.* 2009). L'estuaire moyen offre des eaux particulièrement chaudes, peu profondes et saumâtres au béluga de l'ESL (Vladykov 1944; d'Anglejan et Smith 1973). L'ESL et le GSL sont couverts de glace saisonnière, ce qui peut avoir une incidence sur les déplacements des espèces proie du béluga et, par conséquent, pourrait réguler leur disponibilité pour le béluga (examen dans Mosnier *et al.* 2010). Néanmoins, compte tenu de la présence d'un grand nombre de phoques du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) dans l'estuaire maritime pendant l'hiver (Bailey *et al.* 1977; Anderson et Gagnon 1980; Murie et Lavigne 1991; Sergeant 1991), on peut penser que certaines proies, comme le capelan, demeurent abondantes dans la région tout au long de cette saison (voir Hammill *et al.* 2005).

Dans l'ESL et le nord-ouest du GSL, la profondeur du fond marin ne dépasse pas 400 m. Le béluga de l'ESL peut ainsi facilement atteindre le fond et les proies qui s'y trouvent. Son régime alimentaire historique a été décrit en détail dans les années 1930 à partir des contenus stomacaux obtenus dans le cadre de la récolte de bélugas (Vladykov 1946). Toutefois, le régime alimentaire contemporain demeure difficile à déterminer à l'aide des outils actuellement disponibles (examen dans Lesage 2014; Lesage *et al.* 2020). En général, les petits poissons pélagiques comme le capelan et le lançon, ainsi que probablement le hareng et l'éperlan, peuvent avoir une importance saisonnière pour le béluga de l'ESL. Les espèces de poissons démersaux comme la morue, la merluche et, plus récemment, le sébaste, sont probablement aussi des proies importantes, au moins à la fin de l'été et à l'automne (voir Vladykov 1946; Lesage 2014; Lesage *et al.* 2020). Bien que les données demeurent rares, plusieurs sources de données tirées des dossiers historiques, ainsi que la période du vèlage, laissent entendre que l'alimentation printanière pourrait être cruciale pour la population de l'ESL (examen dans Mosnier *et al.* 2010; Lesage *et al.* 2020; Lesage 2021). À cette période de l'année, des espèces comme le capelan et le hareng frayent et peuvent représenter des proies clés pour le béluga de l'ESL (voir p. ex. Lesage et Kingsley 1995; examen dans Lesage *et al.* 2020). À l'heure actuelle, on dispose de peu d'information sur les habitudes alimentaires des bélugas de l'ESL. Le béluga de l'ESL s'alimente probablement tout au long de l'année, mais d'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les habitudes saisonnières d'alimentation et d'engraissement selon l'âge.

On pense que la reproduction a lieu à la fin de l'hiver ou au début du printemps chez le béluga de l'ESL, d'après la durée de la gestation (environ 14,5 mois) et le pic de la période de vèlage (de la fin juin à la mi-août) (Sergeant 1986; Michaud 2007; Hill *et al.* 2024). Les observations de la reproduction ou de la mise bas chez le béluga sauvage sont extrêmement rares (Hill *et al.* 2024); pour le béluga de l'ESL, un seul cas de ce qui semble être une femelle en train de mettre bas a été signalé (Béland *et al.* 1990b). Il n'y a pas d'habitat de reproduction ou de mise bas clairement définis, et nous ne pouvons pas déterminer les caractéristiques des habitats associées à ces activités. Dans la dernière évaluation, l'habitat de mise bas a été considéré

comme équivalent à l'aire de répartition où les femelles et les veaux peuvent être vus pendant l'été, qui a ensuite été désigné comme habitat essentiel de la population (MPO 2012).

Étant donné que la répartition actuelle du béluga de l'ESL varie selon les saisons, mais qu'elle est surtout limitée à la partie estuarienne du réseau hydrographique du Saint-Laurent, nous pouvons affirmer que les bélugas utilisent cette région pour accomplir toutes leurs fonctions vitales importantes, comme la reproduction, le vèlage, le repos et l'alimentation. Dans cet habitat plus vaste, la ségrégation selon le sexe et l'âge typique de l'espèce a été documentée pour le béluga de l'ESL pendant l'été; les femelles accompagnées des juvéniles et des veaux utilisent principalement l'estuaire moyen, la partie sud de l'estuaire maritime et la rivière Saguenay, alors que les mâles adultes se tiennent essentiellement dans tout l'estuaire maritime et dans la rivière Saguenay (Michaud 1993; Ouellet *et al.* 2021). Une étude récente fondée sur un vaste ensemble de données sur le troupeau de bélugas (de 1989 à 2016) a confirmé la ségrégation selon l'âge et le sexe dans l'aire de répartition estivale de la population de juin à octobre (Ouellet *et al.* 2021), qui avait été établie à l'origine à partir d'un ensemble de données réduit des années 1980 et du début des années 1990 (Michaud 1993). Une certaine fidélité au site dans ces habitats selon le sexe ou l'âge a également été documentée récemment (Bonnell *et al.* 2022; 2024), rendant l'habitat accessible à des segments précis de la population qui pourraient être plus petits que ceux prévus en fonction de la répartition globale seulement.

Les bélugas de l'ESL n'utilisent pas les habitats disponibles dans leur aire de répartition de façon égale. Des secteurs où le regroupement est constant de juillet à septembre (figure 4; Harvey *et al.* en prép.¹) et des secteurs où la résidence est élevée de juin à octobre (Lemieux Lefebvre *et al.* 2012) ont été déterminés pour le béluga de l'ESL. Les secteurs déterminés à partir de ces deux sources de données sont très cohérents sur le plan spatial (voir Mosnier *et al.* 2010) et sont reliés par des corridors (Ouellet *et al.* 2021). La modélisation de l'habitat à l'aide des données sur la répartition à long terme et des caractéristiques environnementales n'a pas permis de déterminer les caractéristiques de l'habitat qui peuvent expliquer les profils d'occurrence des bélugas ou leur utilisation accrue de certains secteurs (Mosnier *et al.* 2016). Les changements bathymétriques et les caractéristiques océanographiques comme les masses d'eau, les fronts, les courants de marée tridimensionnels, la remontée et la plongée d'eau, de même que les tourbillons, sont probablement importants pour le regroupement de certaines proies des bélugas, comme les poissons pélagiques (Marchand *et al.* 1999; Simard *et al.* 2002), ou pendant leur transit entre les habitats (Ouellet *et al.* 2021). Cependant, l'absence de profils globaux des caractéristiques de l'habitat qui en déterminent l'utilisation n'est pas surprenante compte tenu de la diversité des proies qui peuvent être importantes pour le béluga (voir précédemment) et de l'hétérogénéité importante des caractéristiques de l'habitat associées aux regroupements de bélugas. Une importante mise en garde quant à la compréhension de l'utilisation de l'habitat, ainsi que des fonctions, des caractéristiques et des paramètres de l'habitat important pour le béluga de l'ESL est liée à la quasi-absence de données sur l'abondance des proies ou les changements de leur disponibilité (voir Mosnier *et al.* 2016).

Plusieurs des secteurs de résidence élevée ou de regroupement constant sont situés dans l'ESL et le nord-ouest du GSL, où il n'y a pas d'obstacle clair aux déplacements. Cependant, certains secteurs de résidence élevée se trouvent dans la rivière Saguenay (Michaud *et al.* 1990; Lemieux Lefebvre *et al.* 2012). Bien que rien n'indique que les multiples traversiers qui circulent 24 heures sur 24 à l'embouchure de la rivière Saguenay constituent un obstacle complet aux déplacements des bélugas qui remontent la rivière Saguenay ou la descendent, il n'y a pas non plus de preuve que leur exploitation n'a pas d'effet mesurable sur l'utilisation de cette partie de leur habitat.

L'environnement acoustique du béluga de l'ESL est loin d'être vierge, car il est soumis à un trafic maritime récurrent, dense à certains moments et à des endroits précis (Simard *et al.* 2010;

Aulanier *et al.* 2016; Chion *et al.* 2017; 2021; Chaire de recherche du MPO à l'ISMER-UQAR en acoustique marine appliquée à la recherche sur l'écosystème et les mammifères marins 2021). L'environnement acoustique du béluga de l'ESL est également hétérogène, avec des habitats généralement plus silencieux le long de la rive sud que le long de la rive nord, où la majeure partie du trafic maritime est concentrée (p. ex. McQuinn *et al.* 2011; Lesage *et al.* 2014b). Au confluent de la rivière Saguenay, où trois traversiers sont parfois exploités simultanément, les niveaux de bruit ambiant naturel (qui ont été définis comme équivalents à 96,1 dB re 1 μ Pa pour la bande de fréquences de 1 à 20 kHz) prévalaient < 10 % du temps au printemps et au début de l'été (Gervaise *et al.* 2012). Dans cette région, la portée potentielle des communications du béluga a également été réduite à un tiers de la portée disponible dans des conditions naturelles au moins la moitié du temps. L'embouchure de la rivière Saguenay est le secteur le plus bruyant de l'habitat du béluga (McQuinn *et al.* 2011), mais la portée potentielle de ses communications peut être considérablement réduite dans plusieurs autres secteurs de son habitat saisonnier (voir la figure 9; Simard *et al.* 2022). Bien que le bruit des bateaux et d'autres navires soit généralement le plus intense à basses fréquences, il peut également toucher la bande utilisée par les bélugas de l'ESL pour l'écholocation lorsqu'ils cherchent de la nourriture (Gervaise *et al.* 2012).

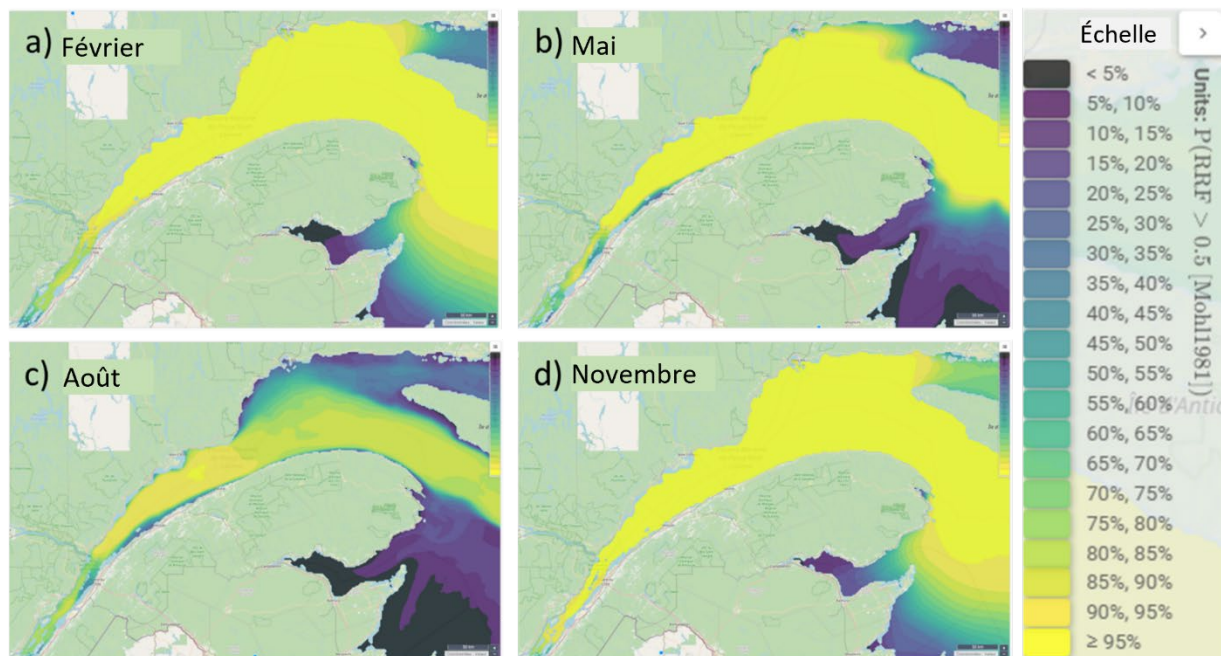


Figure 9. Probabilité mensuelle que le bruit des navires réduise de moitié la portée de détection acoustique et de communication à 2 kHz en a) février; b) mai; c) août et d) novembre. La valeur de 2 kHz est la fréquence dans la bande des communications pour le béluga (c.-à-d. de 200 Hz à 20 kHz) où le facteur de réduction de la portée était le plus important.

Étendue spatiale de l'habitat important

Dans le cadre du programme de rétablissement de 2012, l'habitat essentiel du béluga de l'ESL a été défini comme l'habitat où des femelles adultes accompagnées de juvéniles et de veaux étaient présentes de juin à octobre (MPO 2012; voir la figure 4, contour noir). Cet habitat englobait les eaux de la rivière Saguenay jusqu'à l'île Saint-Louis, tout l'estuaire moyen à l'est des Battures aux Loups Marins, ainsi que la partie sud de l'estuaire maritime vers l'est jusqu'à proximité de Saint-Fabien-sur-Mer (juste à l'ouest de Saint-Simon) et de Portneuf. Étant donné que les données sur l'utilisation de l'habitat en dehors de cette période étaient insuffisantes, il

n'a pas été possible de répartir l'habitat essentiel par saison et il était considéré comme minimal en attendant la collecte de données supplémentaires (MPO 2012).

Dans la dernière évaluation (Mosnier *et al.* 2010), la limite amont de l'habitat important dans la rivière Saguenay a été établie à partir d'une combinaison de relevés aériens et par bateau; ces derniers ont révélé certains profils de recherche restreints à une zone typiques du comportement d'alimentation dans les environs de l'île Saint-Louis (voir la figure 4, contour noir). Aucun renseignement supplémentaire ne permet de penser que cette limite devrait être modifiée (figure 4). De même, seuls de légers changements à la limite de l'habitat important dans l'estuaire moyen ont été jugés justifiés pour tenir compte des observations opportunistes répétées de bélugas dans le chenal au nord de L'Isle-aux-Coudres (figure 4). D'après les relevés aériens d'été, il se peut que les habitats situés dans la partie aval de l'aire d'été aient été utilisés plus intensivement ces dernières années (voir la section précédente; Harvey *et al.* en prép.¹). Cette extension de l'utilisation de l'habitat s'applique aux femelles et aux veaux (Harvey *et al.* en prép.¹) et peut-être à d'autres segments de la population, et justifie donc l'extension de l'habitat important du béluga de l'ESL le long de la rive sud pour inclure les habitats de l'estuaire maritime au moins jusqu'à Rimouski / Colombier, voire plus à l'est (figure 4). Les données sont également suffisantes pour exclure de l'habitat estival important les eaux peu profondes le long des rives nord et sud de l'estuaire maritime (voir la figure 4). L'habitat important des mâles adultes chevauche peu celui des femelles dans les eaux plus profondes du chenal Laurentien (Ouellet *et al.* 2021). Cet habitat presque exclusif aux mâles adultes est considéré comme un habitat important pour la population (figure 4), car il donne accès à d'autres habitats d'alimentation et à des espèces proie dans un contexte où les ressources alimentaires pourraient être limitées. Les mâles, quand ils se trouvent dans cet habitat, ont également peu de possibilités d'agresser les femelles et leurs veaux, un comportement documenté dans d'autres secteurs de l'aire estivale (R. Michaud, GREMM, données non publiées).

Des quantités considérables de nouvelles données ont été acquises pour l'automne, l'hiver et le printemps. L'habitat qui pourrait être important pour le béluga de l'ESL est présenté ci-après pour les trois saisons. Cependant, les données n'ont été jugées suffisantes pour caractériser spatialement cet habitat que pour l'hiver, mais pas suffisamment pour être propres à des classes d'âge ou de sexe précises (voir la figure 8). En général, les relevés aériens saisonniers ont mis en évidence l'utilisation continue du cours inférieur de la rivière Saguenay (jusqu'au cap de la Boule) au moins pendant les mois d'automne et d'hiver (figure 5). Bien que le béluga ait été détecté dans les cours inférieur et supérieur de la rivière Saguenay pendant les relevés printaniers, il faut plus de données pour évaluer complètement l'importance de la rivière Saguenay pour le béluga de l'ESL à cette période de l'année.

En octobre (figure 7) ou au moins en novembre et décembre (figure 6), les habitats de l'estuaire moyen perdent de leur importance en faveur de ceux qui sont situés dans l'estuaire maritime. Cependant, le béluga continue d'utiliser des habitats dans l'estuaire moyen, à l'est de La Malbaie / Kamouraska, bien qu'il se concentre principalement dans l'estuaire maritime, au moins jusqu'à Pointe-à-Michel / Les Méchins, à l'automne, et qu'il soit aussi présent dans le nord-ouest du GSL (tableau 1).

Pendant l'hiver, l'estuaire maritime demeure l'habitat le plus important pour le béluga de l'ESL, mais la répartition s'étend jusqu'à sa limite est et au-delà de celle-ci dans le nord-ouest du GSL, au moins jusqu'à Sept-Îles / Rivière-à-Claude (figures 7 et 8; tableau 1; Harvey *et al.* en prép.¹). Pour l'hiver, l'information a été jugée insuffisante pour exclure les eaux peu profondes de l'estuaire maritime de l'habitat important pour le béluga de l'ESL. La rivière Saguenay jusqu'au cap de la Boule est également considérée comme faisant partie d'un habitat important, étant donné que cette zone continue probablement de servir à l'alimentation. Comme à l'automne,

une partie de la population continue d'utiliser les habitats de l'estuaire moyen pendant l'hiver, en particulier ceux situés à l'est de La Malbaie / Kamouraska, bien que le béluga soit encore signalé jusqu'à L'Isle-aux-Coudres à cette période de l'année (figure 8; Harvey *et al.* en prép.¹). La limite amont de cet habitat important n'a donc pas été modifiée pour la saison hivernale. Une augmentation de l'effort de relevé hivernal pourrait aider à déterminer l'uniformité de l'utilisation de l'habitat dans le secteur amont de l'estuaire moyen et dans le nord-ouest du GSL.

Au printemps, probablement à partir du mois de mars, selon les données acoustiques (figure 7; Simard *et al.* 2023), l'estuaire moyen à partir des Battures aux Loups Marins semble revêtir une importance particulière pour la population (Harvey *et al.* en prép.¹; Simard *et al.* 2023). La partie la plus à l'ouest de l'estuaire moyen est celle où plusieurs zones de forte densité et les occurrences les plus élevées des vocalisations sont documentées à cette période de l'année (figures 6 et 7; Simard *et al.* 2023; Harvey *et al.* en prép.¹). Cela concorde avec les données historiques indiquant une présence accrue des bélugas à Rivière-Ouelle et près de L'Isle-aux-Coudres, sans doute en raison de la fraie du capelan et de l'éperlan dans ces secteurs, qui offre des possibilités de chasse aux bélugas (Casgrain 1873; Vladykov 1944). Néanmoins, la partie est de l'estuaire maritime, au moins jusqu'à Pointe-à-Michel / Le Bic, est également encore utilisée par une portion non négligeable de la population, dont une petite partie est toujours présente dans le nord-ouest du GSL (figure 6).

Fonctions, caractéristiques et paramètres de l'habitat important

Selon la « Directive pour la désignation de l'habitat essentiel des espèces aquatiques en péril » (MPO 2015), une **fonction** est un processus du cycle de vie qui se déroule dans l'habitat essentiel (p. ex. croissance, alevinage, alimentation et migration). Chaque fonction est le résultat d'une ou de plusieurs **caractéristiques**, qui constituent les composantes structurelles de l'habitat essentiel. Les caractéristiques peuvent changer au fil du temps et sont généralement composées d'un ou de plusieurs paramètres. Les **paramètres** sont les propriétés ou les attributs mesurables de la caractéristique. Ensemble, les paramètres permettent à la caractéristique de soutenir la fonction.

On a observé ou présumé que les bélugas de l'ESL présentent divers comportements ou mènent des activités importantes comme l'alimentation, la socialisation, le repos, le vèlage, l'allaitement et le déplacement/la navigation pendant l'été. Ces activités, sauf le vèlage, se poursuivent probablement l'automne, l'hiver et au printemps. L'accouplement a sans doute lieu en mars-avril chez le béluga de l'ESL (Hill *et al.* 2024) et pourrait donc se produire n'importe où dans l'aire d'hiver ou de printemps de la population.

Les fonctions, les caractéristiques et les paramètres de l'habitat important ont été définis en termes généraux dans le cadre de l'exercice de désignation de l'habitat essentiel en 2012 (MPO 2012). Le comportement de recherche restreint à une zone a été documenté dans divers secteurs de la répartition estivale des bélugas de l'ESL, notamment dans la rivière Saguenay (Lemieux Lefebvre *et al.* 2012). La recherche restreinte à une zone est souvent un signe d'alimentation (Fauchald et Tveraa 2003), mais elle peut également être associée à d'autres comportements comme la socialisation, le vèlage, etc. Peu de renseignements supplémentaires sont disponibles pour préciser la caractérisation de l'habitat ou pour confirmer les fonctions liées aux comportements de recherche restreinte à une zone observés, soit pour la période de juin à octobre, soit pour d'autres saisons (voir le tableau 2). Par exemple, les bélugas peuvent rencontrer des températures de l'eau allant du point de congélation à plus de 16 degrés Celsius dans le Nord (Leatherwood *et al.* 1988; Smith *et al.* 1994), mais on ignore leur tolérance pour des séjours prolongés dans des eaux chaudes. Le béluga peut également résister à des concentrations de glace allant jusqu'à 10/10 (Barber *et al.* 2001; Suydam *et al.* 2001), mais on ne sait pas s'il pourrait persister dans un environnement complètement libre de glace à long

terme. Les seuls renseignements supplémentaires disponibles à l'heure actuelle concernent la détermination des corridors reliant les habitats estivaux très utilisés (Ouellet *et al.* 2021). De ce fait, la liste des caractéristiques et des paramètres (tableau 2) est probablement incomplète et, pour la plupart des caractéristiques, les données sont également insuffisantes pour étayer la définition des paramètres quantitatifs.

