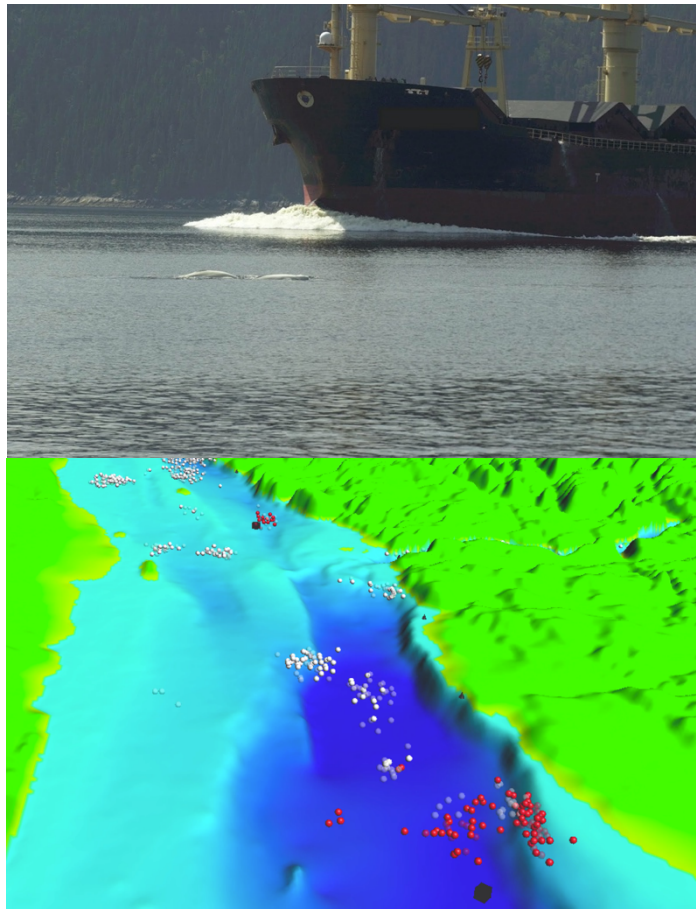




Programme de recherche sur la modélisation du trafic maritime et des déplacements des baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay en vue de la réduction des impacts du déploiement de la Stratégie maritime du Québec sur l'exposition des bélugas au bruit sous-marin de la navigation (2018-2023)

Premières constatations et recommandations



Auteur principal :

Pr. Clément Chion, PhD
Département des Sciences naturelles
Université du Québec en Outaouais (UQO)

Co-auteurs :

Tyler Bonnell, PhD, UQO et University of Lethbridge
Dominic Lagrois, PhD, UQO
Adrien Guetté, PhD, UQO
Robert Michaud, M. Sc, GREMM
Pr. Angélique Dupuch, PhD, UQO
Pr. Jérôme Dupras, PhD, UQO

1 Contexte

L'estuaire du Saint-Laurent (estuaire) et le fjord du Saguenay (Saguenay) (Figure 1) abritent l'habitat estival de la population résidente du béluga du Saint-Laurent (béluga), une espèce désignée *menacée* au Québec [1] et *en voie de disparition* au Canada [2], statuts les plus précaires avant l'extinction. Plusieurs autres espèces migratrices de baleines en péril, comme le rorqual bleu et le rorqual commun, fréquentent cette région chaque année, principalement entre mai et octobre. Les activités de navigation sont localement intenses dans l'habitat estival du béluga [3, 4] et elles sont dominées par le transport marchand, les traversiers, les excursions commerciales, la plaisance et les croisières nationales et internationales. Ces activités exercent plusieurs pressions sur le béluga et les espèces de rorqual en péril telles que le dérangement, les collisions et le bruit sous-marin [2, 5]. Le bruit sous-marin de la navigation est une des trois principales menaces limitant le rétablissement du béluga avec la disponibilité des proies et la pollution du milieu marin. Un plan d'action pour réduire le bruit sous-marin dans l'habitat estival du béluga a été adopté en 2020, en vertu de la Loi sur les espèces en péril au Canada [6].

