

David Beauchesne, Cindy Grant, Philippe Archambault

***Effets cumulatifs des
activités maritimes sur le
Saint-Laurent et la rivière
Saguenay – projet pilote
Présentation du mandat et de l'approche
méthodologique***



Contents

List of Tables	5
List of Figures	7
1 Contexte	9
2 Mandat	11
2.1 Description des besoins	12
2.2 Développement de la méthodologie	12
3 Équipe de travail	13
4 Démarche	15
4.1 Étapes	15
4.2 Portée	17
4.3 Portrait de la zone d'étude	18
4.3.1 Activités et facteurs de stress	18
4.3.2 Composantes valorisées	19
4.3.3 Vulnérabilité	21
4.4 Méthode d'analyse des effets cumulatifs	23
4.5 Résultats de l'analyse	26
4.5.1 Répartition spatiale des effets cumulatifs .	26
4.5.2 Résultats détaillés	27

4.5.3	Incertitudes et lacunes	28
4.5.4	Considérations particulières	29
5	Collecte et gestion de données	31
6	Calendrier	35
	References	37

List of Tables



List of Figures



1

Contexte

Transports Canada élabore et applique des politiques et des règlements pour faire progresser la sécurité et la sûreté du système de transport maritime du Canada. Le Ministère favorise un réseau efficace et durable qui protège l'environnement maritime et contribue au développement économique.

En novembre 2016, le Gouvernement du Canada a annoncé le Plan de protection des océans (PPO) au montant de 1,5 milliard de dollars ayant pour objectif d'améliorer la sécurité maritime et la navigation responsable, de protéger le milieu marin canadien et d'offrir de nouvelles possibilités pour les Canadiens.

Grâce à ce plan, le Gouvernement du Canada est résolu à conserver et à restaurer les écosystèmes marins côtiers qui sont vulnérables à l'augmentation du trafic maritime, tout en réduisant l'incidence du trafic maritime quotidien. De nombreuses préoccupations ont été exprimées concernant l'augmentation du transport maritime et l'impact des autres activités maritimes (un secteur d'activités pouvant être une source importante d'impacts anthropiques) sur les écosystèmes côtiers et maritimes ainsi que sur le mode de vie des communautés autochtones.

Pour répondre à ces préoccupations, Transports Canada collabore avec les Premières Nations, les intervenants de l'industrie maritime et les collectivités côtières depuis 2017 par l'organisation d'ateliers collaboratifs pour faire en sorte que toutes les parties soient impliquées tout au long du projet.

En parallèle, un projet portant sur le développement d'un cadre commun d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur le Saint-Laurent a été initié sous le Plan d'action Saint-Laurent en 2018. Ce projet vise entre autres à assurer la coordination en-

tre le Gouvernement du Canada (Transports Canada, Pêches et Océans Canada, Garde Côtière Canada et l'Agence d'évaluation d'impact du Canada) et le Gouvernement du Québec (ministère de la Sécurité publique, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques) dans la collecte et le regroupement de données existantes et requises à l'étude tout en encourageant une étroite collaboration avec les Premières Nations, les intervenants maritimes et les collectivités côtières.

2

Mandat

Transports Canada a engagé une équipe de l'Université Laval pour développer une méthodologie d'analyse et effectuer l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes dans le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et la rivière Saguenay (partie en eau profonde) au Québec.

Pour ce projet d'effets cumulatifs, l'approche adoptée est une approche sectorielle qui examine les questions et les effets environnementaux se rattachant à un secteur particulier (c.-à-d. un cadre axé sur l'évaluation d'un seul secteur d'activités), puisque l'objectif est de gérer la façon dont les effets des activités maritimes, en particulier, agissent cumulativement sur l'environnement humain et biophysique. Les activités maritimes incluent non seulement les navires commerciaux, mais aussi les bateaux de croisières, traversiers, bateaux de pêche, plaisanciers. Les infrastructures portuaires ne sont pas incluses dans ce projet. La localisation, l'intensité et/ou le mouvement de ces divers type d'embarcations peuvent imposer un ou plusieurs facteurs de stress aux écosystèmes.