Tableau 2. Fonctions, caractéristiques et paramètres de l'habitat importants pour le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent.

Saison	Lieu	Fonctions	Caractéristiques	Paramètres
Juin à octobre	Estuaire moyen (depuis les Battures aux Loups Marins), rivière Saguenay (jusqu'à l'île St-Louis), estuaire maritime (est jusqu'à Rimouski / Colombier)	Mise bas, allaitement, alimentation, élevage des jeunes, repos, socialisation, connectivité de l'habitat, communication, navigation	Eaux chaudes, relativement peu profondes et abritées Plage de température de l'eau appropriée	Profondeur < 100 m Du point de congélation à 16 degrés Celsius (au moins pendant de courtes périodes)
Janvier à mars	Estuaire moyen (depuis les Battures aux Loups Marins), rivière Saguenay (jusqu'au Cap de la Boule), estuaire maritime (est jusqu'à Sept-Îles / Rivière-à-Claude)	Accouplement, allaitement, alimentation, élevage des jeunes, repos, socialisation, connectivité de l'habitat, communication, navigation	Couverture de glace appropriée Plage de température de l'eau appropriée	Minimum inconnu; peut se produire dans les eaux où les concentrations de glace de mer atteignent 10/10 Du point de congélation à 16 degrés Celsius (au moins pendant de courtes périodes)
Toute l'année	-	-	Sources de nourriture Qualité de l'eau Environnement acoustique approprié Espace physique comprenant toute la colonne d'eau Refuge contre les prédateurs Processus océanographiques menant à une remontée d'eaux	Proies (p. ex. capelan, hareng de l'Atlantique, lançon, éperlan arc-en-ciel, sébaste, morue, merluche) en qualité et quantité suffisantes Concentrations des contaminants chimiques dans les sédiments, les proies et le béluga inférieures au seuil des effets sur la santé Niveaux sonores ambiants naturels assurant l'intégrité de l'espace acoustique

Saison	Lieu	Fonctions	Caractéristiques	Paramètres
			froides riches en minéraux et très productives, y compris des fronts où les proies sont concentrées	

ÉLÉMENTS 8, 9, 10 ET 11 : MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS

Les bélugas de l'ESL sont exposés à différentes menaces anthropiques, qui sont décrites en détail dans de récents rapports (MPO 2012; 2020; en prép.²; COSEPAC 2014; Lesage 2018; 2021). La liste détaillée des sources potentielles des diverses menaces recensées a également été produite dans une évaluation des menaces menée par le COSEPAC à la suite de l'examen et du rapport de 2014 (disponible directement auprès du COSEPAC). Un bref aperçu de chaque menace, y compris les sources d'incertitude, est présenté ci-après.

Les menaces cernées dans le tout premier programme de rétablissement du béluga de l'ESL, publié en 1995 (Bailey et Zinger 1995), ont peu changé au fil du temps, bien que l'évaluation de leur gravité ait été mise à jour avec l'acquisition de nouvelles données scientifiques. Dans les examens les plus récents, dont la dernière évaluation du COSEPAC (2014), les menaces suivantes étaient les plus préoccupantes : 1) l'exposition chronique à des niveaux élevés de substances toxiques; 2) la perturbation des activités des bélugas et la détérioration de l'environnement acoustique associée aux projets de développement maritime et au trafic maritime; 3) la réduction de l'abondance, de la qualité et de la disponibilité des ressources alimentaires causée par la pêche, les changements climatiques ou la concurrence accrue; et 4) les autres pertes ou dégradations d'habitats (p. ex. dues à la mise en place d'infrastructures côtières ou maritimes, aux opérations de dragage, à l'introduction d'espèces exotiques). La récolte, qui était une menace dans le passé, n'est pas davantage prise en compte dans ce document, car elle a été interdite en 1979 en vertu de la *Loi sur les pêches* du Canada. Les risques posés par chacune de ces menaces sont évalués (tableau 3); les principales sources anthropiques de ces menaces sont également présentées (tableau 4).

L'examen de 2013 de la situation des bélugas de l'ESL (MPO 2014b) a révélé une augmentation soudaine de la mortalité des femelles liée à la gestation et de la mortalité des nouveau-nés chez les veaux à partir de 2010 (Lesage *et al.* 2014a; Lair *et al.* 2014). À l'époque, cette tendance avait été attribuée à trois causes potentielles (voir l'examen complet dans Lesage 2021). Premièrement, le dichloroéthane polybromé (PBDE), une substance toxique qui peut causer des complications lors de la mise bas chez les femelles adultes (voir Lair *et al.* 2014 et les références qu'il contient), avait augmenté de façon exponentielle chez le béluga et son environnement dans les années 1990, et était depuis à un maximum historique dans les tissus du béluga (Lebeuf *et al.* 2014; Simond *et al.* 2017). Depuis 2000 environ, on a également observé une augmentation des activités d'écotourisme ciblant directement le béluga dans son habitat essentiel, qui pourraient avoir des effets perturbateurs sur la mise bas et l'allaitement (Ménard *et al.* 2014; Lair *et al.* 2016). Enfin, on soupçonne qu'un changement dans la structure de l'écosystème à la suite de l'effondrement des stocks de poissons de fond dans les années 1990 et du réchauffement inhabituel de l'écosystème qui a commencé vers 2000, a eu une incidence sur la disponibilité de la nourriture du béluga de l'ESL (Plourde *et al.* 2014; Lesage 2021). Le réchauffement des eaux et la réduction persistante de la couverture de glace saisonnière associée à ce changement environnemental, surtout depuis 2010, ont probablement rendu l'écosystème du Saint-Laurent moins propice à une espèce arctique comme le béluga (Plourde *et al.* 2014, Galbraith *et al.* 2023).

Le plus récent examen de la situation (en 2023) indique que l'augmentation de la mortalité chez les femelles gestantes et les nouveau-nés, notée depuis 2010, s'est poursuivie au moins

² DFO. 2024. Action plan for the Beluga Whale (*Delphinapterus leucas*), St. Lawrence Estuary population in Canada. Species at Risk Act Action Plan series. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa. En préparation.

jusqu'en 2022 (Lesage 2021; Tinker *et al.* 2024; Larrat *et al.* en révision³). Les conditions extrêmement chaudes observées depuis 2010 ont également persisté (Galbraith *et al.* 2023). La coïncidence des dates et la persistance simultanée des deux phénomènes montrent que les conditions environnementales extrêmes sans précédent documentées depuis 2010 sont une cause probable de l'augmentation de la mortalité chez les femelles adultes et les veaux. Cependant, on ne comprend pas entièrement les mécanismes menant aux taux de mortalité élevés observés chez les femelles et les veaux et ils pourraient être indirects, p. ex. résulter d'effets sur l'état corporel des femelles adultes et sur le succès de la reproduction (Lair *et al.* 2016; Lesage 2021). Une étude des réserves de graisse des bélugas de l'ESL semble indiquer une détérioration de l'état corporel des bélugas de l'ESL entre 1998 et 2016 (Bernier-Graveline *et al.* 2021), accompagnée d'un changement de la composition du régime alimentaire (Lesage 2014). Chez d'autres mammifères, comme les vaches, le stress nutritionnel pendant le dernier semestre de la gestation augmente le risque de complications associées à la mise bas (Gruner 1973). Cependant, l'existence d'un stress nutritionnel à la fin de la gestation ou d'un lien entre une détérioration possible de l'état de santé des femelles gestantes et l'augmentation observée de la mortalité des veaux et des complications liées à la gestation chez les femelles, reste à établir (Lair *et al.* 2016).

Un changement dans la disponibilité de la nourriture pourrait entraîner une détérioration de l'état corporel. On soupçonne que certaines espèces proie et certaines périodes d'alimentation sont critiques pour les femelles gestantes et allaitantes (Lockyer 1986; Jönsson 1997; Miller *et al.* 2011). Chez les bélugas en captivité, par exemple, l'apport alimentaire augmente de 1,5 à 4 fois par rapport à l'apport normal à la fin de la gestation et dans les premiers mois de lactation (Kastelein *et al.* 1994). Étant donné que la période de naissance des bélugas de l'ESL va de la fin juin au mois d'août (Sergeant 1986; Michaud 2007), la fin de la gestation interviendrait au printemps. Les rapports depuis les années 1800 décrivent le béluga de l'ESL comme une espèce qui accumule rapidement de la graisse au printemps (Casgrain 1873; Vladykov 1944). Ces observations concordent avec le fait que le printemps est une période d'alimentation critique pour cette population et soulignent l'importance d'une disponibilité adéquate de la nourriture à cette période de l'année et jusqu'en août-septembre (voir Lesage *et al.* 2020; Lesage 2021). Une meilleure compréhension de l'énergétique et du régime alimentaire saisonnier du béluga de l'ESL, ainsi que de la disponibilité et de la qualité des proies dans son habitat, aiderait à identifier les espèces clés selon la saison pour le béluga de l'ESL et à vérifier l'hypothèse d'une pénurie de nourriture.

Une détérioration de l'état corporel peut également découler uniquement d'une augmentation de la dépense énergétique, et donc pas nécessairement d'une réduction de l'apport énergétique ou d'une pénurie de nourriture. Par exemple, une carence nutritionnelle peut résulter de réactions répétées d'évitement à la proximité des navires ou d'une réduction de l'efficacité de la recherche de nourriture induite par le bruit (Lusseau et Bejder 2007; Christiansen *et al.* 2015; Pirotta *et al.* 2015; Senigaglia *et al.* 2016; John *et al.* 2024). Dans des conditions alimentaires limitées ou pour les femelles ayant un veau dépendant, la capacité d'un individu à faire face à ces agents de stress pourrait être réduite davantage (p. ex. Williams et Loren 2009; Senigaglia *et al.* 2016). Par conséquent, bien qu'un effet d'origine alimentaire puisse être une explication très plausible de l'état corporel moins bon (Bernier-Graveline *et al.* 2021) et de la situation démographique actuelle du béluga de l'ESL, d'autres agents de stress peuvent également

³ Larrat, S., Lesage, V., Lair, S., Michaud, R. 2024. Relationship between nutritional condition and causes of death in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada. Soumis pour publication.

contribuer aux défis auxquels cette population fait face dans son environnement changeant (Lesage 2021).

Récemment, une hypothèse concurrente pour l'augmentation de la mortalité liée à la gestation chez les femelles (et les veaux nouveau-nés) a émergé (C. Sauvé, MPO, comm. pers.) et méritera d'être examinée attentivement. L'écosystème de l'ESL connaît des conditions particulièrement chaudes depuis 2010. Les bélugas sont probablement mieux adaptés à un environnement froid qu'à un environnement extrêmement chaud. On ne peut donc exclure le fait que certaines femelles qui ont un travail particulièrement intense ou prolongé ont pu mourir d'une rhabdomyolyse provoquée par l'effort ou d'autres conditions physiologiques causées par une défaillance de la thermorégulation pendant la mise bas.

Menaces

Polluants (air, eau, sédiments, proies) – La population de bélugas de l'ESL vit en aval des Grands Lacs et d'autres régions fortement industrialisées. Bien que certaines espèces proie du béluga migrent de ces zones et, par conséquent, agissent probablement comme des vecteurs de contamination, les polluants pénètrent généralement dans l'habitat du béluga par l'eau et les sédiments transportés depuis les habitats en amont, et par les bélugas eux-mêmes lorsqu'ils ingèrent leurs proies.

Le programme de rétablissement du béluga de l'ESL de 2012 présente un examen très complet des principaux types de contaminants auxquels le béluga de l'ESL est ou a été exposé au cours des dernières décennies (voir l'annexe 2 dans MPO 2012). Parmi ces composés, on trouve plusieurs polluants organiques persistants très préoccupants pour le béluga de l'ESL, comme les biphényles polychlorés (BPC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les PBDE, ainsi que certains métaux comme le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd). Bien que les HAP et les BPC aient été r glement s avant que des préoccupations soient soulevées au sujet de leurs effets potentiels sur les bélugas de l'ESL, d'autres composés toxiques ont été introduits dans l'environnement dans les dernières décennies. Certains d'entre eux, comme les BPDE et les paraffines chlorées, ont depuis été r glement s. D'autres, toutefois, comme les substituts aux PBDE, les antioxydants industriels et les absorbeurs UV, de même que plusieurs classes de substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), demeurent en grande partie non r glement s et ont été décelés à des niveaux préoccupants chez le béluga de l'ESL (Simond *et al.* 2017; 2023; Barrett *et al.* 2021; Blouin *et al.* 2022). Des données sont disponibles sur les tendances à long terme pour certains de ces composés chimiques chez le béluga de l'ESL ou son habitat (p. ex. les BPC et les PBDE), mais ces données sont beaucoup plus rares pour les HAP et la plupart des métaux.

Bon nombre de ces substances chimiques ont des effets nocifs sur la reproduction et le développement, ainsi que sur les systèmes endocrinien et nerveux d'un éventail d'espèces (p. ex. Costa *et al.* 2014; Yu *et al.* 2015), ou peuvent provoquer un changement du microbiome cutané (Jia *et al.* 2022). Les métaux comme le Hg, le Cd et le Pb peuvent être particulièrement nocifs, car ils peuvent endommager la fonction immunitaire (Wong *et al.* 1992; Bernier *et al.* 1995; De Guise *et al.* 1996). En général, cependant, les renseignements sur de nombreuses substances chimiques sont largement insuffisants pour les niveaux auxquels des effets nocifs sont observés chez le béluga ou d'autres cétacés. Toutefois, les concentrations de certains contaminants toxiques préoccupants (les BPC et les PBDE) chez les bélugas de l'ESL approchent ou dépassent les seuils d'effets sur la santé des mammifères marins (Noël et Brown 2021). De plus, les concentrations des BPC, des PBDE, des pesticides organochlorés et de leurs sous-produits, ainsi que de certains nouveaux ignifugeants halogénés ont été corrélées avec les concentrations d'hormones ou l'expression génétique liée à la thyroïde et aux st ro ides, et certains ont également une incidence sur le métabolisme des lipides (Simond *et al.*

2019; 2020; 2022; Jolicœur *et al.* 2024). Certains sont également soupçonnés d'induire l'immunosuppression et d'être responsables de la gravité, de la prévalence élevée et de la diversité des lésions observées chez les bélugas de l'ESL (De Guise *et al.* 1994; 1995; 1996; Martineau *et al.* 1994; De Guise 1998; Lair *et al.* 2016). Les HAP, en particulier, provenant des alumineries, ont été soupçonnés d'être responsables des taux élevés de cancer documentés chez la population de bélugas de l'ESL (Martineau *et al.* 2002). Une étude récente des adduits HAP-ADN dans l'intestin du béluga a confirmé cette hypothèse (Poirier *et al.* 2019). La diminution observée de l'incidence de la néoplasie chez les bélugas de l'ESL nés après 1971 (Lair *et al.* 2016), aucun cas n'ayant été signalé depuis 2011 (S. Lair, comm. pers.), parallèlement à la cessation des émissions de HAP en 1976, étaye fortement une telle relation. L'interdiction des BPC en 1979, qui a réduit les charges de BPC chez les bélugas au fil du temps (Lebeuf *et al.* 2014), pourrait également avoir contribué à la disparition observée de certaines maladies néoplasiques (Martineau *et al.* 2002; Lair *et al.* 2016). Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que les mesures réglementaires visant à réduire les rejets de substances toxiques et l'exposition des bélugas à ces substances peuvent avoir des effets mesurables sur la santé des bélugas.

Perturbations acoustiques et physiques – Les effets potentiels d'une exposition chronique à des niveaux de bruit élevés et à des perturbations répétées des activités normales des mammifères marins sont une préoccupation à l'échelle mondiale (Clark *et al.* 2009; Boyd *et al.* 2011; Williams *et al.* 2015). Le masquage des vocalisations et des signaux acoustiques importants, la réduction de l'espace acoustique, le détournement de l'attention, la perturbation du comportement naturel, l'accoutumance (c.-à-d. surdité acquise) et le stress chronique peuvent interférer avec les activités normales (Clark *et al.* 2009; Erbe *et al.* 2016; 2019), limiter l'énergie et le temps consacrés aux activités critiques comme l'alimentation ou nuire aux interactions sociales (Tyack et Clark 2000). Diverses sources anthropiques peuvent avoir de tels effets, notamment la navigation, les opérations des traversiers, l'observation des baleines, la navigation de plaisance (motorisée ou non), les activités de recherche et les projets de développement maritime. Des études récentes indiquent que l'interférence n'est pas seulement liée au bruit émis, mais qu'elle peut aussi découler de la présence physique de ces sources (Pirotta *et al.* 2015). Les menaces posées par le bruit et les perturbations physiques pour les bélugas de l'ESL sont examinées en détail ailleurs (MPO 2018; 2020; Lesage 2021) et ne sont résumées que brièvement ici. En général, cependant, les séquences des effets de l'exposition au bruit vers des impacts mesurables sur la santé, la reproduction ou la survie demeurent mal comprises. L'évaluation des effets à long terme à partir de mesures (souvent) à court terme sur les espèces soumises à de multiples agents de stress pose de nombreux défis (voir Pirotta *et al.* 2015; 2019; 2022; 2023; Williams *et al.* 2006).

Le trafic maritime et les autres activités ou infrastructures nautiques ont des effets démontrés sur les bélugas de l'ESL. Il a été prouvé que les niveaux élevés de bruit réduisent l'espace acoustique des bélugas de l'ESL ou masquent leurs vocalisations dans des secteurs comme le chenal Laurentien, l'embouchure de la rivière Saguenay ou leur habitat dans ces zones (p. ex. figure 8; Gervaise *et al.* 2012; Vergara *et al.* 2021). Par exemple, dans un habitat clé pour le béluga de l'ESL (baie Sainte-Marguerite, dans la rivière Saguenay), on a constaté que le bruit des navires réduisait la portée des communications des adultes et des sous-adultes d'une médiane de 6,7 km à 2,9 km, et celle des nouveau-nés d'une médiane de 360 m à 170 m (Vergara *et al.* 2021). Des constatations semblables indiquant le masquage partiel ou complet des vocalisations de communication courantes ont également été documentées pour les bélugas de Cook Inlet exposés à des navires commerciaux (Brewer *et al.* 2023). Il a également été démontré que le trafic maritime, y compris les activités d'observation des baleines, modifie le comportement vocal et les habitudes de plongée des bélugas de l'ESL (Blane et Jackson 1994; Lesage *et al.* 1999; Scheifele *et al.* 2005), avec des réactions à grande vitesse aux

perturbations qui réduisent de façon marquée la capacité d'immersion prolongée de la baleine (John *et al.* 2024). Bien que les perturbations chroniques puissent influencer sur l'utilisation de l'habitat, on ne les observe pas aussi fréquemment. Toutefois, on soupçonne fortement que l'abandon de la baie Tadoussac par les bélugas de l'ESL après la construction de la marina est la conséquence des perturbations causées par l'augmentation du trafic maritime et l'exposition au bruit (Pippard 1985).

Le fleuve Saint-Laurent représente la principale voie maritime jusqu'à l'intérieur de l'Amérique du Nord et plusieurs milliers de navires transitent chaque année par l'habitat du béluga de l'ESL (Simard *et al.* 2010). Ce trafic, combiné à différents traversiers et à l'industrie de l'observation des baleines qui génère des millions de dollars et qui est également exploitée toute l'année ou de façon saisonnière dans cette région, accroît de façon chronique les niveaux de bruit ambiant dans l'habitat du béluga de l'ESL (Simard *et al.* 2010; McQuinn *et al.* 2011; Simard *et al.* 2014; Gervaise *et al.* 2015). L'exposition des bélugas à ces activités et au bruit qu'elles génèrent varie selon les saisons et les habitats. Le trafic maritime et les activités d'écotourisme axées sur les bélugas (même si ces dernières sont interdites) culminent en juillet et en août, lorsque les bélugas de l'ESL donnent naissance (Sergeant 1986). Les niveaux de bruit et le trafic maritime sont actuellement les plus élevés près de la voie de navigation et à l'embouchure de la rivière Saguenay, où se trouvent une marina et la plupart des entreprises d'observation des baleines (McQuinn *et al.* 2011). L'exposition au bruit est la plus faible dans les habitats situés le long de la rive sud, où la circulation de toutes les sources est actuellement faible (McQuinn *et al.* 2011; Lesage *et al.* 2014b; Roy et Simard 2015). Cependant, les entreprises d'observation de la nature qui ciblent particulièrement le béluga, ainsi que les activités récréatives, ont augmenté dans l'habitat essentiel du béluga de l'ESL le long de la rive sud de l'estuaire moyen (Ménard *et al.* 2014), et certaines interactions entre un béluga et un bateau ont mené à des poursuites judiciaires de la part du MPO. Des initiatives comme la Stratégie maritime du gouvernement du Québec (maintenant Avantage Saint-Laurent : [Avantage Saint-Laurent – Transports et Mobilité durable Québec \(gouv.qc.ca\)](https://www.gouv.qc.ca/avantage-saint-laurent)) ou l'exploitation minière dans le cours supérieur de la rivière Saguenay (p. ex. MPO 2018) vont sans doute intensifier le trafic actuel en raison des nouveaux aménagements portuaires et augmenter les niveaux de bruit ambiant dans ces secteurs plus silencieux de l'habitat essentiel du béluga de l'ESL.

Perturbation ou destruction de l'habitat – L'abandon de la baie Tadoussac après la construction de la marina est un exemple de destruction potentielle de l'habitat. La construction de barrages sur la rivière Manicouagan pour l'exploitation hydroélectrique et la modification connexe des caractéristiques physicochimiques et biologiques de la région peuvent également avoir entraîné l'abandon de la région par les bélugas, bien que la surexploitation ne puisse être écartée comme cause de ce dernier phénomène (Pippard 1985).