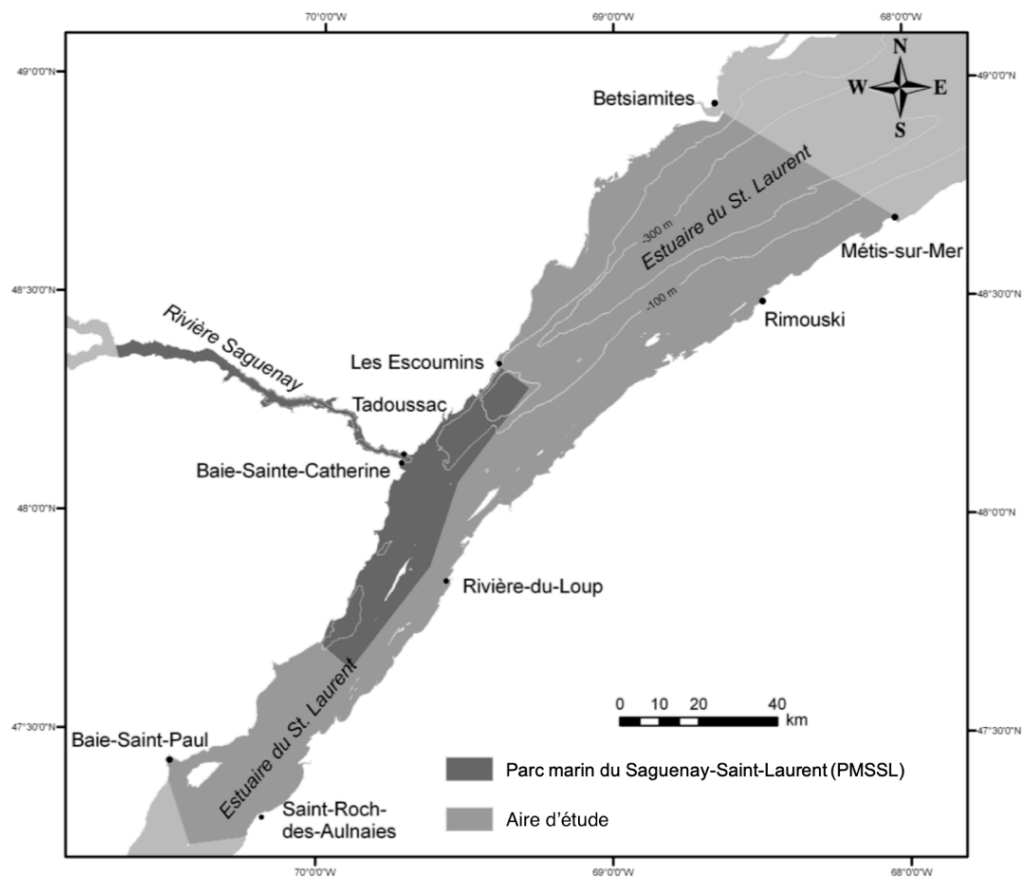


Figure 1: Aire d'étude couvrant une portion de l'estuaire du Saint-Laurent et la rivière Saguenay englobant l'intégralité de l'habitat estival du béluga du Saint-Laurent (extrait de [7])

Malgré les efforts de conservation, la population du béluga qui compte environ 1000 individus poursuit son déclin à un rythme de 1% par an [8]. Ce déclin indique que les effets cumulatifs des principales menaces à son rétablissement continuent de dépasser les limites soutenables par la population et que de nouvelles mesures doivent être mises en œuvre pour les atténuer.

La Stratégie maritime du Québec (SMQ) met à l'avant-plan la nécessité d'harmoniser les activités maritimes avec les écosystèmes fragiles [9]. Plusieurs projets de développement industrialo-portuaires sont proposés dans le cadre de la SMQ, notamment dans le Saguenay. Dans l'éventualité du développement de nouveaux projets industrialo-portuaires et de la croissance anticipée des échanges commerciaux internationaux du Canada et du Québec, le transport marchand dans l'estuaire et le Saguenay serait amené à augmenter. Par conséquent, pour garantir le rehaussement de la protection du béluga et des autres espèces de baleines en péril, il faut évaluer les impacts cumulatifs de scénarios réalistes d'évolution du transport marchand dans l'estuaire et le Saguenay afin d'élaborer des mesures d'atténuation efficaces.