Ce contrat appuiera le Gouvernement du Canada et le Gouvernement du Québec dans la conception d'un cadre commun d'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes; et permettra d'identifier des outils et des stratégies d'atténuation pouvant s'appliquer aux déplacements actuels de navires et au développement de projets futurs. Le tout sera effectué de façon collaborative avec les Premières Nations, les scientifiques de diverses provenances et les organismes de réglementation, afin de prendre des décisions fondées sur les éléments les plus probants.

2.1 Description des besoins

L'équipe de l'Université Laval développera une méthodologie d'analyse des effets cumulatifs des activités maritimes qui sera présentée aux différents collaborateurs. En utilisant cette méthodologie, l'équipe de l'Université Laval effectuera l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sur les composantes valorisées identifiées par l'ensemble des participants impliqués dans le projet pour le Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire) et la rivière Saguenay (partie en eau profonde).

À partir de cette évaluation, l'équipe de l'Université Laval produira un rapport résumant la méthodologie employée, l'analyse effectuée, les résultats et les conclusions qui seront présentés aux différents collaborateurs.

L'équipe de l'Université Laval participera aux ateliers de travail et discussion avec tous les participants impliqués dans le projet afin de bien intégrer les commentaires et l'apport de chacun.

2.2 Développement de la méthodologie

La méthode d'analyse utilisée devra être en mesure :

- d'intégrer les connaissances autochtones et traditionnelles recueillies;
- d'utiliser différents types de données, notamment les données géo-spatiales et tabulaires (non géo-référencées);
- de considérer plusieurs facteurs de stress issus des activités maritimes;
- d'évaluer de façon intégrée les effets cumulés des différents facteurs de stress sur les composantes valorisées identifiées lors des ateliers de travail, notamment les composantes biologiques, environnementales, culturelles et socioéconomiques.

3

Équipe de travail

Philippe Archambault agira à titre de gestionnaire de projet. Détenteur d'un doctorat en biologie (1998), il a d'abord été chercheur à Pêches et Océans Canada (2000-2007) puis professeur à l'Institut des sciences de la mer de l'Université du Québec à Rimouski (2007-2017). Depuis 2017, il est professeur à l'Université Laval. Alliant recherche fondamentale et théorique, Philippe étudie les effets de perturbations diverses (d'origine naturelle et anthropique) sur les écosystèmes depuis plus de 20 ans. Il a co-dirigé ou participé à de nombreux programmes de recherche axés sur la biodiversité benthique autant au niveau canadien qu'à l'international. Les résultats de ses travaux ont été utilisés, entre autres, pour le développement d'aires marines protégées et il est l'auteur/coauteur de > 120 articles scientifiques revus par les pairs.

David Beauchesne est le post-doctorant pressenti pour la réalisation de ce projet. Fort de son expérience développée en cours de doctorat, David a toutes les qualifications requises pour mener à bien les travaux sur les effets cumulatifs des activités maritimes.

Cindy Grant est une professionnelle de recherche au sein de l'équipe de l'Université Laval. Ses expériences scientifiques et en gestion de projet diversifiées seront un atout majeur à toutes les étapes du projet menant à l'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes.

Un étudiant de premier cycle universitaire pourrait prendre part à ce projet en tant qu'auxiliaire de recherche. Cet auxiliaire de recherche pourrait être embauché à temps complet pendant l'été, ou encore à temps partiel en cours d'année scolaire. Le candidat devra détenir de l'expérience en système d'information géographique et en programmation.