Ces deux exemples sont certes extrêmes, mais diverses autres activités humaines ont le potentiel de détruire ou de perturber l'habitat du béluga de l'ESL, physiquement ou acoustiquement, comme il est indiqué précédemment. Celles qui peuvent avoir une incidence physique sur l'habitat sont notamment les pêches et les activités liées aux projets de développement côtier et extracôtier. Toutes les pêches pratiquées à l'intérieur ou à l'extérieur de l'habitat du béluga de l'ESL et ciblant les proies du béluga, dérangeant le benthos ou supprimant directement ou indirectement des espèces importantes pour le béluga ou ses proies, peut perturber l'habitat d'alimentation, influencer sur la disponibilité de la nourriture ou réduire le succès d'alimentation. Les projets d'aménagement qui comportent l'excavation, le dragage et l'ajout de matériaux ou de structures dans l'eau peuvent réduire l'accès à l'habitat ou modifier ses caractéristiques physicochimiques, ce qui a des répercussions sur la disponibilité des éléments nutritifs et de la nourriture.

Réduction de la disponibilité de la nourriture – L’effondrement, dans les années 1990, de plusieurs stocks de poissons exploités commercialement (Worm et Myers 2003; Savenkoff *et al.* 2007; Cairns *et al.* 2014) et l’augmentation des populations de concurrents potentiels, comme le phoque gris (*Halichoerus grypus*), le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) et le phoque commun (*Phoca vitulina*) (Hammill *et al.* 2015; Stenson *et al.* 2020, Mosnier *et al.* 2023) ou le bar rayé (*Morone saxatilis*; Valiquette *et al.* 2017) ont modifié la trophodynamique de l’écosystème (Savenkoff *et al.* 2007), avec des conséquences possibles sur la disponibilité de la nourriture pour le béluga de l’ESL et d’autres espèces. Le réchauffement climatique depuis le début du XXI^e siècle a réduit la couverture de glace et modifié les caractéristiques, la stratification et la circulation des masses d’eau (Jutras *et al.* 2020, Galbraith *et al.* 2023), avec des effets mesurables sur la biomasse et la teneur en énergie de diverses composantes de l’écosystème du Saint-Laurent, dont des espèces fourragères (p. ex. Helenius *et al.* 2023). Ces conditions ont atteint des extrêmes presque chaque année depuis 2010 (Galbraith *et al.* 2023).

Les bélugas de l’ESL ont un régime alimentaire varié, composé de poissons et d’invertébrés généralement < 30 cm de longueur (Vladykov 1946; Lesage *et al.* 2020). La composition du régime alimentaire diffère entre les mâles et les femelles adultes, comme on pouvait s’y attendre compte tenu de la ségrégation sexuelle observée au moins pendant l’été (Lesage 2014; Lesage *et al.* 2020). Les analyses d’isotopes stables ont permis d’estimer un changement dans le régime alimentaire des bélugas de l’ESL depuis le début des années 2000, bien que l’on n’ait pas encore déterminé les espèces responsables de ce changement (Lesage 2014). On a remarqué que les rorquals communs (*Balaenoptera physalus*) échantillonnés dans l’ESL cherchent à diversifier leurs ressources alimentaires à peu près à la même période (Cabrol *et al.* 2021). Ces changements coïncidaient avec le réchauffement du système qui a commencé vers 2000 (Plourde *et al.* 2014). Entre-temps, la concentration des acides gras essentiels dans la graisse des bélugas de l’ESL a diminué entre 1998 et 2016, laissant entendre une détérioration de l’état corporel (Bernier-Graveline *et al.* 2021). On ne sait pas avec certitude si le changement observé dans le régime alimentaire des bélugas résulte d’une réduction de l’apport énergétique ou de la disponibilité de la nourriture due à la concurrence intraspécifique ou interspécifique, d’une réduction de l’abondance globale des proies, d’une augmentation de la dépense énergétique ou d’une combinaison de ces facteurs (Bolnick *et al.* 2003; Svanbäck et Bolnick 2007; Araújo *et al.* 2011).

Les conditions extrêmement chaudes depuis 2010 peuvent avoir exacerbé les effets sur les diverses composantes de l’écosystème, amenant l’ESL à un point où les effets sont devenus mesurables sur la reproduction des femelles adultes et la survie des veaux (Tinker *et al.* 2024). Ces changements du succès de la reproduction du béluga de l’ESL font écho aux changements observés dans la dynamique des populations et la répartition d’autres cétacés utilisant l’écosystème du Saint-Laurent, comme le rorqual commun, le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et la baleine noire de l’Atlantique Nord (*Eubalanea glacialis*), dénotant également un changement dans la trophodynamique et la disponibilité de la nourriture (Meyer-Gutbrod *et al.* 2015; Schleimer *et al.* 2019; Kershaw *et al.* 2020).

Déversements de substances toxiques – Il y a eu très peu de déversements de substances toxiques importantes dans le Saint-Laurent avant 2000, la plupart ayant eu lieu dans des ports (Villeneuve et Quilliam 1999); les données postérieures à 2000 sont disponibles sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada, mais n’ont pas été compilées sous une forme utilisable (mais voir Ryan *et al.* 2019). La présence de marées et de courants forts, la couverture de glace saisonnière et un brouillard fréquent dans l’ESL et le GSL augmentent le risque de déversements toxiques. Le fleuve Saint-Laurent et le GSL font partie des zones où la probabilité d’un déversement important est la plus élevée au Canada (WSP Canada Inc. 2014). Étant donné que la zone occupée par le béluga de l’ESL est limitée, une grande proportion de

la population et de son habitat pourrait être exposée à un déversement toxique (Peterson *et al.* 2003; Desjardins *et al.* 2018). Ainsi, même si la probabilité d'un déversement important est faible, les répercussions pourraient être graves.

Toutefois, les conséquences sur la santé et l'habitat des bélugas dépendent en grande partie du type de polluant, du volume et de l'étendue spatiale du déversement, ainsi que des conditions météorologiques ou environnementales pendant le déversement. Les effets sur le béluga peuvent se produire par contact direct avec la peau, par inhalation ou par ingestion du polluant ou de la proie contaminée (p. ex. Loughlin 1994; Matkin *et al.* 2008). Certains polluants peuvent couler au fond et devenir une source persistante de contamination pour les bélugas, qui sont des consommateurs connus de proies benthiques (Vladykov 1946; Lesage *et al.* 2020).

Empêchement – Le béluga n'a pas de nageoire dorsale, ce qui réduit probablement sa vulnérabilité aux empêchements. Toutefois, le principal facteur limitant cette menace pour le béluga de l'ESL est la rareté de l'activité de pêche dans son habitat. La pêche est importante dans le GSL, mais elle se déroule pour l'essentiel en aval de l'habitat du béluga pendant l'été ou est réduite à un faible niveau ou absente pendant les périodes où le béluga de l'ESL étend sa répartition dans l'est de l'ESL et le nord-ouest du GSL.

Sur les 291 carcasses examinées entre 1983 et 2022, les décès de deux bélugas seulement (0,7 %) ont été attribués à l'activité de pêche (Lair *et al.* 2014; Larrat *et al.* en révision³). Un veau s'est noyé après s'être empêtré dans un filet à hareng et un adulte est mort après s'être retrouvé empêtré par la nageoire de la queue dans une palangre. L'identification photographique à long terme des bélugas nageant librement n'a pas permis de déterminer des interactions avec les engins de pêche; une inspection du corps entier et des appendices des bélugas serait néanmoins nécessaire pour le confirmer (Le Net *et al.* 2021).

Collision avec un navire – Le béluga est un petit cétacé qui manœuvre très facilement, doté d'une ouïe très directionnelle et d'un sonar sophistiqué (Turl *et al.* 1987; Castellote *et al.* 2014; Zahn *et al.* 2021). Il n'est ainsi pas vulnérable aux collisions avec des navires qui se déplacent en ligne droite ou à des vitesses relativement basses, comme les navires marchands. Toutefois, il peut être plus susceptible d'entrer en collision avec des navires effectuant des mouvements irréguliers ou se déplaçant à de grandes vitesses.

Entre 1983 et 2022, on soupçonne que les collisions avec un navire ont été la principale cause du décès de neuf des 291 bélugas examinés (3,1 %; Lair *et al.* 2016; S. Lair, données non publiées). On ne sait pas si ce pourcentage est biaisé négativement; rien n'indique que les victimes d'une collision avec un navire avaient une plus faible probabilité d'être récupérées par le programme des carcasses que les baleines qui meurent d'autres causes. Le risque accru de blessures causées par la curiosité à l'égard des hélices semble accru chez les jeunes bélugas solitaires qui errent à l'extérieur de leur habitat traditionnel et qui affichent un comportement social envers les humains (Le Net *et al.* 2021). Ces individus ne font pas partie des statistiques susmentionnées.

Proliférations d'algues toxiques – L'ESL est bien connu pour l'abondance élevée des kystes provenant du dangereux dinoflagellé *Alexandrium tamarense*, de même que pour la récurrence des proliférations de cette source majeure de la phycotoxine paralysante (Therriault *et al.* 1985; Laroque et Cembella 1990; Gracia *et al.* 2013). Dans les trois dernières décennies, au moins trois grandes marées rouges ont été documentées dans l'ESL, dont une (en 2008) qui a été associée à un épisode de mortalité inhabituelle qui a touché plusieurs espèces marines, dont le béluga de l'ESL (Scarratt *et al.* 2014; Starr *et al.* 2017). Des facteurs comme l'eutrophisation (appauvrissement en oxygène causé par une augmentation des nutriments et de la croissance des plantes, et entraînant la mort de poissons ou de mollusques), le réchauffement climatique et les changements dans les régimes de précipitations peuvent accroître la fréquence et la

gravité des épisodes (Van Dolah 2000; Anderson *et al.* 2012). Compte tenu de sa taille relativement petite et des tendances actuelles, la population de bélugas de l'ESL pourrait être considérablement touchée par une seule exposition à des toxines (Scarratt *et al.* 2014).

Maladies épizootiques – La fréquence des éclosions de maladies infectieuses a généralement augmenté au cours des dernières décennies chez les mammifères marins (Gulland et Hall 2007; Harvell *et al.* 1999; Simeone *et al.* 2015), possiblement en raison des changements climatiques (Sanderson et Alexander 2020). Jusqu'à présent, aucune maladie épizootique n'a été documentée chez le béluga de l'ESL. Cependant, le virus du papillome et l'herpèsvirus, la principale cause de ces épidémies, ont été signalés chez le béluga de l'ESL (Martineau *et al.* 1988; De Guise *et al.* 1994; Lair *et al.* 2014) et d'autres populations de bélugas, avec des effets congénitaux possibles sur les veaux (Burek-Huntington *et al.* 2023; voir aussi Nielsen *et al.* 2017). D'autres agents pathogènes, comme le morbillivirus des cétacés (CeMV), présentent un risque élevé pour le béluga de l'ESL car la population n'y a apparemment pas été exposée auparavant (Mikaelian *et al.* 1999; Nielsen *et al.* 2000). Le béluga pourrait être exposé du fait de l'expansion de l'aire de répartition d'espèces exotiques de mammifères marins infectés résultant des changements climatiques, ou en raison d'une contamination biologique par les eaux usées municipales, les eaux de ballast et les eaux de ruissellement côtières déversées dans l'écosystème du Saint-Laurent. La petite taille de la population de bélugas de l'ESL, son grégairisme, le système immunitaire des animaux potentiellement affaibli par une exposition chronique aux contaminants (p. ex. De Guise *et al.* 1995) et la faible diversité génétique la rendent vulnérable aux maladies épizootiques.

Plus récemment, de graves éclosions du virus de l'influenza aviaire A (H5N1) ont été documentées, causant une mortalité sans précédent des oiseaux en Europe, mais aussi dans l'est du Canada et des États-Unis, notamment dans l'ESL et le GSL (Harvey *et al.* 2023). On pensait que les infections et la mortalité se limitaient aux espèces pinnipèdes des mammifères marins, compte tenu des cas documentés dans l'ESL (base de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune). Cependant, des rapports récents d'un dauphin à gros nez mort, d'un marsouin commun et d'un dauphin à flancs blancs infectés par le virus A(H5N1) indiquent que ce virus peut également toucher les cétacés (Leguia *et al.* 2023; Thorsson *et al.* 2023; base de données du Centre canadien coopératif de la santé de la faune, données non publiées). On ne sait pas si les changements climatiques, l'augmentation de la population ou la densification des sites des échoueries des pinnipèdes sont en jeu dans les éclosions observées (p. ex. Lavigne et Scmitz 1990; Marcogliese *et al.* 1996).

Un protozoaire intracellulaire, un parasite appelé *Toxoplasma goodii*, est très répandu (44 %) chez le béluga de l'ESL (Iqbal *et al.* 2018). Ce parasite peut causer diverses maladies et entraîner la mort des fœtus, l'avortement ou la mort néonatale si l'infection survient au début de la gestation (voir Iqbal *et al.* 2018). Même si la *toxoplasmose* était la principale cause de décès pour seulement 2 % des bélugas de l'ESL examinés (Lair *et al.* 2016), une étude plus poussée de l'effet de cet agent pathogène parasite est probablement justifiée.

Activités de recherche – La recherche sur le béluga de l'ESL est menée de façon saisonnière depuis la fin des années 1970. Bien que les efforts de recherche dans ce domaine soient demeurés limités à une ou deux organisations jusqu'en 2015 environ, les programmes de recherche ont pris de l'expansion ces dernières années afin de recueillir des données pour un plus grand nombre d'objectifs et d'organismes. Certaines activités de recherche qui nécessitent une distance d'approche rapprochée ou l'approche répétée d'un navire ou d'un aéronef, ou la collecte de biopsies, le déploiement d'étiquettes détachables ou le suivi des animaux, peuvent perturber le comportement individuel, infliger des blessures ou causer des infections (Giménez *et al.* 2001; Charlton *et al.* 2023). Le Conseil canadien de protection des animaux examine ces activités plus invasives pour s'assurer qu'elles sont menées de façon éthique et responsable,

tandis que Pêches et Océans Canada et Parcs Canada sont responsables de la délivrance des permis de recherche et veillent à ce que toutes les activités de recherche proposées respectent les objectifs et les conditions préalables des lois et règlements canadiens applicables qui relèvent de leur gouvernance.

Tableau 3. Évaluation de la menace au niveau de la population pour le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada; H : Historique, C : Courante, A : Anticipée (voir les définitions des catégories dans MPO 2014a). Le risque de menace au niveau de la population est une combinaison de la probabilité de réalisation et du niveau d'impact, avec la certitude causale entre parenthèses.

Menace	Probabilité de réalisation	Niveau des répercussions	Certitude causale (classement)	Risque de la menace pour la population	Réalisation de la menace au niveau de la population	Fréquence de la menace au niveau de la population	Étendue de la menace au niveau de la population
Polluants	Connue	Élevé	Élevée (2)	Élevé (2)	H, C, A	Continue	Considérable
Déversements toxiques	Probable	Élevé	Moyenne (3)	Élevé (3)	H, C, A	Continue	Vaste
Perturbations acoustiques et physiques	Connue	Inconnu	Faible (4)	Inconnu (4)	H, C, A	Continue	Considérable
Perturbation ou destruction de l'habitat	Connue	Inconnu	Faible (4)	Inconnu (4)	H, C, A	Continue	Vaste
Réduction de la disponibilité de la nourriture	Probable	Moyen	Moyenne (3)	Moyen (3)	H, C, A	Continue	Considérable
Prolifération d'algues toxiques	Connue	Moyen	Moyenne (3)	Moyen (3)	H, C, A	Récurrente	Considérable
Maladies épizootiques	Probable	Moyen	Élevée (2)	Moyen (2)	A	Récurrente	Considérable
Collision avec un navire	Connue	Faible	Faible (4)	Faible (4)	H, C, A	Continue	Considérable

Menace	Probabilité de réalisation	Niveau des répercussions	Certitude causale (classement)	Risque de la menace pour la population	Réalisation de la menace au niveau de la population	Fréquence de la menace au niveau de la population	Étendue de la menace au niveau de la population
Empêchement	Connue	Faible	Très faible (5)	Faible (5)	H, C, A	Récurrente	Restreinte
Recherche scientifique	Connue	Faible	Très faible (5)	Faible (5)	H, C, A	Récurrente	Vaste
Chasse	Très faible	Élevé	Très élevée (1)	Faible (1)	H	Récurrente	Considérable

Tableau 4. Menaces actuelles recensées pour le béluga de l'ESL et principales sources anthropiques de ces menaces. La liste exhaustive des mesures, ainsi que des réalisations à ce jour et des indicateurs de rendement, est disponible dans Lesage (2018) et MPO (2020; 2022).

Menace	Source de la menace (liste non exhaustive)
Polluants (air, eau, sédiments, proies)	Industrie (toutes), municipalités, agriculture, navires
Perturbations acoustiques et physiques	Navires, traversiers et autres navires (observation des baleines, pêche récréative, pêche, recherche et sauvetage, recherche), industrie (développement côtier et extracôtier, y compris les sources et les opérations liées à la construction), échosondeurs, sonars multifaisceaux et autres sonars commerciaux ou militaires, levés sismiques et autres sources géophysiques
Perturbation ou destruction de l'habitat	Trafic maritime, pêche, industrie (développement côtier et extracôtier, production d'énergie [dont l'installation de barrages fluviaux])
Réduction de la disponibilité de la nourriture	Pêche
Déversements toxiques	Navires, ports, marina, industrie, municipalités
Empêchement	Pêche (engins de pêche)
Collision avec un navire	Navires se déplaçant rapidement ou de façon erratique
Prolifération d'algues toxiques	Agriculture et toute activité causant l'eutrophisation
Maladies épizootiques	Espèces exotiques
Activités de recherche	Navires, procédures d'échantillonnage

Facteurs limitatifs

Le béluga est une espèce de l'Arctique adaptée à un environnement froid avec, habituellement, une importante couverture de glace saisonnière (Barber *et al.* 2001). Un modèle d'habitat à grande échelle fondé sur la profondeur, la température de l'eau et la couverture de glace de mer, prévues ou observées, a estimé qu'il ne resterait aucun habitat hivernal convenable pour le béluga dans le réseau du Saint-Laurent d'ici 2100 (Skovrind *et al.* 2021). Le réchauffement des conditions et la réduction de la couverture de glace de mer pourraient limiter la croissance de la population de bélugas de l'ESL par divers mécanismes. La couverture de glace, qui offre normalement un abri aux bélugas contre les tempêtes et les prédateurs, peut augmenter leur mortalité si elle est réduite. Les conditions de réchauffement peuvent avoir une incidence sur la qualité et la quantité des proies ou permettre à des concurrents potentiels de persister dans l'habitat du béluga, réduisant alors l'apport énergétique du béluga. Les conditions de réchauffement sont également favorables aux proliférations d'algues toxiques (p. ex. Klemm *et*

al. 2022). La température de l'eau peut varier entre le point de congélation ou près de celui-ci et plus de 16 degrés Celsius dans les estuaires (Leatherwood *et al.* 1988; Smith *et al.* 1994). Les températures anormalement élevées de l'eau enregistrées récemment dans le réseau hydrographique du Saint-Laurent pourraient créer un stress supplémentaire chez les femelles gestantes dont le travail est particulièrement intense, et pourraient entraîner la mort de la femelle, du veau ou des deux.

Les bélugas vivent longtemps et ont une faible fécondité (un seul veau tous les deux ou trois ans; Sergeant 1973; Ferguson *et al.* 2020). Bien que ces caractéristiques rendent l'espèce résiliente aux perturbations environnementales, elles limitent également le taux de croissance de la population par rapport aux espèces ayant une durée de génération plus courte.

La nature très sociale du béluga (Michaud 2005) peut également limiter le rétablissement et la possibilité de s'adapter à un habitat changeant. En effet, l'espèce est très philopatricque par rapport à des zones d'estivage précises, les voies migratoires sont apprises culturellement et il existe des preuves de sous-structure dans l'utilisation de l'habitat pendant l'été, y compris dans l'ESL (Bonnell *et al.* 2022). Ces facteurs peuvent limiter la dispersion et le potentiel de recoloniser un habitat autrefois exploité ou de coloniser un nouvel habitat (Wade *et al.* 2012).

La faible diversité génétique a été cernée comme une menace potentielle pour le béluga de l'ESL dans des programmes de rétablissement antérieurs (Bailey et Zinger 1995; MPO 2012). Une étude récente confirme que la population présente le plus faible niveau de diversité des haplotypes de toutes les populations de bélugas au Canada (Postma 2017). Une perte de diversité peut refléter un goulot d'étranglement démographique résultant d'une réduction importante de la taille de la population (Postma 2017), bien que cela semble peu probable compte tenu des estimations historiques, récentes et actuelles de la taille de la population (voir Tinker *et al.* 2024). Par ailleurs, de faibles niveaux de diversité génétique peuvent survenir en raison d'un isolement plus récent et prolongé d'une population, d'une perte allélique aléatoire (dérive génétique) ou d'une reproduction entre des animaux apparentés. On ne sait pas si cette population est sujette à un effet d'Allee qui fait baisser son taux de reproduction et son potentiel de rétablissement. Le sauvetage génétique à partir de populations voisines de bélugas est considéré comme improbable compte tenu de la forte philopatrie observée chez les bélugas, de la situation précaire de la plupart des populations voisines et de la faible diversité génétique observée chez les bélugas de l'ESL (COSEPAC 2016; Bonnell *et al.* 2022).