Reconnaissant la nécessité de tenir compte des effets cumulatifs de différents projets de développements, tels que ceux identifiés dans la SMQ, ainsi que de la croissance projetée du transport marchand [10], le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, en collaboration avec le Secrétariat à la stratégie maritime, a financé le présent programme de recherche de 5 ans (2018-2023) piloté à l'Université du Québec en Outaouais (UQO), à la hauteur de près de 2,1 M\$. L'approche d'accompagnement scientifique proposée dans ce programme de recherche interdisciplinaire vise à faciliter la concertation entre gestionnaires du service public, acteurs privés du milieu maritime, experts en conservation et scientifiques pour identifier des solutions d'atténuation des impacts de la navigation sur les baleines, avec un accent sur l'enjeu du bruit sous-marin. Ce programme de recherche repose sur le développement d'outils d'aide à la concertation et à la décision basés sur les meilleures connaissances et données scientifiques disponibles ou collectées sur la navigation, l'écologie des baleines de l'estuaire et du Saguenay et le bruit sous-marin.

Ce document présente les premiers travaux réalisés dans le cadre du programme de recherche, les premières constatations qui en résultent et propose une série de recommandations pour la conduite des prochaines étapes. Les détails techniques et méthodologiques sous-jacents sont disponibles dans le rapport complet qui peut être consulté sur le site Internet du [Laboratoire interdisciplinaire de simulation socio-écologique](https://cdn-cms.f-static.net/uploads/4096923/normal_5f3ed21f7142e.pdf)¹.

2 Problématique

Pour que le développement de projets industrialo-portuaires augmentant le transport marchand dans l'habitat estival du béluga soit compatible avec le rétablissement du béluga et des autres baleines en péril, il est nécessaire de répondre aux questions suivantes :

¹ https://cdn-cms.f-static.net/uploads/4096923/normal_5f3ed21f7142e.pdf

- 1) *Est-il possible d'augmenter le transport marchand dans l'habitat estival de la population du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent tout en abaissant l'exposition des baleines au bruit sous-marin de la navigation sous les niveaux actuels?*
- 2) *Si oui, quelles sont les mesures d'atténuation nécessaires?*

Pour répondre à la première question, il faut prendre en compte les effets cumulatifs de l'ensemble des projets de développement dont la réalisation aurait pour effet d'accroître le transport marchand, ainsi que l'effet de la croissance anticipée des échanges commerciaux par voie maritime sur la base des meilleures projections de croissance économique. Une telle approche intégrée se distingue de l'approche classique d'évaluation « à la pièce » de projets de développement ayant des impacts sur les baleines. De plus, afin de contextualiser le bruit sous-marin de la navigation marchande, il est aussi nécessaire de tenir compte de la contribution des autres segments de la navigation (c.-à-d., croisières, excursions commerciales, traversiers et plaisanciers) au bruit sous-marin d'origine anthropique total auquel les baleines sont exposées.

Pour répondre à la deuxième question, il est nécessaire de faire une synthèse des connaissances sur les approches d'atténuation du bruit sous-marin de la navigation et d'engager l'ensemble des acteurs du secteur maritime concernés et ceux du milieu de la conservation afin d'identifier les solutions réalisables.

3 Objectifs

3.1 Objectif du programme de recherche

L'objectif principal du programme de recherche est d'informer un processus de réduction des impacts de la navigation sur les baleines de l'estuaire en priorisant l'enjeu du bruit sous-marin et le béluga.

Tout d'abord, afin d'évaluer l'exposition cumulative des baleines au bruit sous-marin de la navigation, nous développons un simulateur spatiotemporel des interactions entre les bateaux et les baleines dans l'estuaire et le Saguenay [11]. Ce simulateur permet d'estimer le bruit reçu par chaque béluga et chaque grand rorqual en provenance des bateaux situés dans leur voisinage, pour différents scénarios d'intensité de la navigation (p.ex. développements industrialo-portuaires) et scénarios de mesures d'atténuation des impacts (p.ex. réduction de vitesse des navires). Parallèlement, une étude socio-économique est également entreprise afin d'évaluer les coûts et les bénéfices de différentes mesures d'atténuation du bruit sous-marin de la navigation dans l'habitat du béluga.

3.2 Objectifs des travaux réalisés à l'an #1 du programme de recherche

Le béluga est une espèce acoustique qui a la particularité d'être sensible à une plage de fréquences sonores très étendue, allant des très basses fréquences (~125 Hz) aux très hautes fréquences (~150 kHz)[12].

Dans l'habitat estival du béluga, le transport marchand est le principal contributeur du bruit sous-marin d'origine anthropique à basses fréquences [13]. Les travaux menés à l'an #1 du

programme de recherche se sont concentrés sur ce segment de la navigation et sur l'exposition des bélugas à basses fréquences.