4

Démarche

4.1 Étapes

Plusieurs ouvrages provenant de la littérature scientifique et de la littérature grise¹ détaillent les différentes étapes d'une évaluation d'impacts cumulés (*e.g.* Hegmann et al., 1999). L'équipe de Transport Canada a travaillé, au cours des dernières années, avec plusieurs experts Canadiens et à l'international sur la démarche à adopter afin d'évaluer les impacts cumulés des activités maritimes (*e.g.* Lerner, 2018; Pickard et al., 2019). Une évaluation d'effets cumulés inclut généralement les étapes suivantes, sans toutefois s'y limiter:

1. Identifier, impliquer et communiquer avec les parties prenantes de l'évaluation (p.ex. communautés autochtones et non autochtones), et ce à toutes les étapes de la démarche
2. Définir la portée de l'évaluation
 - Établir les objectifs de l'évaluation
 - Définir les limites spatiales et temporelles de la zone à l'étude
 - Identifier les activités préoccupantes et les facteurs de stress qui en découlent

¹La littérature grise correspond à des documents produits par des diverses instances publiques, commerciales ou industrielles, soumis aux règles de la propriété intellectuelle, et non contrôlés par le processus de révision par les pairs scientifique.

- Identifier et prioriser les composantes valorisées sur lesquelles l'évaluation doit être effectuée

3. Établir un portrait de la zone à l'étude

- Caractériser l'intensité, l'étendue et la fréquence des activités et facteurs de stress.
- Caractériser les composantes valorisées
- Évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress

4. Analyse des effets cumulés

5. Diagnostic de l'analyse

- Répartition spatiale des effets cumulatifs
- Exploration détaillée de l'effet des facteurs de stress sur les composantes valorisées
- Identifier les sources d'incertitude et les lacunes en connaissances

6. Mise en place de processus décisionnels

- Identifier et mettre en place des mesures de gestion
- Identifier des mesures d'atténuation et de compensation

7. Suivi et gestion adaptative

L'identification et l'implication des parties prenantes (1) et la définition de la portée de l'évaluation (2) a déjà été effectuée au préalable à travers plusieurs séances de concertation et d'atelier de travail avec des experts dans le domaine et diverses parties prenantes. À la lumière de ces processus, nous nous concentrerons maintenant sur le portrait de la zone à l'étude (3), l'analyse des effets cumulatifs (4) et l'évaluation critique de l'analyse (5). Les étapes 6 et 7 ne font pas partie de ce contrat.

4.2 Portée

L'évaluation des impacts cumulatifs des activités maritimes sera effectuée pour les écosystèmes du Saint-Laurent (tronçon fluvial et estuaire, i.e. de Montréal à Pointe-des-Monts) et du Saguenay (partie en eau profonde jusqu'à Saint-Fulgence). Le processus d'évaluation permettra d'établir un portrait de la répartition spatiale des **composantes valorisées** et des **facteurs de stress** issus des activités maritimes de la zone d'étude ciblés pour l'analyse. Les activités maritimes incluent non seulement les navires commerciaux, mais aussi les bateaux de croisières, traversiers, bateaux de pêche, plaisanciers. Les infrastructures portuaires ne sont pas incluses dans ce projet. La **vulnérabilité** de composantes valorisées aux divers facteurs de stress sera ensuite évaluée. Enfin, le portrait de la zone d'étude sera utilisé afin d'effectuer l'évaluation des effets cumulés des activités maritimes sur les composantes valorisées ciblées. Cette étude vise une gestion plus proactive et holistique des écosystèmes marins et dulcicoles.

La **méthode d'analyse des effets cumulés** et les **étapes de la démarche** permettront d'obtenir un portrait géographique contemporain de la zone d'étude, des sources de pression liées au trafic maritime et des composantes valorisées jugées prioritaires. Ce portrait structurera les connaissances disponibles au sein de la zone d'étude. Ces connaissances pourraient permettre de bonifier le projet pilote de Transport Canada et d'effectuer des analyses d'effets cumulés récurrentes, d'explorer de nouvelles questions de gestion, et d'élargir la portée de l'étude afin d'inclure des secteurs d'activités additionnels et d'accroître la superficie de la zone d'étude.