Des individus errants sont signalés chaque été dans les eaux de Terre-Neuve, le nord-ouest et le sud du GSL, sur le plateau néo-écossais ou dans l'est des États-Unis (Curren et Lien 1998; R. Michaud, données non publiées). Bien que certains des animaux du nord-ouest du GSL et des eaux de Terre-Neuve aient été identifiés génétiquement ou à partir de leurs charges en contaminants comme provenant de l'Arctique, les animaux trouvés au sud de l'ESL étaient probablement des émigrants de la population de l'ESL. Compte tenu de la taille actuelle de la population, l'émigration de quelques individus seulement par année peut limiter la croissance de la population.

Le béluga est une espèce de l'Arctique, connue pour occuper des zones où la couverture de glace est variable, mais parfois élevée (Barber *et al.* 2001). Les conditions de réchauffement réduiront probablement la couverture de glace et la période où il y a de la glace, mais elles peuvent aussi faciliter le déplacement de la glace avec les vents. On ne sait pas si ces changements de la couverture de glace réduiront ou augmenteront les risques de piégeage des bélugas de l'ESL.

Historiquement, le béluga dans l'ESL a été victime de la prédation des épaulards (Vladykov 1944; Mitchell et Reeves 1988). Les épaulards ont été rarement signalés dans le réseau hydrographique du Saint-Laurent ces dernières décennies, sauf dans l'est du GSL, où ils le sont

régulièrement (Lawson et Stevens 2014). On considère donc que les bélugas de l'ESL n'ont pas de prédateurs (Mosnier *et al.* 2010). Au cours des dernières années, l'abondance des phoques gris a augmenté considérablement dans l'ESL (Mosnier *et al.* 2023). Les phoques gris sont des prédateurs connus du marsouin commun dans l'ESL et ailleurs (Stringel *et al.* 2015; van Neer *et al.* 2020; GREMM, données inédites; R. Pintiaux, obs. pers.). Les marsouins communs ont la taille d'un petit de béluga. On ne sait pas si les phoques gris peuvent commencer à s'attaquer aux bélugas de l'ESL, mais on ne peut pas les exclure; les bélugas pourraient bénéficier d'une protection accrue contre les prédateurs en raison de la présence de leur mère.

Menaces pour les espèces coexistantes

Si les menaces pesant sur le béluga de l'ESL sont réduites, cela pourrait présenter des avantages pour des espèces coexistantes (p. ex. MPO 2020). Le béluga de l'ESL partage son habitat avec plusieurs autres mammifères marins, dont des espèces dont la situation est bonne (p. ex. plusieurs populations de pinnipèdes) et d'autres populations considérées comme préoccupantes, menacées ou en voie de disparition en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* : le rorqual bleu (population de l'Atlantique Nord-Ouest), le rorqual commun (population de l'Atlantique), la baleine noire de l'Atlantique Nord et le marsouin commun (population de l'Atlantique Nord-Ouest). À l'exception du béluga et du phoque commun, ces populations sont toutes des visiteurs saisonniers de l'ESL et du nord du GSL, qui viennent dans ces eaux productives principalement pour se nourrir du printemps à l'automne ou au début de l'hiver (Lesage *et al.* 2018; Roy *et al.* 2018; Simard *et al.* 2019; COSEPAC 2022). Les espèces en péril et certaines des populations en santé sont touchées par la plupart des menaces susmentionnées, mais à des degrés variables. Parmi les espèces en péril, le risque plus élevé de collision avec un navire est plus élevé pour les trois espèces les plus importantes (rorqual bleu, rorqual commun et baleine noire), par exemple, car elles manœuvrent moins bien et ont une ouïe directionnelle comparativement aux bélugas de l'ESL, ainsi que parce qu'elles occupent le chenal Laurentien où est concentrée la majeure partie du trafic maritime (Chion *et al.* 2021). En revanche, ces trois espèces sont également moins susceptibles d'accumuler des niveaux élevés de contaminants bioamplifiés étant donné qu'elles occupent des niveaux trophiques inférieurs (Lesage *et al.* 2001; Gavrilchuk *et al.* 2014; Cabrol *et al.* 2021). Les marsouins communs sont également moins vulnérables aux contaminants, car leur alimentation se compose principalement de poissons-fourrages (Fontaine *et al.* 1994). Les quatre espèces, mais surtout les marsouins communs et les baleines noires, peuvent être vulnérables à l'empêchement dans les engins de pêche (Lesage *et al.* 2006; Knowlton *et al.* 2022). Toutes les espèces sont sujettes aux effets potentiels de l'exposition au bruit, d'autant plus qu'elles se trouvent en grande partie dans le chenal Laurentien, où le trafic est intense (Simard *et al.* 2010; McQuinn *et al.* 2011). Les améliorations de l'habitat qui sont bénéfiques pour une population déjà en bonne santé pourraient accroître davantage les menaces pour le béluga de l'ESL en accroissant la concurrence. Par exemple, une plus grande disponibilité de la nourriture pourrait nuire au béluga si elle est partagée avec des espèces qui ont une fécondité naturellement plus élevée et un potentiel de croissance de la population comme les pinnipèdes, les poissons voraces comme le bar rayé ou d'autres petits cétacés comme le marsouin commun.

Les mesures de réduction des menaces sont généralement bénéfiques pour les espèces coexistantes, mais pas toujours. Par exemple, des déviations des voies de navigation dans l'estuaire maritime ont été proposées au début des années 2010 afin de réduire le risque de collision avec les rorquals bleus et les rorquals communs, ainsi qu'avec les navires plus petits. Cependant, une analyse des divers scénarios proposés a permis de déterminer que tous auraient entraîné une augmentation importante de l'exposition des bélugas de l'ESL au bruit (Lesage *et al.* 2014b). Cet exemple souligne l'importance d'examiner les mesures de gestion

sous divers angles afin de saisir tous les effets positifs et négatifs sur les diverses espèces préoccupantes.

ÉLÉMENTS 12, 13, 14 ET 15 : OBJECTIFS DE RÉTABLISSEMENT ET CALENDRIER DE RÉTABLISSEMENT

Abondance et capacité de charge (K) historiques

La présence de bélugas dans l'ESL a été remarquée par les visiteurs européens du XVII^e siècle, mais leur abondance historique est inconnue. Au moins 1 000 bélugas, et probablement plusieurs milliers, ont été capturés au XVIII^e siècle. Cependant, les relevés des prises, parfois uniquement sous forme de production d'huile, ne sont disponibles que depuis 1866 (voir Reeves et Mitchell 1984). D'après des estimations rétrospectives fondées sur ces relevés historiques des prises, le nombre de bélugas de l'ESL se situait probablement entre 6 000 et 9 000 à la fin du XIX^e siècle (Tinker *et al.* 2024). Dans la présente analyse, nous supposons que la population avait atteint sa capacité de charge historique au milieu des années 1800 ou s'en approchait, estimée par le modèle à 13 558 bélugas (IC à 95 % = 12 428 à 17 432; scénario K historique dans les tableaux 5 et 6). Le degré élevé d'incertitude entourant les niveaux de récolte historiques et les nouvelles perspectives sur la dynamique passée, cependant, montrent qu'il faut éviter d'utiliser les estimations de la capacité de charge historique comme points de référence pour la gestion (Tinker *et al.* 2024). D'autres approches qui reconnaissent que la capacité de charge effective du béluga de l'ESL a fondamentalement changé par rapport à ses niveaux historiques et qui sont plus pertinentes pour la dynamique actuelle, estiment la capacité de charge dans les conditions actuelles (telles que définies dans Tinker *et al.* 2024; voir le tableau 5) à 6 706 bélugas (IC à 95 % = 4 309 à 10 435; scénario K actuelle dans le tableau 6). La capacité de charge K correspond à la taille maximale de la population qui pourrait être maintenue dans l'ESL sans les sources anthropiques de mortalité.

Projections de la population

Deux points de référence peuvent être établis en fonction de l'estimation ponctuelle de K et de l'hypothèse de précaution selon laquelle le niveau de productivité nette maximale (NPNM) se produirait à environ 60 % de K (ce qui a été validé par des simulations numériques, voir Tinker *et al.* 2024) : le niveau de référence de précaution (NRP) et le niveau de référence limite (NRL). En vertu du Cadre de précaution, toute population dont la taille de la population est supérieure au NRP est considérée comme étant dans la zone saine, tandis qu'une population inférieure au NRL est considérée comme étant dans la zone critique (MPO 2013; Hammill *et al.* 2017). L'espace entre le NRP et le NRL fournit une zone tampon, appelée zone de prudence. Conformément aux lignes directrices du MPO, le NRP a été fixé à 80 % du NPNM (c.-à-d. 3 219 bélugas), soit 48 % de la valeur de K estimée, et le NRL à 40 % du NPNM (c.-à-d. 1 609 bélugas), soit 24 % de K (Hammill *et al.* 2017).

À l'aide de ces points de référence, l'estimation de l'abondance moyenne pour 2022 est inférieure au NRP et supérieure au NRL, ce qui place la population actuelle dans la zone de prudence (Tinker *et al.* 2024). En supposant que les conditions environnementales récentes (de 2010 à 2022) et la variation naturelle se poursuivent sans s'aggraver, et que les autres facteurs de mortalité ne sont pas réduits (scénario 0; tableaux 5 et 6), la probabilité que la population demeure en deçà du NRP (c.-à-d. 22 % de probabilité d'atteindre la zone saine) est de 78 %, la probabilité qu'elle tombe dans la zone critique (c.-à-d. en dessous du NRL) est de 41 % et la probabilité de quasi-extinction (c.-à-d. une population de 50 individus ou moins) dans les 100 prochaines années est de 0,06 % (tableau 6).

Ces résultats ne sont pas aussi pessimistes que ceux estimés au moyen d'une précédente analyse de viabilité de la population et d'un ensemble réduit de variables (scénario « Present » dans Williams *et al.* 2021) et sont considérés comme plus exacts. Ils indiquent que, bien que la probabilité que la population atteigne la zone saine dans les 100 prochaines années soit faible dans les conditions actuelles ou prévues, cette probabilité existe et rend le rétablissement de la population de bélugas de l'ESL théoriquement possible, surtout si certaines des menaces actuelles pour la population peuvent être atténuées (voir ci-après).

Toutefois, les températures dans le golfe devraient continuer d'augmenter selon les prévisions des modèles climatiques et les observations annuelles (Lavoie *et al.* 2020; Galbraith *et al.* 2023). Ce modèle repose sur plusieurs hypothèses au sujet du réchauffement du Gulf Stream et des apports du courant du Labrador. Il prédit que les températures du golfe à une profondeur de 200 m vont fort probablement augmenter d'au moins 0,5 degré Celsius au cours des 100 prochaines années et qu'une augmentation de 1 degré Celsius est également possible. Si la température de l'eau augmente de 0,5 et de 1,0 degré Celsius dans les 100 prochaines années (10 % et 20 % respectivement), la probabilité que la population atteigne la zone saine au cours de cette période tombe à 13 et 8 %, respectivement; la probabilité qu'elle chute dans la zone critique durant cette période augmente à 61 % et 73 % et le risque de quasi-extinction augmente à une probabilité de 0,3 % et de 1,4 %, respectivement (tableau 6). À titre de référence, les températures moyennes dans le golfe de 2010 à 2022 ont déjà augmenté de trois quarts de degré Celsius par rapport à la moyenne de 1970 à 2009.

Tableau 5. Description des scénarios évalués à l'aide des projections prospectives du modèle le mieux ajusté, avec les modifications des paramètres décrites. Toutes les projections du modèle ont été exécutées sur 100 ans et répétées 10 000 fois pour saisir l'incertitude des paramètres et la variance d'échantillonnage.

Scénario	Description	Explication
Scénario 0	Modèle de base	Modèle de projet sans mesure de gestion ou changement prévu des conditions : paramètres tirés de la distribution a posteriori commune estimée, variables environnementales et effets aléatoires tirés des distributions observées dans les 12 dernières années (de 2010 à 2022)
Scénario 1	Hausse de 10 % de la température	Même chose que pour le modèle de base, mais la température de l'eau dans le golfe augmente de 10 % sur 100 ans (c.-à-d. un demi-degré Celsius de plus que les valeurs de 2010 à 2022)
Scénario 2	Hausse de 20 % de la température	Même chose que pour le modèle de base, mais la température de l'eau dans le golfe augmente de 20 % sur 100 ans (c.-à-d. un degré Celsius de plus que les valeurs de 2010 à 2022)
Scénario 3	Réduction de 25 % des dangers de base	Même chose que pour le modèle de base, mais réduction de 25 % des dangers de base
Scénario 4	Augmentation de 25 % des dangers de base	Même chose que pour le modèle de base, mais augmentation de 25 % des dangers de base
Scénario 5	Réduction de 25 % des risques dystociques/post-partum	Même chose que pour le modèle de base, mais réduction de 25 % des risques dystociques/post-partum
Scénario 6	Augmentation de 25 % des risques dystociques/post-partum	Même chose que pour le modèle de base, mais augmentation de 25 % des risques dystociques/post-partum

Tableau 6. Récapitulatif des résultats des simulations prospectives générées à l'aide d'un modèle intégré de population pour le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. La capacité de charge historique (K est. avant la récolte) et la capacité de charge fonctionnelle dans les conditions actuelles (K est. par le modèle) sont également présentées. Les projections du modèle ont été exécutées sur 100 ans et répétées 10 000 fois pour saisir l'incertitude des paramètres et la variance d'échantillonnage (voir les détails de chaque simulation dans le tableau 4*). Les distributions des résultats des simulations ont ensuite été comparées aux seuils cibles, notamment 60 % de K ou le niveau de productivité maximale nette (NPMN) = 4 024 bélugas, le niveau de référence de précaution (NRP) = 3 219 bélugas, le niveau de référence limite (NRL) = 1 609 bélugas et la quasi-extinction (QE), définie à 50 individus. La probabilité que le taux de croissance instantané moyen (r) sur une seule génération (28 ans) dépasse 1 % ou soit inférieur à -1 % est également indiquée.

Scénario	Description	N moyen	CI95_lo	CI95_hi	N_Min	Variation en % par rapport au modèle de base	Prob. >60 % K	Prob. >NRP	Prob. >NRL	Prob. <QE	Prob. r > 1 %	Prob. r < -1 %
K historique	K est. avant la récolte	13 558	12 428	17 432	-	-	-	-	-	-	-	-
K actuelle	K est. par le modèle	6 706	4 309	10 435	-	-	-	-	-	-	-	-
Scénario 0	Modèle de base	2 285	338	6 289	1 235	-	0,1308	0,2230	0,5944	0,0006	0,181%	0,2592
Scénario 1	Hausse de 10 % de la température	1 687	155	5 503	1 043	-26,2	0,0710	0,1264	0,3918	0,0030	0,069%	0,2312
Scénario 2	Hausse de 20 % de la température	1 272	67	4 949	842	-44,3	0,0476	0,0830	0,2660	0,0144	-0,044%	0,2056
Scénario 3	Réduction de 25 % des dangers de base	5 335	1 352	11 721	1 674	133,5	0,6418	0,7728	0,9582	0,0000	1,419%	0,6798
Scénario 4	Augmentation de 25 % des dangers de base	945	84	3 148	686	-58,6	0,0098	0,0224	0,1600	0,0098	-0,926%	0,0602
Scénario 5	Réduction de 25 % des risques dystociques/post-partum	2 484	376	6 738	1 280	8,7	0,1618	0,2570	0,6450	0,0000	0,279%	0,286
Scénario 6	Augmentation de 25 % des risques dystociques/post-partum	2 099	306	5 861	1 191	-8,1	0,1022	0,1864	0,5380	0,0004	0,087%	0,2304

Objectifs d'abondance et de répartition proposés

Une cible de rétablissement à long terme (100 ans) pourrait être de maintenir l'abondance de la population au-dessus du niveau de référence limite, l'objectif étant de dépasser éventuellement 2 500 individus matures et le niveau de référence de précaution d'un nombre total de 3 219 individus dans la population. Bien qu'il soit peu probable que cet objectif soit atteint d'ici un siècle (figure 10A, scénario « Base »), la diminution des risques de base ou de la mortalité liée à la gestation pourrait permettre d'atteindre cet objectif plus tôt (voir les figures 10C et 10E).

Des objectifs plus proches pourraient consister à atteindre, dans les 28 prochaines années (une génération), (1) un taux de croissance annuel moyen d'au moins 1 %, (2) une diminution de 25 % de la mortalité des veaux et de la mortalité des femelles liée à la gestation et (3) une réduction globale de la mortalité annuelle d'origine anthropique pour la ramener en dessous du PBP (voir l'estimation à la section suivante), y compris les interactions avec les engins de pêche et les navires (MPO 2023).

À mesure que la population augmente, son aire de répartition devrait s'étendre également dans une certaine mesure. Cette hypothèse est appuyée par l'observation inverse pour le béluga de Cook Inlet, pour lequel une réduction de la taille de la population a entraîné une réduction de la répartition (Hobbs *et al.* 2000). Bien que notre compréhension de l'aire de répartition historique des bélugas de l'ESL soit limitée par la nature surtout côtière des sources de données en dehors des mois d'été, une extension de l'aire de répartition estivale vers l'est, avec des zones de concentration nouvelles et utilisées régulièrement, serait un signe d'une telle expansion résultant de l'augmentation de la population. L'expansion récemment observée de la répartition estivale vers l'est (Harvey *et al.* en prép.¹) pourrait toutefois ne pas découler de l'augmentation de la population, car elle semble associée à une utilisation réduite des habitats de l'estuaire moyen (Simard *et al.* 2023).

ÉLÉMENTS 16, 17, 19, 20 ET 21 : SCÉNARIOS D'ATTÉNUATION DES MENACES ET ACTIVITÉS DE RECHANGE

Les mesures prises ou proposées pour réduire les menaces pour le béluga de l'ESL, notamment les réalisations et les indicateurs de rendement, ont récemment été examinées (Lesage 2018; MPO 2022). Une liste à jour des mesures possibles pour réduire les menaces qui pèsent sur l'espèce et son habitat est également présentée dans deux récents plans d'action portant sur les menaces liées au bruit (MPO 2020) et toutes les autres menaces (MPO 2022; MPO en prép.²). En général, des mesures continues visant à réduire les rejets de substances toxiques dans l'air et l'eau, comme les eaux d'égout, les eaux agricoles et les eaux de ballast, pourraient éliminer ou réduire certaines causes de mortalité telles que les infections, les maladies épizootiques et les cancers, et pourraient contribuer à réduire le risque de prolifération d'algues toxiques, avec des effets bénéfiques probables sur la santé globale du béluga de l'ESL. Une approche écosystémique de la gestion des pêches et la limitation des interactions des navires avec le béluga pendant la période de mise bas ou les périodes d'alimentation cruciales peuvent aider à réduire la mortalité liée à la gestation et à améliorer la survie des veaux. Les mesures visant à limiter les pêches et la vitesse des navires dans l'aire de répartition saisonnière des bélugas de l'ESL peuvent aider à éliminer la mortalité directe d'origine anthropique. Les mesures permettant de réduire le bruit ou les perturbations de l'habitat important du béluga devraient aussi améliorer le potentiel de rétablissement de la population en augmentant l'efficacité de la quête de nourriture, en réduisant le masquage des vocalisations ou les perturbations du vélage ou d'autres comportements importants de cette espèce très sociale (Michaud 2005).

On a évalué les effets de différents scénarios de changement écologique futur et d'atténuation des menaces sur la dynamique de la population (Williams *et al.* 2021; Tinker *et al.* 2024). Cependant, les séquences des effets et les mesures qui peuvent mener à des réductions biologiques et écologiques importantes de certaines menaces ne sont pas entièrement comprises (Lesage 2021). Les niveaux de bruit ou de contaminants ayant des répercussions biologiques importantes sur les bélugas de l'ESL dépendent du contexte et de la substance (p. ex. Gomez *et al.* 2016; Hall *et al.* 2018). De ce fait, les mesures d'atténuation des menaces n'ont pas été explicitement énoncées dans le modèle démographique et ont plutôt été introduites sous forme de pourcentage de réduction de certaines menaces, indépendamment des moyens utilisés pour atteindre le pourcentage de réduction spécifié.

EFFETS CLIMATIQUES – Le modèle indique que si la relation entre la mortalité des veaux et les conditions de réchauffement persiste et si la température de l'eau continue d'augmenter, la population devrait diminuer. Même une hausse supplémentaire de 10 % des températures moyennes du golfe au cours du prochain siècle (une hausse de 0,5 degré Celsius) pourrait entraîner une réduction de 26 % de l'abondance prévue par rapport au modèle de base (scénario 0), avec les augmentations connexes des probabilités de chuter sous les seuils de gestion (figure 10A, scénario « Autre »; tableau 6). À titre de référence, les températures moyennes du golfe de 2010 à 2022 ont déjà augmenté de trois quarts de degré Celsius par rapport à la moyenne de 1970 à 2009 (Lavoie *et al.* 2020). Une hausse de 20 % des températures dans le golfe (c.-à-d. une hausse de 1 degré Celsius) devrait avoir des conséquences encore plus désastreuses (une réduction de 44 % de l'abondance prévue) et faire passer la probabilité de quasi-extinction à 1,4 % (figure 10B, scénario « Autre »; tableau 6). Selon une étude des prédicteurs environnementaux de l'habitat du béluga réalisée à l'aide d'un modèle à grande échelle, il ne restera aucun habitat convenable pour le béluga de l'ESL d'ici 2100 (Skovrind *et al.* 2021).

RÉDUCTION DES MENACES – Si les efforts de conservation pouvaient réduire les dangers indépendants de la densité (comme ceux associés aux impacts de la pollution, aux proliférations d'algues toxiques ou aux éclosions de maladies) de 25 %, l'abondance projetée pourrait augmenter de 34 % par rapport au scénario de référence et la probabilité de tomber en dessous du NRP serait de 23 % (figure 10C, scénario « Autre »; tableau 6). On pourrait obtenir des améliorations semblables, mais moins marquées, en réduisant la mortalité dystocique ou post-partum (figure 10E, scénario « Autre »; tableau 6). Des mesures concrètes visant à réduire les dangers indépendants de la densité sont décrites dans les plans d'action du MPO pour le bruit et les autres menaces (MPO 2020; en prép.²) et dans l'examen scientifique de l'efficacité des mesures de rétablissement antérieures (Lesage 2018).