Les objectifs spécifiques des travaux réalisés à l'an #1 du programme sont les suivants :

- 1) Améliorer la version précédente du simulateur 3MTSim des interactions acoustiques entre navires marchands et bélugas [11] :
 - a. en intégrant un modèle de propagation acoustique réaliste à basses fréquences [14];
 - b. en développant une première version d'un modèle de déplacement des bélugas basé sur l'analyse préliminaire des meilleures données disponibles;
- 2) Évaluer l'exposition des bélugas au bruit à basses fréquences des navires marchands pour un scénario de développement de quatre projets industrialo-portuaires dans le Saguenay dans le cadre de la Stratégie maritime du Québec;
- 3) Évaluer l'impact de la prise en compte de la fidélité au site des bélugas dans l'estimation des niveaux de bruit reçus par les animaux; et
- 4) Faire l'inventaire des approches d'atténuation du bruit sous-marin de la navigation marchande.

4 Données et méthodologie

Les travaux de recherche réalisés se basent sur plusieurs bases de données sur le béluga, la navigation et l'acoustique sous-marine. Ces données sont détaillées dans le corps du rapport complet².

Les études d'impact acoustique classiques prennent pour hypothèse implicite que les individus d'une population de baleines fréquentent l'ensemble de leur habitat de façon aléatoire (c.-à-d., chaque animal a autant de chance de se retrouver dans un secteur donné que n'importe quel autre animal). Toutefois, cette hypothèse implicite devient non valide dans le cas d'espèces sociales composées de communautés distinctes ayant des préférences pour certains secteurs (p. ex. fidélité au site), comme c'est le cas pour le béluga. Cette limite des analyses d'impact acoustique classiques est formulée dans la *Réponse des Sciences de Pêches et Océans Canada sur les effets potentiels des projets de construction de terminaux maritimes dans le fjord du Saguenay sur le béluga et son habitat* [15], dans laquelle les experts concluent :

« ... une évaluation complète des impacts de ce trafic additionnel sur le béluga, que ce soit au niveau de l'individu ou de la population, passe obligatoirement par une analyse cumulative de l'exposition au bruit qui tient compte des mouvements individuels et de la fréquentation des divers secteurs. Le nombre d'individus dont la condition physique pourrait être négativement affectée suite à des pertes d'opportunités permettrait d'estimer l'effet probable sur la production de jeunes et la survie de l'individu, ainsi que sur la trajectoire de la population (en tenant compte du sexe et du nombre d'individus affectés). Cette information n'était pas disponible au moment de produire cet avis. »

L'approche de simulation à l'échelle de la baleine proposée dans le présent programme de recherche vise à combler ces limites des approches classiques. Le simulateur 3MTSim

² Ibid

simule ainsi les déplacements de chaque animal et de chaque navire en estimant le bruit reçu par les baleines à chaque pas de temps de la simulation (Figure 2).