La collaboration avec les Premières Nations et l'intégration du savoir autochtone seront priorisés lors de la démarche. Les discussions et conclusions issus des ateliers de travail avec les représentants des Premières Nations et autres parties prenantes pour l'élaboration du projet seront des atouts majeurs pour le processus d'évaluation des effets cumulés. Les savoirs autochtones, lorsque

disponibles, seront utilisés afin de détecter les changements dans le milieu et pour améliorer notre compréhension des effets cumulatifs.

4.3 Portrait de la zone d'étude

4.3.1 Activités et facteurs de stress

Une caractérisation de la répartition spatiale et de l'intensité des facteurs de stress reliées aux activités maritimes au sein de la zone d'étude est l'un des éléments les plus importants afin de dresser le portrait de la zone d'étude pour une évaluation d'effets cumulatifs. Les activités maritimes et les facteurs de stress qui seront utilisés pour l'étude pilote sont décrits au tableau 1. Les données disponibles permettant de caractériser ces facteurs de stress provenant des ces activités maritimes seront recensées.

Tableau 1. Liste des activités maritimes identifiées pour l'étude pilote sur les effets cumulatifs des activités maritimes au sein du Saint-Laurent.

Activités maritimes
Dragage
Ancrages
Échouements & naufrages
Rejets opérationnels
Déversements accidentels
Navigation
Engins de pêche

La répartition spatiale et l'intensité de chaque facteur de stress seront caractérisées individuellement. Par exemple, les déplacements des embarcations pourraient être caractérisés en utilisant les tracés de navigation et les types de navires; les activités de dragage

pourraient être caractérisées selon la quantité totale de sédiments dragués (c.-à-d. enlevés d'un site ou déposés dans un autre). En fait, les données et approches spécifiques utilisées dépendront de la qualité et de la disponibilité des données existantes. Au terme de la caractérisation individuelle des facteurs de stress, ils seront colligés au sein d'une base de données pouvant être croisée à la **caractérisation des composantes valorisées**. Ces deux bases de données permettront l'analyse des effets cumulatifs des facteurs de stress sur les composantes valorisées dans la zone d'étude.

À titre d'exemple, nous citons une initiative tirée de nos travaux de recherche nommée eDrivers ([Beauchesne et al., 2020](#)) et présentons un outil interactif qui permet de visualiser une base de données intégrative décrivant de multiple facteurs de stress au sein de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent:

4.3.2 Composantes valorisées

Les composantes valorisées – *c.-à-d.* les éléments sur lesquels l'analyse d'effets cumulatifs est effectuée – ont été identifiées au préalable lors d'activités de concertation et d'ateliers de travail avec des experts du milieu, des représentants autochtones et de multiples parties prenantes. Les composantes valorisées ont été sélectionnées séparément pour les secteurs fluvial (Montréal à la rivière Saguenay) et maritime (rivière Saguenay et l'estuaire) du Saint-Laurent. La liste des composantes valorisées identifiées sera utilisée pour ce rapport et nous recenserons les données disponibles nous permettant d'effectuer une caractérisation spatiale de ces dernières (Tableau 2).

Tableau 2. Liste des composantes valorisées identifiées pour l'étude pilote sur les effets cumulatifs des activités maritimes au sein du Saint-Laurent.