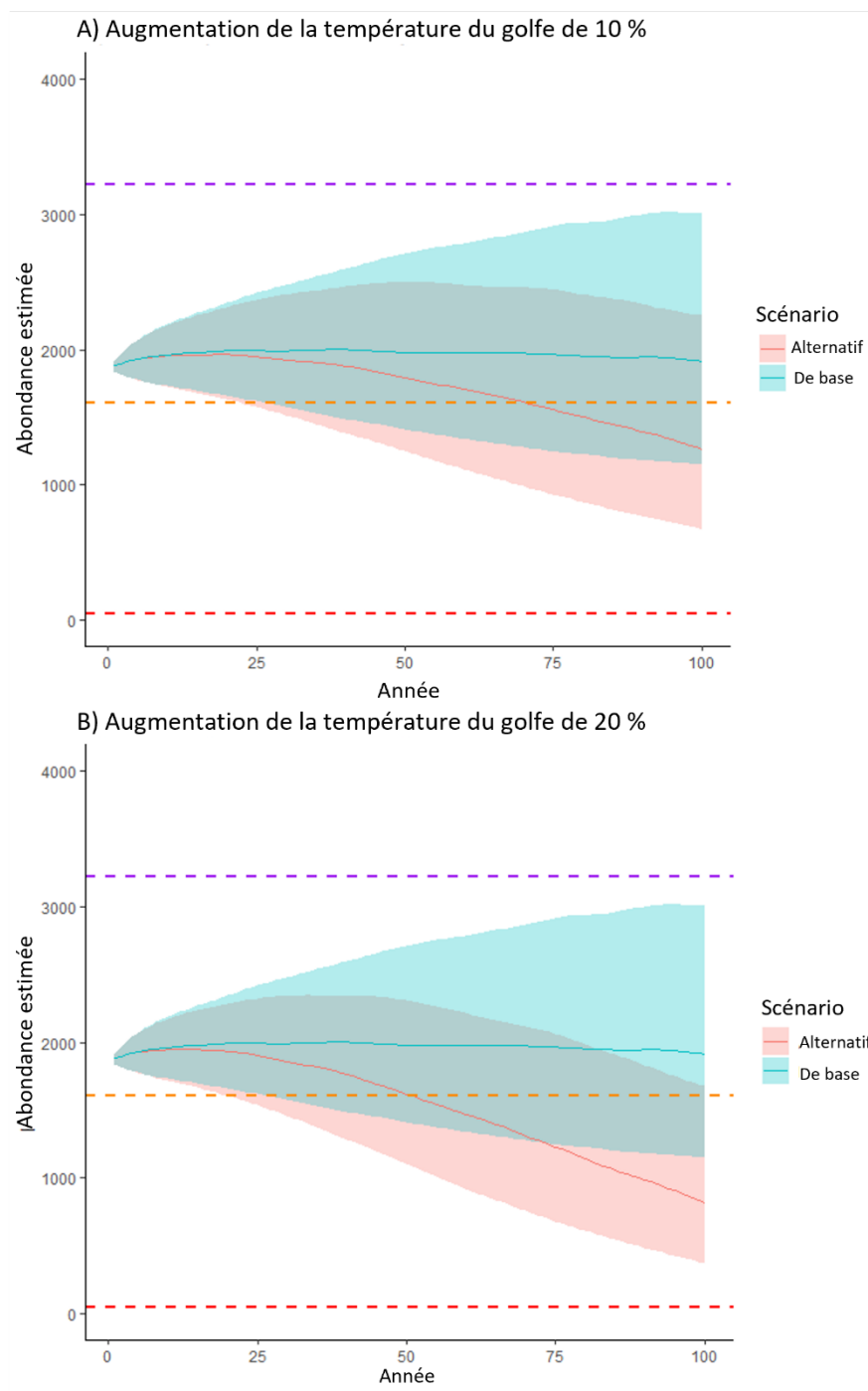


Figure 10. Résultats des projections modélisées de la dynamique future de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent. Les graphiques A à F illustrent la dynamique de la population simulée pour d'autres scénarios des conditions futures ou des effets de la gestion (en rouge pâle) par rapport au scénario de référence (en bleu pâle) (voir le tableau 5 pour plus de détails). Les lignes tiretées montrent les seuils de gestion possibles : Niveau de productivité maximale nette (en vert), niveau de référence de précaution (en violet), niveau de référence limite (en orange) et seuil de quasi-extinction (QE; en rouge). Les lignes pleines représentent la moyenne des simulations par itération et les bandes ombrées, la plage inter-quartile (Tinker et al. 2024).

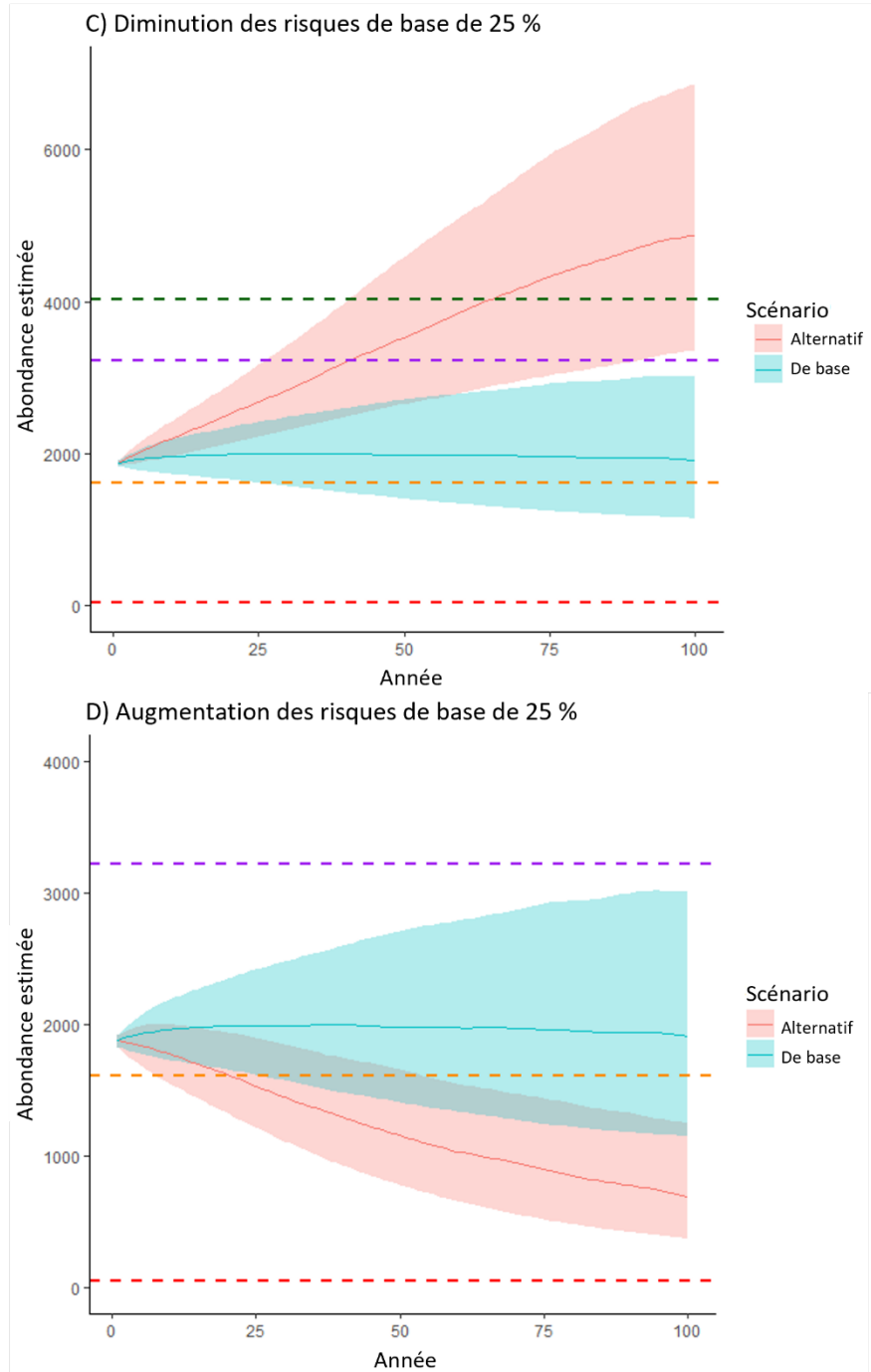


Figure 10. Suite.

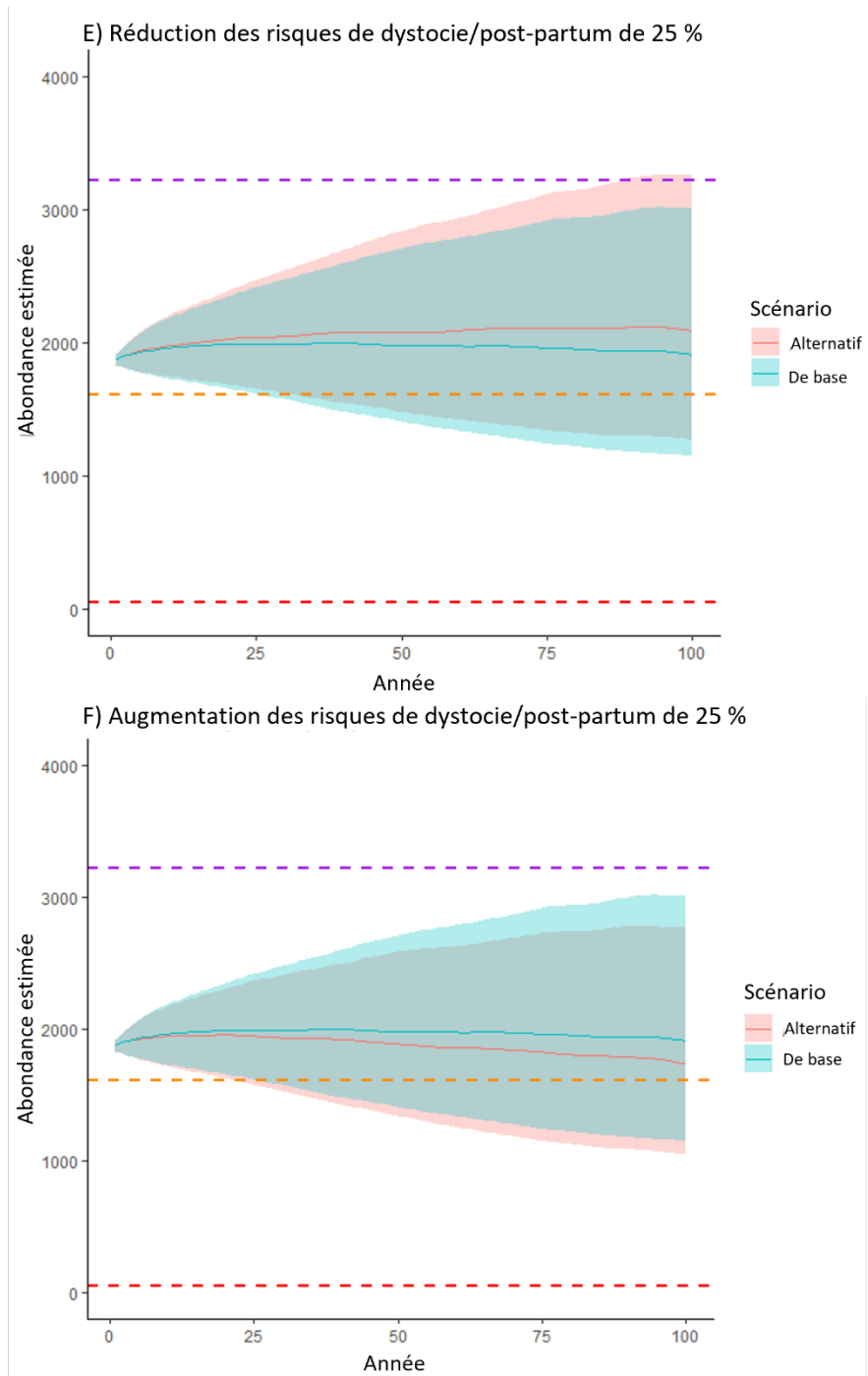


Figure 10. Suite.

D'autres scénarios d'atténuation des menaces ont été examinés dans le cadre d'un exercice de modélisation précédent à l'aide d'un modèle de population moins exhaustif et avec une série chronologique se terminant en 2012 (Williams *et al.* 2021). En l'absence d'information sur les mécanismes reliant les effets du bruit à l'énergétique de l'alimentation, les effets du bruit sur les bélugas de l'ESL ont été estimés dans le modèle comme une réduction en pourcentage de l'accès à la biomasse de proies disponible (principalement le hareng de printemps et les poissons démersaux). De même, étant donné le manque d'information sur la relation dose-effet pour les contaminants chez les cétacés, on a estimé les impacts en utilisant le vison comme modèle animal pour les cétacés, les BPC comme substitut pour tous les contaminants et la probabilité de survie des veaux comme seule voie d'entrée possible pour les effets sur la population de bélugas de l'ESL. Compte tenu de ces mises en garde, les résultats du modèle donnent à penser que les mesures favorisant une augmentation de la survie des veaux, la restauration de la biomasse des proies, accroissant l'efficacité de l'alimentation en réduisant les perturbations sonores, ainsi que le retrait des BPC de l'environnement seraient toutes nécessaire pour renforcer la résilience de la population et lui permettre de persister suffisamment longtemps pour que les mesures mondiales d'atténuation des changements climatiques prennent effet (figure 11).

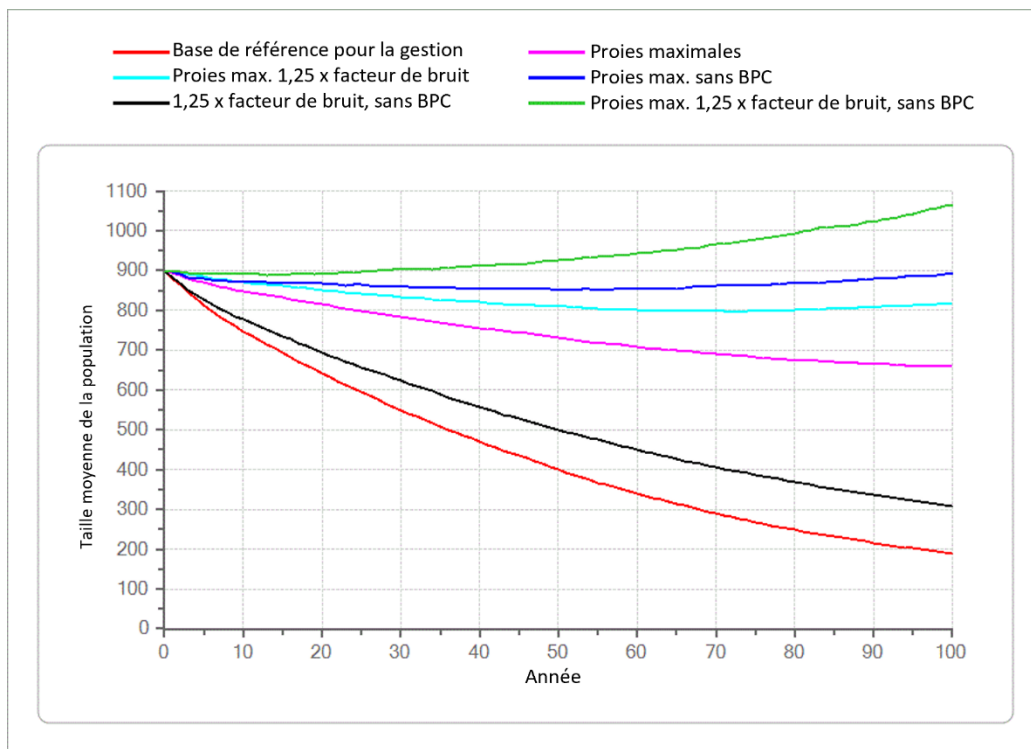


Figure 11. Taille moyenne de la population projetée si les conditions environnementales actuelles (période de 2008 à 2012) et les biomasses récentes des proies (de 2000 à 2012) persistent (« base de référence pour la gestion »), si les biomasses de hareng de printemps et de proies démersales sont rétablies aux niveaux les plus élevés observés dans les dernières décennies (« Proies maximales »), si les proies sont rétablies aux niveaux les plus élevés observés et si le bruit est réduit de sorte que la disponibilité des proies est multipliée par 1,25 (« Proies maximales, 1,25 x facteur de bruit »), si le bruit est réduit et les contaminants contenant des BPC dans le réseau hydrographique sont éliminés (« 1,25 x facteur de bruit, aucun BPC »), si les proies sont rétablies aux niveaux les plus élevés observés et les contaminants contenant des BPC sont éliminés (« Proies maximales, aucun BPC ») ou si les réductions de toutes les menaces sont réalisées afin que la disponibilité des proies soit multipliée par 1,25, que les niveaux les plus élevés de proies soient rétablis et que les contaminants contenant des BPC soient éliminés (« Proies maximales, 1,25 x facteur de bruit, aucun BPC »).

ÉLÉMENT 22 : ÉVALUATION DES DOMMAGES ADMISSIBLES

La mortalité maximale du béluga de l'ESL causée par l'homme a été estimée selon la méthode du prélèvement biologique potentiel (PBP) en suivant les procédures normalisées pour les cétacés (Wade 1998). Cette méthode fournit une estimation du nombre maximal de décès non naturels qui peuvent se produire chaque année sans empêcher la population d'atteindre ou de conserver une taille optimale et durable d'ici 100 ans. Le PBP a donc un objectif de gestion intégré qui diffère des cibles de rétablissement présentées précédemment et estimées à l'aide du modèle de dynamique de la population. À partir de l'abondance estimée par le modèle pour 2022 et de l'incertitude connexe, et en appliquant un facteur de rétablissement de 0,1 pour tenir compte de l'état de la population (Hammill *et al.* 2017), le PBP pour le béluga de l'ESL a été estimé à 3,4 individus en 2022 (détails dans Tinker *et al.* 2024).

On ignore la destruction maximale de l'habitat que la population de bélugas de l'ESL peut subir sans que sa survie ou son rétablissement soit compromis, mais elle est probablement limitée. La zone d'occupation du béluga en ESL est l'une des plus petites décrites pour l'espèce. La description récente de la structuration de l'utilisation de l'habitat dans la population de bélugas de l'ESL, où des groupes d'individus utilisent de préférence des zones restreintes dans leur aire de répartition estivale (Ouellet *et al.* 2021; Bonnell *et al.* 2022; 2024), donne à penser que les effets de la destruction de l'habitat pourraient être sous-estimés s'ils ne tiennent pas compte de cette partition de l'habitat. De plus, en cas de destruction de l'habitat, elle pourrait toucher certains segments de la population de façon disproportionnée. Par exemple, la destruction d'un habitat fortement utilisé par les femelles et les veaux aurait probablement une plus grande incidence sur l'abondance et le rétablissement de la population que si elle touchait uniquement les mâles adultes.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Sarah Corbett et Stéphanie Ratelle, le Réseau d'observation des mammifères marins (ROMM), le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) et la Marine Animal Response Society (MARS), qui ont accepté de partager leurs bases de données d'observations opportunistes.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Anderson, A., Gagnon, M. 1980. Les ressources halieutiques de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapp. Can. Ind. Sci. Halieut. Aquat. 119: 1–56.
- Anderson, D.M., Cembella, A.D., Hallegraef, G.M. 2012. [Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management](#). Ann. Rev. Mar. Sci. 4: 143–176.
- Araújo, M.S., Bolnick, D.I., Layman, C.A. 2011. [The ecological cause of individual specialisation](#). Ecol. Lett. 14: 948–958.
- Aulanier, F., Simard, Y., Roy N., Gervaise, C., and Bandet, M. 2016. [Spatial-temporal exposure of blue whale habitats to shipping noise in St. Lawrence system](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/090: vi + 26 p.
- Bailey, R.J.F., Able, K., Leggett, W.C. 1977. [Seasonal and vertical distribution and growth of juvenile and adult capelin \(*Mallotus villosus*\) in the St Lawrence Estuary and western Gulf of St Lawrence](#). J. Fish. Res. Bd Can. 34: 2030–2040.