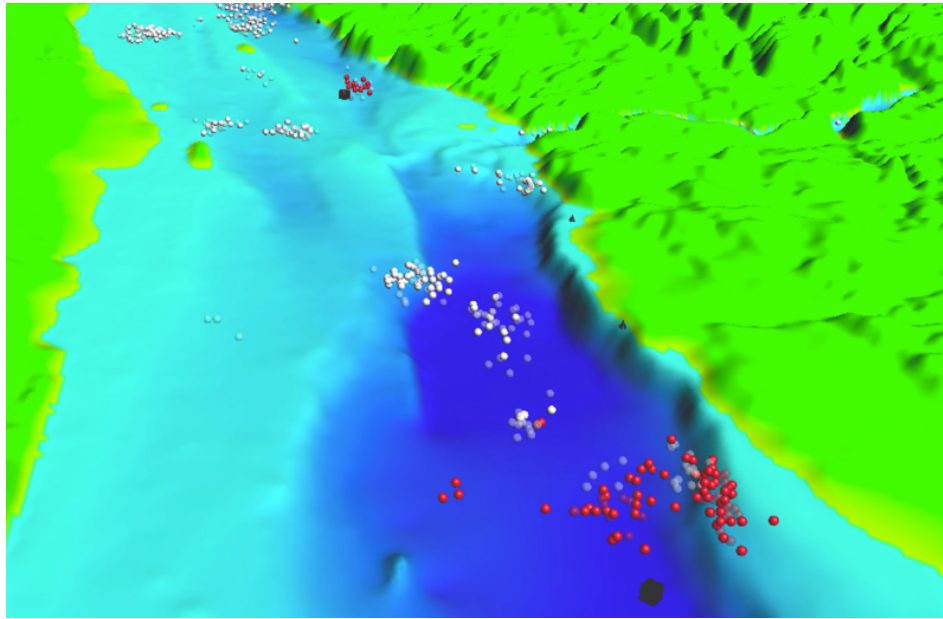


Figure 2: Capture d'écran d'une simulation de 3MTSim illustrant les interactions entre navires et bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les cubes noirs sont des navires marchands et les sphères représentent des bélugas (rouges s'ils sont exposés à un niveau de bruit intégré (10-1122 Hz) supérieur à 120 dB re 1 μ Pa, blancs sinon).

Cette approche est rendue possible grâce à la disponibilité de bases données collectées depuis plus de 30 ans sur l'écologie sociale et spatiale du béluga par plusieurs institutions faisant de la recherche sur cette population (Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, Pêches et Océans Canada et Parcs Canada).

L'augmentation du trafic marchand dans le Saguenay qui résulterait du développement des quatre projets industrialo-portuaires a été évaluée sur la base des données fournies par les promoteurs de ces projets. Les principales constatations résultant de la complétion des quatre objectifs spécifiques poursuivis à l'an #1 (section 3.2) sont présentées ci-dessous.

5 Premières constatations

L'importance du Saguenay, de par son utilisation par le béluga incluant de nombreux veaux et jeunes, est bien documentée [16]. Pendant la période estivale, on estime que de 2% à 5% de la population de bélugas se trouve en tout temps dans le Saguenay [15, 17, 18].

Dans le cadre du présent programme de recherche, de nouvelles analyses conduites sur la base de données de photo-identification des bélugas (propriété du Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, GREMM) ont révélé que le pourcentage des individus connus de la population qui fréquentent le Saguenay, sans égard à la fréquence de visite, s'élève à environ 50% des adultes (tous sexes confondus) et environ 67% des

femelles. Bien que les fonctions écologiques du Saguenay ne soient pas encore connues précisément, ces nouveaux résultats renforcent l'importance du Saguenay pour le béluga en y apportant la dimension de son utilisation à l'échelle de l'individu.

Une première série de simulations conduites avec 3MTSim a été effectuée afin d'évaluer l'impact qu'aurait l'ajout de nouveaux transits³ de navires marchands sur l'exposition des bélugas au bruit sous-marin. Ces transits hypothétiques se rapportent à quatre projets de développement industrialo-portuaires sur les rives du Saguenay. Sur la base des données transmises par les promoteurs de ces projets, il a été déterminé qu'un maximum de 820 transits de navires marchands pourraient être ajoutés chaque année dans l'habitat estival du béluga, précisément dans le Saguenay et l'estuaire maritime. L'analyse des résultats d'une première série de simulations a conduit à deux principales constatations :

- 1- La prise en compte de la caractéristique sociale de fidélité au site du béluga conduit à une estimation de l'exposition instantanée et cumulative des baleines au bruit des navires marchands significativement différente de celle d'un scénario dans lequel cette caractéristique sociale est ignorée. Les simulations ont révélé que l'ajout de 820 transits additionnels annuellement (~2.2 transits additionnels / jour en moyenne) est susceptible d'entraîner une hausse des périodes bruyantes (c.-à-d. lorsque le bruit à basses fréquences en provenance de navires reçu par un béluga est supérieur à 120 dB large bande) comprise entre 161% (sans prise en compte de la fidélité au site) et 450% (avec prise en compte de la fidélité au site) par rapport à l'année de référence 2017, pour les bélugas qui fréquentent le Saguenay. Ce résultat confirme l'importance d'intégrer la dynamique sociale et spatiale de la population du béluga au meilleur des connaissances disponibles pour effectuer une évaluation réaliste de l'impact acoustique de la navigation.
- 2- Cette importante hausse des périodes bruyantes pour le Saguenay relativement à l'année de référence 2017 s'explique par le fait qu'il s'agit actuellement d'un refuge acoustique naturel relativement peu affecté par le bruit de la navigation marchande. Un ajout de 820 transits annuellement viendrait presque tripler le nombre de 447 transits de grands navires en 2017 (pour un total de 1267 transits de navires marchands). Ces résultats confirment qu'en l'absence de mesure de réduction du bruit sous-marin des navires marchands, l'ajout de ces transits additionnels dans le Saguenay est susceptible d'augmenter de façon significative l'exposition des bélugas qui fréquentent cette portion de leur habitat, d'autant que le relativement faible volume de trafic actuel lui confère un rôle de refuge acoustique naturel.