Composantes valorisées	Exemples de sous-catégories	Milieu d'eau douce	Milieu marin
Qualité de l'eau	Turbidité de l'eau	X	X
Habitats fauniques et floristiques	Habitats côtiers	X	X
Sites d'importance	Habitats benthiques Habitats pélagiques Sites culturels et patrimoniaux autochtones Sites archéologiques Sites touristiques Aires protégées Hotspots de biodiversité	X	X
Intégrité des berges	Artificialisation des berges Taux d'érosion	X	
Mammifères marins	Espèces fréquemment observées		X

Tout comme pour les facteurs de stress, les composantes valorisées seront caractérisées individuellement. Par exemple, les habitats fauniques et floristiques pourraient être délimités en fonction de connaissances sur les habitats essentiels pour les poissons dans la zone d'étude et par la répartition connue d'espèces en péril; les mammifères marins pourraient être caractérisés selon la répartition des populations ou selon les milieux d'importance pour leur alimentation. Les données et les approches spécifiques utilisées dépendront de la qualité et de la disponibilité des données existantes. Au terme de la caractérisation individuelle, les com-

posantes valorisées seront colligées au sein d'une base de données intégrative pouvant être croisée à la **caractérisation des facteurs de stress**, qui permettra l'étude des effets cumulatifs dans la zone d'étude.

4.3.3 Vulnérabilité

La vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress occasionnés par les activités maritimes sera évaluée en vue d'effectuer l'évaluation des effets cumulatifs. Ce type de connaissance peut être particulièrement difficile à obtenir: des équipes de recherche entières peuvent s'intéresser à la vulnérabilité d'une seule composante valorisée à un seul facteur de stress, tel que la vulnérabilité des mammifères marins au bruit sous-marin. Bien que la vulnérabilité de certaines composantes valorisées à certains facteurs de stress soit bien documentée et permettrait une évaluation robuste des impacts environnementaux individuels, ce type de connaissance est rarement – voire jamais – disponible pour l'ensemble des combinaisons “composantes valorisées-facteurs de stress”; c'est pourtant une nécessité pour effectuer une évaluation d'effets cumulatifs.

Une approche qualitative faisant appel à l'opinion d'experts et à la recherche bibliographique est ainsi généralement utilisée afin de générer une matrice de scores de vulnérabilité relative pour toutes les combinaisons de composantes valorisées et de facteurs stress (Figure 1). L'utilisation d'une méthode par consultation d'experts permet alors de valoriser les expertises et les connaissances qui ne seraient autrement pas disponibles pour appuyer la gestion et la prise de décision (Teck et al., 2010). Selon les connaissances disponibles, nous procéderons par recensement bibliographique pour évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées à chaque facteur de stress. Cette recherche bibliographie sera complémentée de connaissances d'experts du milieu afin de capturer les particularités locales connues des diverses parties prenantes du projet. Les résultats de la collaboration avec tous les participants impliqués dans le projet pourront avoir, à cette étape-ci, une contribution

particulièrement significative au processus d'évaluation d'effets cumulatifs.

Divers approches peuvent ensuite être utilisées afin d'utiliser les informations qualitative recueillies pour obtenir la matrice de scores de vulnérabilité relative des composantes valorisées aux facteurs de stress. Par exemple, l'échelle spatiale des facteurs de stress, leur fréquence, leurs effets fonctionnel (p.ex. sur la reproduction des espèces), ou encore la résistance et la résilience des composantes valorisées pourraient être utilisés comme critères permettant d'évaluer la vulnérabilité des composantes valorisées. Ces critères seront sélectionnés selon les informations recueillies lors de la phase de recherche bibliographique.