-
- Bailey, R., Zinger, N. 1995. St Lawrence beluga recovery plan. World Wildlife Fund, Toronto and Department of Fisheries and Oceans, Mont-Joli, Québec. 73 p.
- Bailleul, F., Lesage, V., Power, M., Doidge, D.W., Hammill, M.O. 2012. [Differences in diving and movement patterns of two groups of beluga whales in a changing Arctic environment reveal discrete populations](#). *Endang. Species Res.* 17: 27–41.
- Barber, D.G., Saczuk, E., Richard, P.R. 2001. [Examination of beluga-habitat relationships through the use of telemetry and a Geographic Information System](#). *Arctic* 54: 305–316.
- Barrett, H., Du, X., Houde, M., Lair, S., Verreault, J., Peng, H. 2021. [Suspect and nontarget screening revealed class-specific temporal trends \(2000–2017\) of poly- and perfluoroalkyl substances in St Lawrence beluga whales](#). *Environ. Sci. Technol.* 55: 1659–1671.
- Béland, P., De Guise, S., Plante, R. 1990a. Mortalité de mammifères marins dans le fleuve, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent québécois en 1989. Prepared by the INESL. 41 p. Available via DFO library, Dartmouth, Halifax, NS.
- Béland, P., Faucher, A., Corbeil, P. 1990b. [Observations on the birth of a beluga whale \(*Delphinapterus leucas*\) in the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada](#). *Can. J. Zool.* 68: 1327–1329.
- Bernier, J., Brousseau, P., Krzystyniak, K., Tryphonas, H., Fournier, M. 1995. [Immunotoxicity of heavy metals in relation to Great Lakes](#). *Environ. Health Perspect.* 103, Suppl. 9: 23–34.
- Bernier-Graveline, A., Lesage, V., Cabrol, J., Lair, S., Michaud, R., Rosabal, M., Verreault, J. 2021. [Lipid metabolites as predictors of energy reserves in highly contaminant-exposed belugas from the endangered St. Lawrence Estuary population](#). *Environ. Res.* 192: 110272.
- Blane, J., Jaakson, R. 1994. [The impact of ecotourism boats on the St. Lawrence beluga whales](#). *Environ. Conserv.* 21: 267–269.
- Blouin, K., Malaisé, F., Verreault, J., Lair, S., Lu, Z. 2022. [Occurrence and temporal trends of industrial antioxidants and UV absorbers in the endangered St. Lawrence Estuary beluga whale \(*Delphinapterus leucas*\)](#). *Sci. Total. Environ.* 842: 156635.
- Boily, P. 1995. [Theoretical heat flux in water and habitat selection of phocid seals and beluga whales during the annual molt](#). *J. Theor. Biol.* 172: 235–244.
- Boivin, Y., INESL. 1990. Survol aérien pour l'estimation de la distribution saisonnière et des déplacements des bélugas, INESL, Montréal, Québec. 91 p. Disponible de Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent, 5040 Mentana, Montreal, QC, CAN. H2J 3C3
- Bolnick, D.I., Svanbäck, R., Fordyce, J.A., Yang, L.H., Davis, J.M., Hulsey, C.D., Forister, M.L. 2003. [The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization](#). *The Am. Nat.* 161: 1–28.
- Bonnell, T.R., Michaud, R., Dupuch, A., Lesage, V., Chion, C. 2022. [Extracting spatial networks from capture-recapture data reveals individual site fidelity patterns within a marine mammal's spatial range](#). *Ecol. Evol.* 12: e8616.
- Bonnell, T.R., Michaud, R., Dupuch, A., Lesage, V., Chion, C. 2024. [Detecting spatial mixing within populations from the mismatch between local individual diversity and abundance: a case study using beluga from the St. Lawrence Estuary, Canada](#). *Mar. Mamm. Sci.* e13162.
- Boyd, I.L., Frisk, G., Urban, E., Tyack, P., Ausubel, J., Seeyave, S., Cato, D., Southall, B., Weise, M., Andrew, R. 2011. [An international quiet oceans experiment](#). *Oceanography* 24: 174e181.
-

-
- Brewer, A.M., Castellote, M., Van Cise, A.M., Gage, T., Berdahl, A. 2023. [Communication in Cook Inlet beluga whales: Describing the vocal repertoire and masking of calls by commercial ship noise](#). J. Acoust. Soc. Am. 154: 3487-3505.
- Brown Gladden, J.G., Ferguson, M.M., Clayton, J.W. 1997. [Matriarchal genetic population structure of North American beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\)](#). Mol. Ecol. 6: 1033–1046.
- Burek-Huntington, K.A., Shelden, K.E.W., Andrews, R.D., Goertz, C.E.C., McGuire, T.L., Dennison, S. 2023. [Postmortem pathology investigation of the wounds from invasive tagging in belugas \(*Delphinapterus leucas*\) from Cook Inlet and Bristol Bay, Alaska](#). Mar. Mamm. Sci. 39: 492–514.
- Cabrol, J., Lesage, V., Leclerc, A., Giard, J., Iverson, S., Bérubé, M., Michaud, R., Nozais, C. 2021. [Decline in individual- and population-level specialization of the fin whale \(*Balaenoptera physalus*\) during a period of ecosystem shift](#). Sci. Rep. 11: 17181.
- Cairns, D.K., Chaput, G., Poirier, L.A., Avery, T.S., Castonguay, M., Mathers, A., Casselman, J.M., Bradford, R.G., Pratt, T., Verreault, G., Clarke, K., Veinott, G., Bernatchez, L. 2014. [Recovery potential assessment for the American eel \(*Anguilla rostrata*\) for eastern Canada: life history, distribution, reported landings, status indicators, and demographic parameters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/134.
- Caron, L.M.J., Smith, T.G. 1990. Philopatry and site tenacity of belugas, *Delphinapterus leucas*, hunted by the Inuit at the Nastapoka estuary, eastern Hudson Bay. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224 : 69–79.
- Casgrain, Abbé. 1873. La pêche aux marsouins dans le fleuve Saint-Laurent. 16 p. Montréal. Published without author name. Accessed 28 February 2020.
- Castellote, M., Mooney, T.A., Quakenbush, L., Hobbs, R., Goertz, C., Gaglione, E. 2014. [Baseline hearing abilities and variability in wild beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\)](#). J. Exp. Biol. 217 : 1682–1691.
- Chaire de recherche du MPO à l'ISMER-UQAR en acoustique marine appliquée à la recherche sur l'écosystème et les mammifères marins. 2021. [Atlas des paysages acoustiques océaniques](#).
- Charlton, C., Christiansen, F., Ward, R., Mackay, A.I., Andrews-Goff, V., Zerbini, A.N., Childerhouse, S. Guggenheimer, S., O'Shannessy, B., Brownell Jr., R.L. 2023. [Evaluating short to medium term effects of implantable satellite tags on southern right whales](#). Dis. Aquat. Org. 155 : 125–140.
- Chen, J., Ma, H. 2020. [A conceptual model of the healthy acoustic environment – elements framework and definition](#). Front. Psychol. 11 : 554285.
- Chion, C., Lagrois, D., Dupras, J., Turgeon, S., McQuinn, I.H., Michaud, R., Ménard, N., Parrott, L. 2017. [Underwater acoustic impacts of shipping management measures: results from a social-ecological model of boat and whale movements in the St. Lawrence River Estuary \(Canada\)](#). Ecol. Modell. 354: 72–87.
- Chion, C., Bonnell, T., Lagrois, D., Michaud, R., Lesage, V., Dupuch, A., McQuinn, I., Turgeon, S. 2021. [Agent-based modelling reveals a disproportionate exposure of females and calves to a local increase in shipping and associated noise in an endangered beluga population](#). Mar. Pollut. Bull. 173 : 112977.
-

-
- Christiansen, F., Bertulli, C.G., Rasmussen, M.H., Lusseau, D. 2015. [Estimating cumulative exposure of wildlife to non-lethal disturbance using spatially explicit capture recapture models](#). J. Wildl. Manage. 79: 311–324.
- Clark, C.W., Ellison, W.T., Southall, B.L., Hatch, L., Van Parijs, S.M., Frankel, A., Ponirakis, D. 2009. [Acoustic masking in marine ecosystem: intuitions, analysis, and implication](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 395: 201–222.
- Colbeck, G.J., Duchesne, P.D., Postma, L., Lesage, V., Hammill, M.O., Turgeon, J. 2013. [Groups of related belugas \(*Delphinapterus leucas*\) travel together during their seasonal migrations in and around Hudson Bay](#). Proc. R. Soc. Lond. B 280 : 20122552.
- Conversano, M., S. Turgeon et N. Ménard. 2017. Caractérisation de l'utilisation de l'embouchure du Saguenay et de la baie Sainte-Marguerite par le béluga du Saint-Laurent et par le trafic maritime entre 2003 et 2016. Analyse des données d'observation terrestre et recommandations sur des mesures de gestion visant à réduire le dérangement dans les aires de haute résidence du béluga dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Parcs Canada, Tadoussac, Québec. 122 p. Accédé en ligne, 30 Sep. 2023.
- COSEPAC. 2004. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le béluga \(*Delphinapterus leucas*\) au Canada – Mise à jour](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. x + 77 p.
- COSEPAC. 2014. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le beluga \(*Delphinapterus leucas*\), population de l'estuaire du Saint-Laurent, au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiv + 73 p.
- COSEPAC. 2016. Unités désignables du beluga (*Delphinapterus leucas*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 84 p.
- COSEPAC. 2022. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le marsouin commun \(*Phocoena phocoena*\), population de l'Atlantique nord-ouest au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiv + 51 p.
- Costa, L.G., de Laat, R., Tagliaferri, S., Pellacani, C. 2014. [A mechanistic view of polybrominated diphenyl ether \(PBDE\) developmental neurotoxicity](#). Toxicol. Lett. 230: 282–294.
- Curren, K., Lien, J. 1998. Observations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in waters off Newfoundland and Labrador and in the Gulf of St. Lawrence, 1979-1991. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 28–31.
- d'Anglejan, B.F., Smith, E.C. 1973. [Distribution, transport and composition of suspended matter in the St Lawrence Estuary](#). Can. J. Earth Sci. 10: 1380–1396.
- De Guise, S. 1998. [Effects of in vitro exposure of beluga whale leukocytes to selected organochlorines](#). J. Toxicol. Environ. Health Part A 55: 479–493.
- De Guise, S., Lagacé, A., Béland, P. 1994. [Gastric papillomas in eight St. Lawrence beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\)](#). J. Vet. Diag. Invest. 6: 385–388.
- De Guise, S., Martineau, D., Béland, P., and Fournier, M. 1995. [Possible mechanisms of action of environmental contaminants on St. Lawrence beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\)](#). Environ. Health Perspect. 103, Suppl. 4: 73–77.
- De Guise, S., Bernier, J., Martineau, D., Béland, P., Fournier, M. 1996. [Effects of in vitro exposure of beluga whale splenocytes and thymocytes to heavy metals](#). Environ. Toxicol. Chem. 15 : 1357–1364.
-

-
- Desjardins, C., Hamel, D., Landry, L., Scallon-Chouinard, P.-M. et Chalut, K. 2018. [Évaluation de la vulnérabilité de composantes biologiques du Saint-Laurent aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/003: ix + 280 p.
- Doidge, D.W. 1990. Integumentary heat loss and blubber distribution in the beluga, *Delphinapterus leucas*, with comparisons to the narwhal, *Monodon monoceros*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224: 129–140.
- Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). 2020. [Politique relative au rétablissement et à la survie en vertu de la Loi sur les espèces en péril, Loi sur les espèces en péril : Série de Politiques et de Lignes directrices](#). Accédé en ligne 30 sept. 2023.
- Environment and Climate Change Canada (ECCC). 2022. Species at Risk Act Implementation Guidance for Recovery Practitioners, Guidelines on Characterizing Recovery and Developing Population and Distribution Objectives. Developed by Environment and Climate Change Canada and the Canadian Wildlife Service.
- Erbe, C., Reichmuth, C. Cunningham, K. Lucke, K., Dooling, R. 2016. [Communication masking in marine mammals: A review and research strategy](#). Mar. Pollut. Bull. 103: 15-38.
- Erbe, C., Marley, S. A., Schoeman, R. P., Smith, J. N., Trigg, L.E., Embling, C.B. 2019. [The effects of ship noise on marine mammals—A review](#). Front. Mar. Sci. 6: 606.
- Fauchald, P., Tveraa, T. 2003. Using first-passage time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. Ecology 84: 282–288.
- Faucher, A. 1988. The vocal repertoire of the St. Lawrence estuary population of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) and its behavioral, social and environmental contexts. M.Sc. thesis. Dalhousie University, Halifax. NS, CAN
- Ferguson, S.H., Willing, C., Kelley, T.C., Boguski, D.A., Yurkowski, D.J., Watt, C.A. 2020. [Reproductive parameters for female beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\) of Baffin Bay and Hudson Bay, Canada](#). Arctic 73: 405–420.
- Finley, K.J. 1982. The estuarine habit of the beluga or white whale *Delphinapterus leucas*. Cetus 4: 4–5.
- Fontaine, P.-M., Hammill, M.O., Barrette, C., Kingsley, M.S.C. 1994. [Summer diet of harbour porpoise \(*Phocoena phocoena*\) in the Estuary and northern Gulf of St. Lawrence](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 172–178.
- Fraker, M.A., Gordon, C.D., McDonald, J., Ford, J., Cambers, G. 1979. The distribution of white whales in the Mackenzie estuary in relation to physical and chemical factors. Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 863: 56 p.
- Frost, K.J., Lowry, L.F. 1990. Distribution, abundance, and movements of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, in coastal waters of western Alaska. pp. 39–57 In Smith, T.G., St. Aubin, D.J., Geraci, J.R. (eds). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J. Lefavre, D. and Bourassa, M.-N. 2023. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence during 2022. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 354: v + 88 p.
- Gavrilchuk, K., Lesage, V., Ramp, C., Sears, R., Bearhop, S., Beauflet, G. 2014. [Trophic niche partitioning among sympatric baleen whale species during the period following the collapse of groundfish stocks in the Northwest Atlantic](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 497: 285–301.

-
- Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., Ménard, N. 2012. [Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub](#). J. Acoust. Soc. Am. 132: 76–89.
- Gervaise, C., Aulanier, F., Roy, N., Simard, Y. 2015. [Mapping probability of shipping sound exposure level](#). J. Acoust. Soc. Am. 137: EL429–435.
- Giménez, J., De Stephanis, R., Gauffier, P., Esteban, R., Verborgh, P. 2001. [Biopsy wound healing in long-finned pilot whales *Globicephala melas*](#). Vet. Rec. 168: 101.
- Gomez, C., Lawson, J.W., Wright, A.W., Buren, A., Tollit, D., Lesage, V. 2016. [Behavioural responses of marine mammals to man-made sounds and recommendations for the future](#). Can. J. Zool. 94: 801–819.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Mosnier, A. 2014. [Summer abundance indices of St. Lawrence Estuary beluga \(*Delphinapterus leucas*\) from a photographic survey in 2009 and 28 line transect surveys from 2001 and 2009](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/021: iv + 52 p.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Mosnier, A., Lesage, V. 2017. [Abundance index of St. Lawrence Estuary beluga, *Delphinapterus leucas*, from aerial visual surveys flown in August 2014 and an update on reported deaths](#). DFO Can Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/019. V + 28 p.
- Gracia, S., Roy, S., Starr, M. 2013. [Spatial distribution and viability of *Alexandrium tamarensis* resting cysts in surface sediments from the St. Lawrence Estuary, Eastern Canada](#). Estuar. Coast. Shelf Sci. 121–122: 20–32.
- Gruner, E. 1973. Clinical aspects of the nutritional status of the dam and parturition: calving problems and early viability of the calf. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci. 4: 468–477.
- Gulland, F.M.D., Hall, A.J. 2007. [Is marine mammal health deteriorating? Trends in the global reporting of marine mammal disease](#). Ecohealth 4: 145–150.
- Hall, A.J., McConnell, B.J., Schwacke, L.H., Ylitalo, G.M., Williams, R., Rowles, T.K. 2018 [Predicting the effects of PCBs on cetacean populations through impacts on immunity and calf survival](#). Environ. Pollut. 233: 407–418.
- Hammill, M.O., Lesage, V., Carter, P. 2005. [What do harp seals eat? Comparing diet reconstructions from different compartments of the digestive tract with diets estimated from stable isotope ratios](#). Can. J. Zool. 83: 1365–1372.
- Hammill, M.O., Stenson, G.B., Doniol-Valcroze, T., Mosnier, A. 2015. [Conservation of Northwest Atlantic harp seals: Past success, future uncertainty?](#) Biol. Conserv. 192: 181–191.
- Hammill, M.O., Stenson, G.B., Doniol-Valcroze, T. 2017. [A management framework for Nunavik beluga](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/060: v + 34 p.
- Harington, C.R. 2008. [The evolution of Arctic marine mammals](#). Ecol. Appl. 18: S23–S40.
- Hatch, L.T., Clark, C.W., Van Parijs, S.M., Frankel, A.S., Ponirakis, D.W. 2012. [Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. national marine sanctuary](#). Conserv. Biol. 26: 983–994.
- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R., Epstein, P.R., Grimes, D.J., Hofmann, E.E., Lipp, E.K., Osterhaus, A.D., Overstreet, R.M., Porter, J.W., Smith, G.W., Vasta, G.R. 1999. [Emerging marine diseases-climate links and anthropogenic factors](#). Science 285: 1505–1510.
-

-
- Harvey, J.A., Mullinax, J.M., Runge, M.C., Prosser, D.J. 2023. [The changing dynamics of highly pathogenic avian influenza H5Z1: Next steps for management and science in North America](#). Biol. Conserv. 282: 110041.
- Heide-Jørgensen, M.P., Teilmann, J. 1994. Growth, reproduction, age structure and feeding habits of white whales (*Delphinapterus leucas*) in West Greenland waters. Meddel. Grønland Biosci. 39: 195–212.
- Helenius, L., Head, E., Jekielek, P., Orphanides, C.D., Pepin, P., Perrin, G., Plourde, S., Ringuette, M., Runge, J., Walsh, H., Johnson, C. 2023. [Spatial variability in size and lipid content of the marine copepod *Calanus finmarchicus* across the Northwest Atlantic continental shelves: implications for North Atlantic right whale prey quality](#). J. Plankton Res. 00: 1-16.
- Hill, H.M.M., Lilley, M.K., Ham, J.R., Robeck, T. 2024. [A review of beluga sexual behavior and reproductive physiology leading to conception](#). Theriogenology 4: 100071.
- Hobbs, R.C., Laidre, K.L., Vos, D.J., Mahoney, B.A., Eagleton, M. 2005. Movements and area use of belugas, *Delphinapterus leucas*, in a Subarctic Alaskan Estuary. Arctic 58: 331-440.
- Hobbs, R.C., Waite, J.M., Rugh, D.J. 2000. Beluga, *Delphinapterus leucas*, group sizes in Cook Inlet, Alaska, based on observer counts and aerial video. Mar. Fish. Rev. 62: 46-59.
- Iqbal, A., Measures, L., Lair, S., Dixon, B. 2018. [Toxoplasma gondii infection in stranded St. Lawrence Estuary beluga *Delphinapterus leucas* in Quebec, Canada](#). Dis. Aquat. Org. 130: 165–175.
- Jia, B., Garlock, E., Allison, M.J., Michaud, R., Lo, R., Round, J.M., Helbing, C.C., Verreault, J., Brinkman, F.S.L. 2022. Investigating the relationship between the skin microbiome and flame retardant exposure of St Lawrence Estuary beluga. Front. Environ. Sci. 10: 954060.
- Jolicoeur, V., Houde, M., Loseto, L., Michaud, R., Verreault, J. 2024. [Variations in thyroid hormone levels in endangered St. Lawrence Estuary belugas: Potential linkage with stress and organohalogen contaminant exposure](#). Environ. Int. 186: 108647.
- John, J.S., Christen, D.R., Flammer, K.L., Kendall, T.L., Nazario, E.C., Richter, B.P., Gill, V., Williams, T.M. 2024. [Conservation energetics of beluga whales: using resting and swimming metabolism to understand threats to an endangered population](#). J. Exp. Biol. 227: jeb246899.
- Jönsson, K.I. 1997. [Capital and income breeding as alternative tactics of resource use in reproduction](#). Oikos 78: 57–66.
- Jutras, M., Dufour, C. O., Mucci, A., Cyr, F., and Gilbert, D. 2020. [Temporal changes in the causes of the observed oxygen decline in the St. Lawrence Estuary](#). J. Geophys. Res. Oceans 125: e2020JC016577.
- Kastelein, R.A., Ford, J., Berghout, E., Wiepkema, P.R., van Boxsel, M. 1994. Food consumption, growth and reproduction of belugas (*Delphinapterus leucas*) in human care. Aquat. Mamm. 20: 81–97.
- Kershaw, J.L., Ramp, C.A., Sears R., Plourde, S., Brosset, P., Miller, P.J.O., Hall, A.J. 2020. [Declining reproductive success in the Gulf of St. Lawrence's humpback whales \(*Megaptera novaeangliae*\) reflects ecosystem shifts on their feeding grounds](#). Glob. Change Biol. 27: 1027–1041.
- Kingsley, M.C.S. 1998. [Population index estimates for the St. Lawrence belugas, 1973–1995](#). Mar. Mamm. Sci. 14: 508–530.
-