Des mesures de réduction du bruit sous-marin de la marine marchande existent et ont fait l'objet d'une revue de la littérature, permettant d'identifier des pistes prometteuses, qu'il s'agisse de mesures opérationnelles ou technologiques. L'impact de ces mesures de réduction du bruit sous-marin de la navigation fera l'objet de prochains développements et de nouvelles simulations dans la suite du programme de recherche.

Finalement, en l'absence d'étude quantitative disponible au moment de produire les premières simulations de 3MTSim, nous avons posé l'hypothèse que les bélugas ne modifieraient pas leur comportement en fonction de l'intensité de la navigation et du bruit

³ Un transit correspond à un (1) passage d'un navire dans un secteur donné. Un navire entrant puis sortant du Saguenay effectue deux transits.

sous-marin reçu et qu'ils continueraient de fréquenter les différents secteurs selon leurs caractéristiques de fidélité au site. Cependant, des observations sur le béluga suggèrent qu'on ne peut pas exclure un risque d'abandon temporaire ou permanent de certains habitats sous l'effet d'une augmentation du trafic maritime [19, 20]. Par conséquent, nous investiguerons le risque d'abandon du Saguenay par le béluga dans l'hypothèse d'une augmentation de la navigation dans ce secteur.

6 Recommandations et prochaines étapes

Le présent programme de recherche mené à l'UQO (2018-2023) ainsi que l'initiative de recherche conduite à Pêches et Océans Canada dans le cadre du Plan de protection des océans (2017-2022) visent notamment à évaluer l'exposition cumulative des bélugas au bruit sous-marin de la navigation ainsi que leurs impacts et effets cumulatifs sur cette population. Pour ce faire, ces deux initiatives s'appuient sur la collecte, l'analyse et l'intégration d'un grand nombre de jeux de données sur le béluga, la navigation, le bruit sous-marin et ses impacts. Ces initiatives permettront d'informer le processus d'harmonisation durable des activités de navigation avec la population de bélugas dans son habitat estival.

Dans le cadre du présent programme de recherche, des analyses en cours visent à décrire la structure sociale des bélugas. Les résultats de ces analyses auront des répercussions sur l'évaluation de l'exposition cumulative des bélugas au bruit sous-marin de la navigation. Bien qu'il ne soit pas encore possible de déterminer précisément les effets du bruit sous-marin de la navigation dans l'estuaire et le Saguenay sur le béluga à l'échelle de l'individu, des communautés ou de la population, le déclin de la population de bélugas observé au cours des dernières années suggère que les menaces à son rétablissement dépassent les limites soutenables. L'ajout d'activités de navigation dans l'habitat essentiel du béluga sans mise en place de mesures de réduction du bruit sous-marin efficaces résulterait en une augmentation de l'exposition des animaux. Un tel scénario irait donc à l'encontre des efforts actuels de rétablissement du béluga.

Par conséquent, pour procéder à une évaluation complète de l'exposition des bélugas au bruit sous-marin de la navigation sous différents scénarios d'accroissement du trafic marchand dans leur habitat estival, nous projetons :

- d'intégrer dans la plateforme de simulation 3MTSim les scénarios réalistes d'accroissement du transport marchand anticipé pour le Saint-Laurent et le Saguenay;
- de compléter et d'intégrer dans le simulateur les résultats de l'analyse complète de la dynamique sociale des bélugas à partir des données de photo-identification du GREMM;
- d'intégrer dans la plateforme de simulation l'ensemble des segments de la navigation afin d'obtenir un portrait complet des niveaux de bruit de la navigation reçus par les bélugas dans leur habitat estival et de la contribution relative de chacun de ces segments.

D'autre part, afin de garantir la réduction du bruit sous-marin de la navigation dans l'habitat estival du béluga, conformément au *Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent* [6], nous recommandons et planifions solliciter:

- l'implication des acteurs de l'industrie du transport maritime dans une démarche de co-construction de scénarios de mesures efficaces menant à la réduction significative du bruit sous-marin ;
- l'implication des intervenants tiers de la chaîne du transport maritime (p. ex. ports, fournisseurs et utilisateurs de services du transport maritime) dans la co-construction de solutions facilitant la mise en œuvre de mesures efficaces par la marine marchande menant à une réduction significative du bruit sous-marin.

Pour conclure, compte tenu :

- du déclin de la population du béluga *en voie de disparition* ;
- des premières constatations présentées dans ce rapport renforçant l'importance du Saguenay pour le béluga et les premières projections sur l'impact d'un accroissement du transport marchand sur leur exposition au bruit sous-marin;
- du niveau d'incertitude actuel entourant les effets d'une augmentation de la navigation et du bruit sous-marin sur le béluga à l'échelle de l'individu et de la population ;
- des initiatives de recherche en cours sur le bruit sous-marin et ses impacts, incluant le présent programme de recherche, qui visent à réduire cette incertitude;

conformément au principe de précaution, nous recommandons la plus grande prudence et la patience dans la prise de décisions pour lesquelles des effets écologiques dommageables et irréversibles pour le béluga ne peuvent être exclus.

Références

1. Gouvernement du Québec: Loi sur les espèces menacées ou vulnérables. (1989)
2. Pêches et Océans Canada: Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada. Pêches et Océans Canada, Ottawa (2012)
3. Chion, C., Turgeon, S., Michaud, R., Landry, J.-A., Parrott, L.: Portrait de la Navigation dans le Parc Marin du Saguenay--Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1er mai et le 31 octobre 2007. École de technologie supérieure / Université de Montréal (2009)
4. Turgeon, S.: Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay--Saint-Laurent - 2017. Parcs Canada (2019)
5. Pêches et Océans Canada: Programme de rétablissement du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), population de l'Atlantique Nord-Ouest au Canada - population de l'Atlantique Nord-Ouest. (2012)
6. Pêches et Océans Canada: Plan d'action pour réduire l'impact du bruit sur le béluga et les autres mammifères marins en péril de l'estuaire du Saint-Laurent. Ottawa (2020)

7. Chion, C., Parrott, L., Landry, J.-A.: Collisions et cooccurrences entre navires marchands et baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent--Évaluation de scénarios de mitigation et recommandations. Université de Montréal (2012)
8. Pêches et Océans Canada: Le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent - un examen scientifique de l'efficacité des mesures de rétablissement pour trois populations de baleines en péril. (2018)
9. Gouvernement du Québec: La stratégie maritime à l'horizon 2030--Plan d'action 2015-2020. Québec (2015)
10. Kaplan, M.B., Solomon, S.: A coming boom in commercial shipping? The potential for rapid growth of noise from commercial ships by 2030. *Marine Policy*. 73, 119–121 (2016)
11. Chion, C., Lagrois, D., Dupras, J., Turgeon, S., McQuinn, I.H., Michaud, R., Ménard, N., Parrott, L.: Underwater acoustic impacts of shipping management measures: Results from a social-ecological model of boat and whale movements in the St. Lawrence River Estuary (Canada). *Ecological Modelling*. 354, 72–87 (2017)
12. Erbe, C., Reichmuth, C., Cunningham, K., Lucke, K., Dooling, R.: Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine pollution bulletin*. 103, 15–38 (2016)
13. Wenz, G.M.: Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 34, 1936–1956 (1962)
14. Collins, M.D.: A Split-Step Padé Solution for the Parabolic Equation Method. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 93, 1736–1742 (1993)
15. Pêches et Océans Canada: Effets potentiels des projets de construction de terminaux maritimes dans le fjord du Saguenay sur le béluga du Saint-Laurent et son habitat. Région du Québec (2018)
16. Conversano, M., Turgeon, S., Ménard, N.: 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 (QC) (2017)
17. Michaud, R.: Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent: synthèse 1986 à 1992. GREMM (1993)
18. Mosnier, A., Larocque, R., Lebeuf, M., Gosselin, J.-F., Dubé, S., Lapointe, V., Lesage, V., Lefavre, D., Senneville, S., Chion, C.: Définition et caractérisation de l'habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique. Pêches et Océans Canada, Mont-Joli (QC, Canada) (2016)
19. Pippard, L.: Status of the St. Lawrence River population of Beluga, *Delphinapterus leucas*. *Canadian field-naturalist*. Ottawa (ON, Canada). 99, 438–450 (1985)
20. Caron, L.M.J., Sergeant, D.E.: Yearly variation in the frequency of passage of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) at the mouth of the Saguenay River, Quebec, over the past decade. *Canadian Field Naturalist* 115 (2). 111–116 (1988)