-
- Kleinenberg, S.E., Yablokov, A., Belkovich, B.M., Tarasevich, M.N. 1964. Beluga (*Delphinapterus leucas*): investigation of the species. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, No. TT-67-51345 (original publication in Russian, Moscow, 1964)
- Klemm, K., Cembella, A., Clarke, D., Cusack, C., Arnebord, L., Karlson, B., Liu, Y., Naustvoll, L., Siano, R., Gran-Stadniczenko, S., John, U. 2022. [Apparent biogeographical trends in *Alexandrium* blooms for northern Europe: identifying links to climate change and effective adaptive actions](#). Harmful Algae 119: 102335.
- Knowlton, A.R., Clark, J.S., Hamilton, P.K., Krauss, S.D., Pettis, H.M., Rolland, R.M., Schick, R.S. 2022. [Fishing gear entanglement threatens recovery of critically endangered North Atlantic right whales](#). Conserv. Sci. Pract. 2022: e12736.
- Lair, S., Martineau, D., Measures, L.N. 2014. [Causes of mortality in St. Lawrence Estuary beluga \(*Delphinapterus leucas*\) from 1983 to 2012](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/119: iv + 37 p.
- Lair, S., Gentes, M.-L., Measures, L.N. 2015. Documentation de l'évolution du protocole d'examen des carcasses de béluga de l'estuaire du Saint-Laurent de 1983 à 2012. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 3143: viii + 65 p.
- Lair, S., Measures, L.N., Martineau, D. 2016. [Pathological findings and trends in mortality in the beluga \(*Delphinapterus leucas*\) population of the St Lawrence Estuary, Québec, Canada, from 1983 to 2012](#). Vet. Pathol. 53: 22–36.
- Larocque, R., Cembella, A.D. 1990. Ecological parameters associated with the seasonal occurrence of *Alexandrium* spp. and consequent shellfish toxicity in the lower St. Lawrence Estuary (eastern Canada). pp. 368-373. In Granéli, E, Anderson, D.M., Edler, L. (eds). *Toxic Marine Phytoplankton*. New York: Elsevier.
- Laughlin, T.R. (ed.) 1994. [Oil damage: Marine mammals and the Exxon Valdez](#). Academic Press Inc., San Diego, CA.
- Lavigne, D.M., Scmitz, O.J. 1990. [Global warming and increasing population densities: a prescription for seal plague](#). Mar. Pollut. Bull. 21: 280–284.
- Lavoie, D., Lambert, N., Rousseau, S., Dumas, J., Chassé, J., Long, Z., Perrie, W., Starr, M., Brickman, D., and Azetsu-Scott, K. 2020. Projections of future physical and biochemical conditions in the Gulf of St. Lawrence, on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine using a regional climate model. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 334: xiii + 102 p.
- Lawson, J.W., Stevens, T.S. 2014. [Historic and current distribution patterns, and minimum abundance of killer whales \(*Orcinus orca*\) in the north-west Atlantic](#). J. Mar. Biol. Assoc. UK 94: 1253–1265.
- Lawson, J.W., Hammill, M.O., Stenson, G.B. 2006. [Characteristics for recovery: Beluga whale](#). Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/075.
- Leatherwood, S., Reeves, R.R., Perrin, W.F., Evans, W.E. 1988. Whales, dolphins, and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent Arctic waters. New York : Dover Publications, Inc. 245 pp.
- Lebeuf, M., Measures, L., Noël, M., Raach, M., Trottier, S. 2014. [A twenty-one year temporal trend of persistent organic pollutants in St. Lawrence Estuary beluga, Canada](#). Sci. Total Environ. 485: 377–386.
-

-
- Leguia, M., Garcia-Glaessner, A., Muñoz-Saavedra, B., Juárez, D., Barrera, P., Calvo-Mac, C., Jara, J., Silva, W., Ploog, K., Colchao-Claux, P., Johnson, C.K., Uhart, M.M., Nelson, M.I., Lescano, J. 2023. [Highly pathogenic avian influenza A \(H5N1\) in marine mammals and seabirds in Peru](#). *Nature Comm.* 14: 5489.
- Lemieux-Lefebvre, S., Michaud, R., Lesage, V., Berteaux, D. 2012. [Identifying high residency areas of the threatened the St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 450: 243–257.
- Le Net, R., Larrat, S., Michaud, R., Lair, S. 2021. [Pathological and epidemiological investigation of skin lesions in belugas \(*Delphinapterus leucas*\) from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada](#). *Mar. Mamm. Sci.* 38: 653–681.
- Lesage, V. 2014. [Trends in the trophic ecology of St. Lawrence beluga \(*Delphinapterus leucas*\) over the period 1988-2012, based on stable isotope analysis](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/126: iv + 25 p.
- Lesage, V. 2018. [Le beluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Un examen scientifique de l'efficacité des mesures de rétablissement pour trois populations de baleines en péril](#). Rapport préparé pour Pêches et Océans Canada, Ottawa. 74 p.
- Lesage, V. 2021. [The challenges of a small population exposed to multiple anthropogenic stressors and a changing climate: the St. Lawrence Estuary beluga](#). *Polar Res.* 40: 5523.
- Lesage, V., Kingsley, M.C.S. 1995. Bilan des connaissances de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2041: vii + 44 p.
- Lesage, V., Kingsley, M.C.S. 1998. Updated status of the St Lawrence River population of the Beluga, *Delphinapterus leucas*. *Can.-Fld Nat.* 112: 98–113.
- Lesage, V., Barrette C., Kingsley, M.C.S. 1999. [The effect of noise from an outboard motor and a ferry on the vocal activity of beluga \(*Delphinapterus leucas*\) in the St Lawrence Estuary, Canada](#). *Mar. Mamm. Sci.* 15: 65–84.
- Lesage, V., Hammill, M.O., Kovacs, K.M. 2001. Marine mammals and the community structure of the Gulf and Estuary regions of the St Lawrence (Canada). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210: 203–221.
- Lesage, V., Keays, J., Turgeon, S., Hurtubise, S. 2006. [Bycatch of harbour porpoises \(*Phocoena phocoena*\) in the gillnet fishery of the Estuary and Gulf of St Lawrence, 2000-2002](#). *J. Cetacean Res. Manage.* 8: 67–78.
- Lesage, V., Mosnier, A., Measures, L., Lair, S., Béland, P. 2014a. [Mortality patterns in St. Lawrence Estuary beluga \(*Delphinapterus leucas*\), inferred from the carcass recovery data, 1983-2012](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/118: ii + 24 p.
- Lesage, V., McQuinn, I.H., Carrier, D., Gosselin, J.-F., and Mosnier, A. 2014b. [Exposure of the beluga \(*Delphinapterus leucas*\) to marine traffic under various scenarios of transit route diversion in the St. Lawrence Estuary](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec., Res. Doc. 2013/125. iv + 28 p.
- Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lawson, J.W., McQuinn, I., Moors-Murphy, H., Plourde, S., Sears, R., Simard, I. 2018. [Habitats important to blue whales \(*Balaenoptera musculus*\) in the western North Atlantic](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/080: vi + 50 p.
- Lesage, V., Lair, S., Turgeon, S., Béland, P. 2020. [Diet of St. Lawrence Estuary Beluga, *Delphinapterus leucas*, in a changing ecosystem](#). *Can. Fld-Nat.* 134: 21–35.
-

-
- Lewis, A., Hammill, M.O., Power, M., Doidge, D.W., Lesage, V. 2009. [Movement and aggregation of Eastern Hudson Bay beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\): a comparison of patterns found through satellite telemetry and Nunavik traditional ecological knowledge](#). Arctic 62: 13–24.
- Lockyer, C. 1986. Body fat condition in Northeast Atlantic fin whales and its relationship with reproduction and food resources. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 142–147.
- Loseto, L.L., Richard, P., Stern, G.A., Orr, J., Ferguson, S.H. 2006. [Segregation of Beaufort Sea beluga whales during the open-water season](#). Can. J. Zool. 84: 1743–1751.
- Loughlin, T.R. (ed.). 1994. Marine mammals and the 'Exxon Valdez'. Academic Press, San Diego, CA.
- Lusseau, D., Bejder, L. 2007. [The long-term consequences of short-term responses of disturbance experiences from whalewatching impact assessment](#). Int. J. Comp. Psychol. 20: 228–236.
- Marchand, C., Simard, Y., Gratton, Y. 1999. [Concentration of capelin in tidal upwelling fronts at the head of the Laurentian channel in the St. Lawrence estuary](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1832–1848.
- Marcogliese, D., Boily, F., Hammill, M.O. 1996. [Distribution and abundance of stomach nematode \(*Anisakidae*\) among grey seals \(*Halichoerus grypus*\) and harp seals \(*Phoca groenlandica*\) in the Gulf of St. Lawrence](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2829–2836.
- Martineau, D., Lagacé, A., Béland, P., Higgins, R., Armstrong, D., Shugart, L.R. 1988. [Pathology of stranded beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\) from the St. Lawrence Estuary, Québec, Canada](#). J. Comp. Pathol. 98: 287–311.
- Martineau, D., De Guise, S., Fournier, M., Shugart, L.R., Girard, C., Lagacé, A., Béland, P. 1994. [Pathology and toxicology of beluga whales from the St Lawrence Estuary, Quebec, Canada: past, present and future](#). Sci. Total Environ. 154: 201–215.
- Martineau, D., Lemberger, K., Dallaire, A., Labelle, P., Lipscomb, T.P., Michel, P., Michaelian, I. 2002. [Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St Lawrence Estuary, Quebec, Canada](#). Environ. Health Perspect. 110: 285–292.
- Matkin, C.O., Saulitis, E.L., Ellis, G.M., Olesiuk, P., Rice, S.D. 2008. [Ongoing population-level impacts on killer whales *Orcinus orca* following the 'Exxon Valdez' oil spill in Prince William Sound, Alaska](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 356: 269–281.
- Matthews, C., Breed, G.A., LeBlanc, B., Ferguson, S.F. 2020. [Killer whale presence drives bowhead whale selection for sea ice in Arctic seascapes of fear](#). Proc. Nat. Acad. Sci. 117: 6590–6598.
- McQuinn, I.H., Lesage, V., Carrier, D., Larrivée, G., Samson, Y., Chartrand, S., Michaud, R., Theriault, J. 2011. [A threatened beluga \(*Delphinapterus leucas*\) population in the traffic lane: vessel-generated noise characteristics of the Saguenay–St. Lawrence Marine Park, Canada](#). J. Acoust. Soc. Am. 130: 3661–3673.
- Ménard, N.R., Michaud, R., Chion, C., Turgeon, S. 2014. [Documentation of maritime traffic and navigational interactions with St. Lawrence Estuary beluga \(*Delphinaterus leucas*\) in calving areas between 2003 and 2012](#). DFO Can. Sci. Advis. Secr. Res. Doc. 2014/003.
- Meyer-Gutbrod, E.L., Greene, C.H., Sullivan, P.J., Pershing, A.J. 2015. [Climate-associated changes in prey availability drive reproductive dynamics of the North Atlantic right whale population](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 535: 243–258.
-

-
- Michaud, R. 1993. Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent; synthèse 1986 à 1992. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1906: vi + 28 p.
- Michaud, R. 2005. Sociality and ecology of the odontocetes. pp. 303–326 In Ruckstuhl, K.E., Neuhaus, P. (eds.) *Sexual segregation in vertebrates: ecology of the two sexes*. Cambridge University Press, AU.
- Michaud, R. 2007. Unpublished report presented to Fisheries and Oceans Canada. Disponible au : GREMM, 108 de la Cale Sèche, Tadoussac, G0T 2A0.
- Michaud, R., Chadenet, V. 1990. Survol aérien pour l'estimation de la distribution printanière et des déplacements des bélugas du Saint-Laurent. Préparé par l'Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent, pour Pêches et Océans Canada. 36p. Disponible au GREMM, 108 de la Cale Sèche, Tadoussac, Québec Canada. G0T 2A0.
- Michaud, R., Vézina, A., Rondeau, N., Vigneault, Y. 1990. Distribution annuelle et caractérisation des habitats du béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Rapp. can. sci. halieut. aquat. 1757: v + 31 p.
- Mikaelian, I, Labelle, P., Martineau, D. 1999. [Metastatic mammary adenocarcinomas in two beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\) from the St. Lawrence estuary, Quebec, Canada](#). Vet. Rec. 145: 738–739.
- Miller, C.A., Reeb, D., Best, P.B., Knowlton, A., Brown, M.W., Moore, M.J. 2011. [Blubber thickness in right whales *Eubalaena glacialis* and *Eubalaena australis* related to reproduction, life history status and prey abundance](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 438: 267–283.
- Mitchell, E., Reeves, R.R. 1988. Records of killer whales in western North Atlantic, with emphasis on eastern Canadian waters. Rit Fiskideildar 11: 163–193.
- Mosnier, A., Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lemieux Lefebvre, S., Hammill, M.O., Doniol-Valcroze, T. 2010. [Information relevant to the documentation of habitat use by St. Lawrence beluga \(*Delphinapterus leucas*\), and quantification of habitat quality](#). DFO Can. Sci. Advis. Secr. Res. Doc. 2009/098.
- Mosnier, A., Doniol-Valcroze, T., Gosselin, J.-F., Lesage, V., Measures, L.N., Hammill, M.O. 2015. [Insights into processes of population decline using an integrated population model: the case of the St. Lawrence beluga \(*Delphinapterus leucas*\)](#). Ecol. Modell. 314: 15–31.
- Mosnier, A., Larocque, R., Lebeuf, M., Gosselin, J.-F., Dubé, S., Lapointe, V., Lesage V., Lefavre, D., Senneville, S., Chion C. 2016. [Définition et caractérisation de l'habitat du béluga \(*Delphinapterus leucas*\) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2016/052.
- Mosnier A., Gosselin J.-F. et Lesage, V. 2022. [Distribution saisonnière et concentration de quatre espèces de baleine à fanons dans l'estuaire du Saint-Laurent, basé sur 22 ans de données d'observations de Pêches et Océans Canada](#). Secr. can. des avis du MPO. Doc. de rech. 2020/053. iv + 121 p.
- Mosnier, A., Dispas, A., Hammill, M.O. 2023. Spatial distribution and count of harbour seals (*Phoca vitulina*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence from an aerial survey conducted in June 2019. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3541 : v + 65 p.
- MPO. 2007. [Protocole révisé pour l'exécution des évaluations du potentiel de rétablissement](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2007/039.
-

-
- MPO. 2012. [Programme de rétablissement du béluga \(*Delphinapterus leucas*\), population du Saint-Laurent au Canada](#). Pêches et Océans Canada. Ottawa, xi + 93 p.
- MPO. 2013. [Compte rendu de l'atelier national pour Expertise technique en évaluation de stocks \(ETES\) : Points de référence en matière de rendement maximal soutenu \(RMS\) et approche de précaution en situation de variation de la productivité ; du 13 au 15 décembre 2011](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/055.
- MPO. 2014a. [Lignes directrices sur l'évaluation des menaces, des risques écologiques et des répercussions écologiques pour les espèces en péril](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/013. (Erratum : juin 2016).
- MPO. 2014b. [Situation du béluga \(*Delphinapterus leucas*\) de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2013/076.
- MPO. 2015. Pêches et Océans Canada, Loi sur les espèces en péril. [Directive sur la désignation de l'habitat essentiel des espèces aquatiques en péril](#).
- MPO. 2018. [Effets potentiels des projets de construction de terminaux maritimes dans le fjord du Saguenay sur le béluga du Saint-Laurent et son habitat](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2018/025.
- MPO. 2020. [Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga \(*Delphinapterus leucas*\) et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent](#). Série de Plans d'action de la *Loi sur les espèces en péril*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, iv + 34 p.
- MPO. 2022. [Rapport sur les progrès de la mise en œuvre du programme de rétablissement du béluga \(*Delphinapterus leucas*\), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, pour la période 2012 à 2019](#). Série de rapports sur les programmes de rétablissement prévue dans la *Loi sur les espèces en péril*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, iv + 77 p.
- MPO. 2023. [Abondance et trajectoire de la population de béluga de l'estuaire du Saint-Laurent](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2023/024.
- Murie, D.J., Lavigne, D.M. 1991. [Food consumption of wintering harp seals, *Phoca groenlandica*, in the St. Lawrence estuary, Canada](#). Can. J. Zool. 69: 1289–1296.
- New, L.F., Clark, J.S., Costa, D.P., Fleishman, E., Hindell, M.A., Klanjscek, T., Lusseau, D., Kraus, S., McMahon, C.R., Robinson, P.W., Schick, R.S., Schwarz, L.K., Simmons, S.E., Thomas, L., Tyack, P., Harwood, J. 2014. [Using short-term measures of behaviour to estimate long-term fitness of southern elephant seals](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 496: 99–108.
- Nielsen, O., Stewart, R.W., Measures, L., Duignan, P., House, C. 2000. [A morbillivirus antibody survey of Atlantic walrus, narwhal and beluga in Canada](#). J. Wild. Dis. 36: 508–517.
- Nielsen, O. Burek-Huntington, K.A., Loseto, L.L., Morell, M. Romero, C.H. 2017. [Alphaherpesvirus: isolation, identification, partial characterisation, associated pathologic findings, and epidemiology in beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\) in Alaska and Arctic Canada](#). Arctic Sci. 4: 338–357.
- Noël, M., Brown, T.M. 2021. Contaminants as a conservation threat to marine mammals. p. 401-420 *In* Underkoffler, S.C., Adams, H.R., eds. *Wildlife biodiversity conservation: Multidisciplinary and forensic approaches*. Springer Nature, Switzerland.
- Norman, S.A., Dreiss, L.M., Niederman, T.E., Nalven, K.B. 2022. [A systematic review demonstrates how surrogate populations help inform conservation and management of an endangered species — The case of Cook Inlet, Alaska belugas](#). Front. Mar. Sci. 9: 804218.
-

-
- O’Corry-Crowe, G. 2018. Beluga whale. In: B. Würsig, J.G.M. Thewissen, Kit M. Kovacs, eds. Marine Mammal Encyclopedia. Academic Press, London, U.K.
- O’Corry-Crowe, G., Suydam, R., Quakenbush, L., Potgieter, B., Harwood, L., Litovka, D., Ferrer, T., Citta, J., Burkanov, V., Frost, K., Mahoney, B. 2018. [Migratory culture, population structure and stock identity in North Pacific beluga whales \(*Delphinapterus leucas*\)](#). PLoS ONE 13: e0194201.
- O’Corry-Crowe, G., Suydam, R., Quakenbush, L., Smith, T.G., Lydersen, C., Kovacs, K.M., Orr, J., Harwood, L., Litovk, D., Ferrer, T. 2020. [Group structure and kinship in beluga whale societies](#). Sci. Rep. 10: 11462.
- Ouellet, J.-F., Michaud, R., Moisan, M., Lesage, V. 2021. [Estimating the proportion of a beluga population using specific areas from connectivity patterns and abundance indices](#). Ecosphere 12: e03560.
- Palsbøll, P.J., Heide-Jørgensen, M.-P., Bérubé, M. 2002. [Analysis of mitochondrial region nucleotide sequences from Baffin Bay beluga – detecting pods or sub-populations](#). NAMMCO Sci. Publ. 4: 39–50.
- Peterson, C., Rice, S., Short, J., Esler, D., Bodkin, J.L., Ballachey, B.E. et Irons, D. 2003. [Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill](#). Science 302: 2082–2086.
- Pippard L. 1985. Status of the St. Lawrence River population of beluga, *Delphinapterus leucas*. Can. Fid-Nat. 99: 438–450.
- Pippard, L., Malcolm, H. 1978. White whales (*Delphinapterus leucas*): observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers. The Department of Indian and Northern Affairs, Parks Canada. Manusc. Rep. 159 p. Available via the DFO library, Dartmouth, NS.
- Pirotta, E., Merchant, N.D., Thompson, P.M., Barton, T.R., Lusseau, D. 2015. [Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity](#). Biol. Conserv. 181: 82–89.
- Pirotta, E., Mangel, M., Costa, D.P., Goldbogen, J., Harwood, J., Hin, V., Irvine, L.M., Mate, B.R., McHuron, E.A., Palacios, D.M., Schwarz, L.K. New, L. 2019. [Anthropogenic disturbance in a changing environment: modelling lifetime reproductive success to predict the consequences of multiple stressors on a migratory population](#). Oikos 128: 1340–1357.
- Pirotta, E., Booth, C.G., Cade, D.E., Calambokidis, J., Costa, D.P., Fahlbusch, J.A., Friedlander, A.S., Goldbogen, J.A., Harwood, J., Hazen, E.L., New, L., Southall, BL. 2021. [Context-dependent variability in the predicted daily energetic costs of disturbance for blue whales](#). Conserv. Physiol. 9: coaa137.
- Pirotta, E., Booth, C.G., Calambokidis, J., Costa, D.P., Fahlbusch, J.A., Friedlander, A.S., Goldbogen, J.A., Harwood, J., Hazen, E.L., New, L., Santora, J.A., Watwood, S.L., Wertman, C., Southall, BL. 2022. [From individual responses to population effects: Integrating a decade of multidisciplinary research on blue whales and sonar](#). Anim. Conserv. 25: 796–810.
- Pirotta, E., Schick, R.S., Hamilton, P.K., Harris, C.M., Hewitt, J., Knowlton, A.R., Kraus, S.D., Meyer-Gutbrod, E., Moore, M.J., Pettis, H.M., Photopoulou, T., Rolland, R.M., Tyack, P.L., Thomas, L. 2023. [Estimating the effects of stressors on the health, survival and reproduction of a critically endangered, long-lived species](#). Oikos 2023: e09801.

-
- Plourde S., Galbraith P., Lesage V., Grégoire F., Bourdages H., Gosselin J.-F., McQuinn I. & Scarratt M. 2014. [Ecosystem perspective on changes and anomalies in the Gulf of St. Lawrence: a context in support of the management of the St. Lawrence beluga whale population](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/129.
- Poirier M.C., Lair S., Michaud R., Hernandez-Ramon E.E., Divi K.V., Dwyer J.E., Ester C.D., Si N.N., Ali M., Loseto L.L., Raverty S.A., St. Leger J.A., Van Bonn W.G., Colegrove K., Burek-Huntington K.A., Suydam R., Stimmelmayer R., Pierce Wise J. Sr., Wise S.S., Beauchamp G. & Martineau D. 2019. [Intestinal polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in a population of beluga whales with high levels of gastrointestinal cancers](#). Environ. Mol. Mutagen. 60: 29–41.
- Postma, D. 2017. Genetic diversity, population structure and phylogeography among belugas (*Delphinapterus leucas*) in Canadian waters: broad to fine-scale approaches to inform conservation and management strategies. PhD thesis. University of Manitoba. 296 p.
- Quakenbush, L.T., Suydam, R.S., Bryan, A.L., Lowry, L.F., Frost, K.J., Mahoney, B.A. 2015. [Diet of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, in Alaska from stomach contents, March–November](#). Mar. Fish. Rev. 77: 70–84.
- Reeves, R.R., Katona, S.K. 1980. Extralimital records of white whales in eastern North American waters. Can. Fld-Nat. 94: 239–247.
- Reeves R.R., Mitchell E. 1984. Catch history and initial population of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the river and Gulf of St. Lawrence, eastern Canada. Can. Fld-Nat. 111: 63–121.
- Richard, P.R., Stewart, B. 2008. [Information relevant to the Identification of Critical Habitat for Cumberland Sound Belugas](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/085.
- Richard, P.R., Heide-Jørgensen, M.-P., Orr, J.R., Dietz, R., Smith, T.G. 2001. [Summer and autumn movements and habitat use by belugas in the Canadian High Arctic and adjacent areas](#). Arctic 54: 207–222.
- Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr., Malme, C.I., Thomson, D.H. 1995. [Marine mammals and noise](#). Academic Press, San Diego.
- Rivas, M.L., Guirado, E., Ortega, Z. 2024. [Relation between beluga whale aggregations and sea temperature on climate change forecasts](#). Front. Mar. Sci. 11:1359429.
- Rosen, D.A.S. 2009. Steller sea lions *Eumetopias jubatus* and nutritional stress: evidence from captive studies. Mamm. Rev. 39: 284–309.
- Roy, N., Simard, Y. 2015. Bruit ambiant et fréquentation de la région de Cacouna par le béluga du Saint-Laurent à l'été 2014 par monitoring acoustique continu. Rapp. tech. can sci. halieut. aquat. 3141: vi + 22 p.
- Roy, N., Simard, Y., Aulanier, F., and Giard, S. 2018. [Fin whale continuous frequentation of St. Lawrence habitats detected from multi-year passive acoustic monitoring \(PAM\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/059: iv + 14 p.
- Ryan, S.A., Wohlgeschaffen, G., Jahan, N., Niu, H., Ortmann, A.C., Brown, T.N., King, T.L., and Clyburne, J. 2019. State of Knowledge on Fate and Behaviour of Ship-Source Petroleum Product Spills: Volume 4, St. Lawrence Seaway, Montreal to Anticosti, Québec. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3176: viii + 42 p.

-
- Sanderson, C.E., Alexander, K.A. 2020. [Unchartered waters: Climate change likely to intensify infectious disease outbreaks causing mass mortality events in marine mammals](#). Glob. Chang. Biol. 26: 4284–4301.
- Saucier, F.J., F. Roy, S., Senneville, G., Smith, D., Lefavre, D., Zakardjian, B., Dumais, J.-F. 2009. [Modélisation de la circulation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en réponse aux variations du débit d'eau douce et des vents](#). Rev. Sci. de l'Eau 22: 159–176.
- Savenkoff, C., M. Castonguay, D. Chabot, M.O. Hammill, H. Bourdages, and L. Morissette. 2007. [Changes in the northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modelling: Evidence of a fishery-induced regime shift?](#) Estuar. Coast. Shelf Sci. 73: 711–724.
- Scarratt, M., Michaud, S., Measures, L., Starr, M. 2014. [Phytotoxin analyses in St. Lawrence Estuary beluga](#). DFO Can Sci Advis Sec Res Doc 2013/124: v + 16 p.
- Scheifele, P.M., Andrew, S., Cooper, R.A., Darre, M., Musiek, F.E., Max, L. 2005. [Indication of a Lombard vocal response in the St. Lawrence River beluga](#). J. Acoust. Soc. Am. 117: 1486–1492.
- Schleimer, A., Ramp, C., Delarue, J., Carpentier, A., Bérubé, M., Palsbøll, P.J., Sears, R., Hammond, P.S. 2019. [Decline in abundance and apparent survival rates of fin whales \(*Balaenoptera physalus*\) in the northern Gulf of St. Lawrence](#). Ecol. Evol. 2019: 1–14.
- Seaman, G.A., Lowry, L.F., Frost, K.J. 1982. Foods of belukha whales (*Delphinapterus leucas*) in western Alaska. Cetology 44: 1–19.
- Sears, R., Williamson, J.M. 1982. A preliminary aerial survey of marine mammals for the gulf of the St Lawrence to determine their distribution and relative abundance. Parks Canada. Contract #81-1272. Mingan Island Cetacean Study (MICS Project M06), Falmouth, MA and Sept-Iles, Quebec. Available from DFO Library, Dartmouth, NS.
- Senigaglia, V., Christensen, F., Bejder, L., Gendron, D., Lundquist, D., Noren, D.P., Schaffar, A., Smith, J.C., Williams, R., Martinez, E., Stockin, K., Lusseau, D. 2016. [Meta-analyses of whale-watching impact studies: comparisons of cetacean responses to disturbance](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 542: 251–263.
- Sergeant, D. E. 1973. [Biology of white whale in western Hudson Bay](#). J. Fish. Res. Brd Can. 30:1065–1090.
- Sergeant, D.E. 1986. Present status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St. Lawrence Estuary. Natur. Can. 113: 61–81.
- Sergeant, D.E. 1991. Harp seals, man and ice. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 114: 1–153.
- Sergeant, D. E., Brodie, P.F. 1969. [Body size in white whales, *Delphinapterus leucas*](#). J. Fish. Res. Brd Can. 26: 2561–2580.
- Sergeant, D. E., Brodie, P.F. 1975. [Identity, abundance, and present status of populations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in North America](#). J. Fish. Res. Board Can. 32: 1047–105.
- Sergeant, D.E., Hoek, W. 1988. [An update of the status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St. Lawrence Estuary, Canada](#). Biol. Conserv. 45: 287–302.
- Sergeant, D.E., Mansfield, A.W., Beck, B. 1970. [Inshore cetacean records for eastern Canada, 1949-68](#). J. Fish. Res. Brd. Can. 27: 1903–1915.
-

-
- Simard, Y., Lavoie, D., Saucier, F.J. 2002. [Channel head dynamics: Capelin \(*Mallotus villosus*\) aggregation in the tidally-driven upwelling system of the Saguenay – St. Lawrence Marine Park's whale feeding ground](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 197-210.
- Simard, Y., Lepage, R., Gervaise, C. 2010. [Anthropogenic sound exposure of marine mammals from seaways: estimates for lower St. Lawrence Seaway, eastern Canada](#). Appl. Acoust, 71: 1093–1098.
- Simard, Y., Roy N., Giard, S., Yayla, M. 2014. Canadian year-round shipping traffic atlas for 2013: volume 1, East Coast marine waters. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3091 (Vol. 1) East coast waters.
- Simard, Y., Roy, N., Giard, S., Aulancier, A. 2019. [North Atlantic right whale shift to the Gulf of St. Lawrence in 2015, revealed by long-term passive acoustics](#). Endang. Species Res. 40: 271–284.
- Simard, Y., Claing, C., Gervaise, C., Roy, N., Bourdages, L., Aulancier, F. et Conversano, M. 2022. Estimation des niveaux de bruit de bateaux d'écotourisme opérant dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent au moyen d'un observatoire acoustique. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3480: viii + 49 p.
- Simard, Y., Giard, S., Roy, N., Aulancier, F., Lesage, V. 2023. [Mesoscale habitat use by St. Lawrence Estuary beluga over the annual cycle from an acoustic recording network](#). J. Acoust. Soc. Am. 154: 635–649.
- Simeone, C.A., Gulland, F.M., Norris, T., Rowles, T.K. 2015. [A systematic review of changes in marine mammal health in North America, 1972–2012: The need for a novel integrated approach](#). PLoS ONE 10: e0142105.
- Simond, A.E., Houde, M., Lesage, V., Verreault, J. 2017. [Temporal trends of PBDEs and emerging flame retardants in belugas from the St. Lawrence Estuary \(Canada\) and comparisons with minke whales and belugas from the Canadian Arctic](#). Environ. Res. 156: 494–504.
- Simond, A.E., Houde, M., Lesage, V., Michaud, R., Zbinden, D., Verreault, J. 2019. [Associations between organohalogen contaminant and thyroid- and steroid-related gene responses in St. Lawrence Estuary beluga and minke whales](#). Mar. Pollut. Bull. 145: 174–184.
- Simond, A., Houde, M., Lesage, V., Michaud, R., Verreault, J. 2020. [Metabolomic profiles of the endangered St. Lawrence Estuary beluga population and associations with organohalogen contaminants](#). Sci. Total Environ. 717: 137204.
- Simond, A.E., Noël, M., Loseto, L., Houde, M., Kirk, J., Elliott, A., Brown, T.M. 2022. [A multi-matrix metabolomic approach in ringed seals and beluga whales to evaluate contaminant and climate-related stressors](#). Metabolites 12: 813.
- Simond, A.É., Ross, P.S., Cabrol, J., Lesage, V., Lair, S., Woudneh, M., Peng, H., Colbourne, K., Brown, T.M. 2023. [Declining concentrations of chlorinated paraffins in endangered St. Lawrence estuary belugas \(*Delphinapterus leucas*\): Response to regulations or a change in diet?](#) Sci. Total Environ. 868: 161488.
- Sjare, B., Smith, T. G. 1986a. [The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories](#). Can. J. Zool. 64: 2075-2080.
- Sjare, B., Smith, T.G. 1986b. [The relationship between behavioral activity and underwater vocalizations of the white whale, *Delphinapterus leucas*](#). Can. J. Zool. 64: 2824–2831.
-

-
- Skovrind, M., Louis, M., Westbury, M.V., Garilao, C., Kaschner, K., Samaniego Castruita, J.A., Gopalakrishnan, S., Knudsen, S.W., Haile, J.S., Dalén, L., Meshchersky, I.G., Shpak, O.V., Glazov, D.M., Rozhnov, V.V., Litovka, D.I., Krasnova, V.V., Chernetsky, A.D., Bel'kovich, V.M., Lydersen, C., Kovacs, K.M., Heide-Jørgensen, M.P., Postma, L., Ferguson, S.H., Lorenzen, E.D. 2021. [Circumpolar phylogeography and demographic history of beluga whales reflect past climatic fluctuations](#). *Mol. Ecol.* 30: 2543-2559.
- Smith, T.G., Hammill, M.O., Martin, A.R. 1994. Herd composition and behaviour of belugas, *Delphinapterus leucas*, in two Canadian Arctic estuaries. *Medd, Grønland Biosci.* 39: 175–184.
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J. Gentry, R.L., Greene, Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.R., Thomas, J.A., Tyack, P.L. 2007. [Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations](#). *Aquat. Mamm.* 33, 411–521.
- Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P., Tyack, P.L. 2019. [Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects](#). *Aquat. Mamm.* 45: 125–232.
- Southall, B.L. Nowacek, D.P., Bowles, A.E., Senigaglia, C., Bejder, L., Tyack, P.L. 2021. [Marine mammal noise exposure criteria: Assessing the severity of marine mammal behavioral responses to human noise](#). *Aquat. Mamm.* 47: 421–464.
- St. Aubin, D.J., Smith, T.G., Geraci, J.R. 1990. [Seasonal epidermal molt in beluga whales, *Delphinapterus leucas*](#). *Can. J. Zool.* 68: 359–367.
- Starr M., Lair S., Michaud S., Scarratt M., Quilliam M., Lefavre D., Robert M., Wotherspoon A., Michaud R., Ménard N., Sauvé G., Lessard S. and Measures L. 2017. [Multispecies mass mortality of marine fauna linked to a toxic dinoflagellate bloom](#). *PLoS One* 12: e0176299.
- Stenson, G. B., Haug, T., Hammill, M. O. 2020. [Harp seals: Monitors of change in differing ecosystems](#). *Front. Mar. Sci.* 7: 569258.
- Storrie, L., Hussey, N.E., MacPhee, S.A., O’Corry-Crowe, G., Iacozza, J., Barber, D.G., Nunes, A., Loseto, L.L. 2022. [Year-round dive characteristics of male beluga whales from the Eastern Beaufort Sea population indicate seasonal shifts in foraging strategies](#). *Front. Mar. Sci.* 8:715412.
- St-Pierre, A.P., Lesage, V., Mosnier, A., Tinker, M.T. et Gosselin, J.-F. 2024. [Estimations de l’abondance estivale du béluga \(*Delphinapterus leucas*\) dans l’estuaire du Saint-Laurent basées sur 52 relevés visuels et 11 relevés photographiques réalisés de 1990 à 2022](#). *Secr. can. des avis sci. du MPO, doc. de rech.* 2023/048. v + 86 p.
- Stringel, T., Hill, D., Rees, D., Rees, F., Rees, P., Morgan, G., Morgan, L., Morris, C. 2015. [Predation of harbour porpoises \(*Phocoena phocoena*\) by grey seals \(*Halichoerus grypus*\) in Wales](#). *Aquat. Mamm.* 41: 188-191.
- Suydam, R.S., Lowry, L.F., Frost, K.J., O’Corry-Crowe, G.M., Pikok, D., Jr. 2001. [Satellite tracking of eastern Chukchi Sea beluga whales into the Arctic Ocean](#). *Arctic* 54: 237–243.
- Svanbäck, R., Bolnick, D.I. 2007. [Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population](#). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 274, 839–844.
-

-
- Therriault, J.-C., Painchaud, J., Levasseur, M. 1985. Factors controlling the occurrence of *Protogonyaulax tamarensis* and shellfish toxicity in the St. Lawrence Estuary: freshwater runoff and the stability of the water column. pp. 141-146. In Anderson DM (ed.) *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier, New York.
- Thorsson, E., Zohari, S., Roos, A., Banihashem, F., Bröjer, C., Neimanis, A. 2023. [Highly pathogenic avian influenza A\(H5N1\) virus in a harbor porpoise, Sweden](#). *Emerging Inf. Dis.* 29: 852–855.
- Tinker, M.T., Mosnier, A., St-Pierre, A.P., Gosselin, J.-F., Lair, S., Michaud, R. et Lesage, V. 2024. Modèle de population intégrée des bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/047. iv + 65 p.
- Tomilin, A.G. 1967. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Volume IX, Cetacea. Izdatel'stvo Akademi Nauk SSSR, Moscow. Translated from Russian. Israël Program for Scientific. Translation, Jerusalem, 1967. 717 p. Available via DFO library, Dartmouth, NS.
- Turgeon, J., Duchesne, P., Colbeck, G.J., Postma, L.D., Hammill, M.O. 2012. [Spatiotemporal segregation among summer stocks of beluga \(*Delphinapterus leucas*\) despite nuclear gene flow: implication for the endangered belugas in eastern Hudson Bay \(Canada\)](#). *Conserv. Genet.* 13: 419–433.
- Turl, C.W., Penner, R.H., Au, W.W.L. 1987. [Comparison of target detection capabilities of the beluga and bottlenose dolphin](#). *J. Acoust. Soc. Am.* 82: 1487-1491.
- Tyack, P.L., Clark, C.W. 2000. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. pp. 156-224. In Au, W.W.L., Fay, R.R. (eds) *Hearing by whales and dolphins*. Springer, New York.
- Van Dolah, F.M. 2000. [Marine algal toxins: Origins, health effects, and their increased occurrence](#). *Environ. Health Perspect.* 108: 133-141.
- Van Neer, A., Gross, S., Kesselring, T., Grilo, M.L., Ludes-Wehrmeister, E., Roncon, G., Siebert, U. 2020. [Assessing harbour porpoise carcasses potentially subjected to grey seal predation](#). *Sci. Rep.* 10:16345.
- Valiquette, É., Harvey, V. et Pelletier, A.-M. 2017. [Mise à jour des connaissances sur l'identification, la description et l'utilisation spatio-temporelle des habitats du bar rayé \(*Morone saxatilis*\) de la population du fleuve Saint-Laurent, Québec](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2017/005. ix + 55 p.
- Vergara, V., Wood, J., Lesage, V., Ames, A., Mikus, M.-A., Michaud, R. 2021. [Can you hear me? Impacts of underwater noise on communication space of adult, sub-adult and calf contact calls of endangered St. Lawrence belugas \(*Delphinapterus leucas*\)](#). *Polar Res.* 40: 5521.
- Villeneuve, S., Quilliam, L. 1999. Les risques et les conséquences environnementales de la navigation sur le Saint-Laurent. Rapp. sci. tech. ST-188. Centre Saint-Laurent. Montréal, QC. 160 p.
- Vladykov, V.D. 1944. Études sur les mammifères aquatiques. III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe du Saint-Laurent. Département des Pêcheries, Province de Québec. 194 p.
- Vladykov, V.D. 1946. Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Département des Pêcheries. Province de Québec.
-

-
- Wade, P.R. 1998. [Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds](#). Mar. Mamm. Sci. 14: 1-37.
- Wade, P.R., Reeves, R.R., Mesnick, S.L. 2012. [Social and behavioural factors in cetacean responses to overexploitation: are odontocetes less “resilient” than mysticetes?](#) J. Mar. Biol.
- Watts, P.D., Draper, B.A., Henrico, J. 1991. [Preferential use of warm water habitat by adult beluga whales](#). J. Thermal Biol. 16: 57-60.
- Whalen, D., Loseto, L.L., Hornby, C.A. et al. 2020. [Mapping and understanding the role of seabed morphology in relation to beluga whale \(*Delphinapterus leucas*\) hotspots and habitat use in the Mackenzie Estuary, NT](#). Estuaries Coasts 43: 161–173.
- Williams, R., Noren, D. 2009. [Swimming speed, respiration rate and estimated cost of transport in killer whales](#). Mar. Mamm. Sci. 25: 327-350.
- Williams, R., Lusseau, D., Hammond, P.S. 2006. [Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales \(*Orcinus orca*\)](#). Biol. Conserv. 133: 301-311.
- Williams, R., Erbe, C., Ashe, E., Clark, C.W. 2015. [Quiet\(er\) marine protected areas](#). Mar. Pollut. Bull. 100: 154-161.
- Williams, R., Lacy, R.C., Ashe, E., Hall, A., Plourde, S., McQuinn, I., Lesage, V. 2021. [Climate change exacerbates the effects from anthropogenic threats including ocean noise, on the survival and recovery of St. Lawrence beluga](#). Mar. Pollut. Bull. 173B: 113096.
- Wong, S., M. Fournier, D. Coderre, W. Banska and K. Krzystyniak. 1992. Environmental toxicology. pp.167-281. In D. Peakall (ed.) *Animal biomarkers as pollution indicators*. Chapman & Hall, New York.
- Worm, B., Myers, R.A. 2003. [Meta-analysis of cod-shrimp interactions reveals top-down control in oceanic food webs](#). Ecology 84: 162–173.
- WSP Canada Inc. 2014. Risk assessment for marine spills in Canadian waters. Phase 1: Oil spills South of 60th Parallel. Prepared for Transport Canada. Report number 131-17593-00.
- Yu, L., Han, Z., Liu, C. 2015. [A review on the effects of PBDEs on thyroid and reproduction systems in fish](#). Gen. Comp. Endocrinol. 219, 64–73.
- Zahn, M.J., Laidre, K.L., Stilz, P., Rasmussen, M.H., Koblitz, J.C. 2021. [Vertical sonar beam width and scanning behavior of wild belugas \(*Delphinapterus leucas*\) in West Greenland](#). PLoS ONE 16(9): e0257054.

LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Affiliation
Abraham, Christine	MPO - Sciences, Région de la Capitale nationale
Albuquerque, Cristiane	Parc marin Saguenay St.-Laurent, Parcs Canada
Aulanier, Florian	MPO - Sciences, Région du Québec
Barreau, Emmanuelle	MPO - Sciences, Région du Québec
Bordeleau, Xavier	MPO - Sciences, Région du Québec
Bowen, Don	Émérite; MPO - Sciences, Régions des Maritimes
Brown, Tanya	MPO - Sciences, Région du Pacifique
Buren, Alejandro	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET
Cabrol, Jory	MPO - Sciences, Région du Québec
den Heyer, Cornelia	MPO - Sciences, Régions des Maritimes
Doniol-Valcroze, Thomas	MPO - Sciences, Région du Pacifique
Ferguson, Steve	MPO - Sciences, Région de l'Ontario et des Prairies
Giard, Samuel	MPO - Sciences, Région du Québec
Gosselin, Jean-François	MPO - Sciences, Région du Québec
Goulet, Pierre	MPO - Sciences, Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Guldborg Hansen, Rikke	Greenland Institute of Natural Resources
Hamilton, Charmain	MPO - Sciences, Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Hammill, Mike	Émérite; MPO - Sciences, Région du Québec
Harvey, Valérie	MPO - Sciences, Région du Québec
Irani, Alymuhammad	MPO - Sciences, Région du Québec
Khan, Sarah	Nunavik Marine Region Wildlife Board (NMRWB)
Lang, Shelley	MPO - Sciences, Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Lapointe St-Pierre, Mathilde	Makivik Inc
Le Mer, Charline	DFO - SARA Program, Quebec Region
Lesage, Véronique	MPO - Sciences, Région du Québec
Lidgard, Damian	MPO - Sciences, Régions des Maritimes
MacConnachie, Sean	MPO - Sciences, Région du Pacifique
Majewski, Sheena	MPO - Sciences, Région du Pacifique
Matthews, Cory	MPO - Sciences, Région de l'Ontario et des Prairies
Mosnier, Arnaud	MPO - Sciences, Région du Québec
Nanayakkara, Lushani	MPO - SCAS, Région de la Capitale nationale
Nordstrom, Chad	MPO - Sciences, Région du Pacifique
Pellerin, Mathieu	MPO – Gestion de la ressource, Région du Québec
Provencher St-Pierre, Anne	MPO - Sciences, Région du Québec
Rioux, Ève	MPO - Sciences, Région du Québec
Sauvé, Caroline	MPO - Sciences, Région du Québec
Sawatsky, Chantelle	MPO - Sciences, Région de l'Ontario et des Prairies
Settrington, Lisa	MPO - SCAS, Région de la Capitale nationale
Simard, Yvan	MPO - Sciences, Région du Québec
Smith, Heather	MPO - Sciences, Région de la Capitale nationale
Tucker, Strahan	MPO - Sciences, Région du Pacifique

Nom

Van de Walle, Joannie

Watt, Cortney

Wright, Andrew

Wright, Brianna

Yurkowski, Dave

Affiliation

MPO - Sciences, Région du Québec

MPO - Sciences, Région de l'Ontario et des Prairies

MPO - Sciences, Région de l'Arctique

MPO - Sciences, Région du Pacifique

MPO - Sciences, Région de l'Ontario et des Prairies