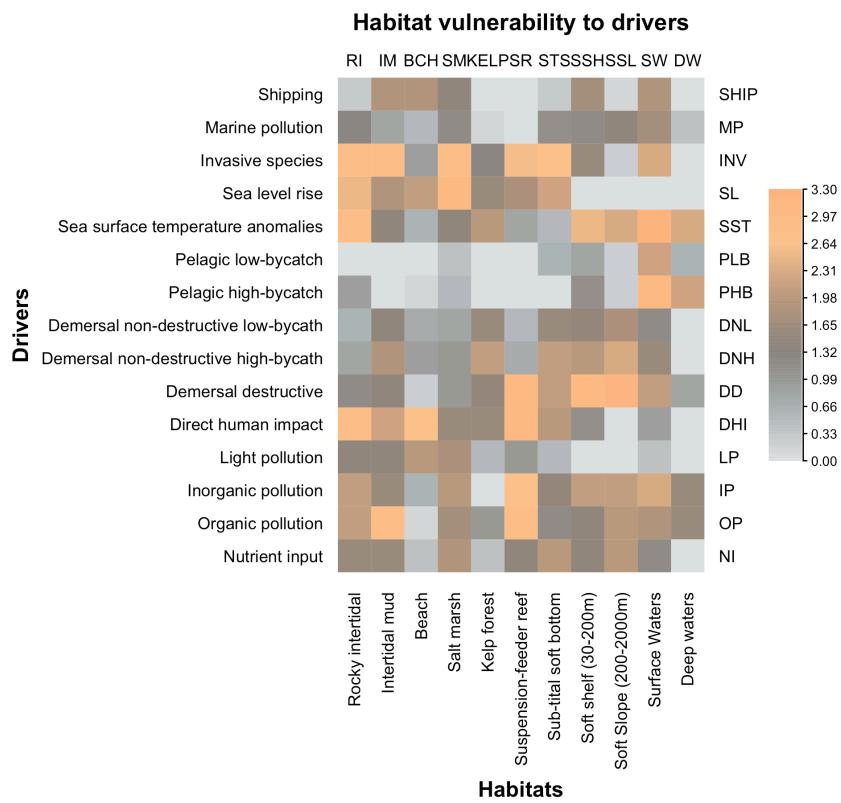


Figure 1. Exemple de matrice de la vulnérabilité de différents types

d'habitats à plusieurs facteurs de stress – représenté par le terme *drivers* sur la figure – et présentée sous forme de carte thermique (Adapté de (Halpern et al., 2019)).

4.4 Méthode d'analyse des effets cumulatifs

L'évaluation des effets cumulatifs des activités maritimes sera effectuée selon la méthodologie élaborée par l'équipe de Benjamin Halpern de l'Université de Californie à Santa Barbara (Halpern et al., 2008, 2015, 2019). Cette méthode requiert les trois types de données qui ont été présentées précédemment pour le portrait de la zone d'étude : 1) la présence ou l'absence cartographiée des composantes valorisées sur lesquels les impacts cumulés seront calculés (C_i), 2) la cartographie des impacts humains et de leurs stresseurs associés (S_j) – *c.-à-d.* les facteurs de stress issus des activités maritimes dans le cadre de cette étude – et 3) une matrice détaillant la vulnérabilité des composantes valorisées à chaque stresseur intégré à l'analyse ($\mu_{i,j}$). Ces données sont ensuite incorporées au sein d'une grille constituée de cellules de tailles homogènes et caractérisant l'aire d'étude visée. Les prédictions d'impacts cumulés (I_C) sont ensuite calculées pour chaque cellule (x) de la grille à l'aide de la formule suivante :

$$I_{C_x} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{i,x} * S_{j,x} * \mu_{i,j}.$$

L'évaluation d'impacts cumulés est ainsi obtenue par la sommation de l'ensemble des effets individuels des facteurs de stress sur l'ensemble des composantes valorisées. Cette méthode propose le calcul d'un indicateur **relatif** des effets cumulatifs. Le terme relatif est central à la compréhension de la méthode d'évaluation proposée. Un indicateur **absolu** relèverait une variation de l'état des composantes valorisées face au cumul des facteurs de stress, telle une diminution de la population de bélugas dans l'estuaire

du Saint-Laurent en réponse au cumul des facteurs de stress. Un indicateur relatif permet plutôt de comparer les différents facteurs de stress selon leur intensité au sein de la région étudiée et de leurs effets sur les composantes valorisées. Bien qu'elle ne permette pas d'évaluer la réponse d'une composante valorisée à un ou plusieurs facteurs de stress, cette approche offre davantage de flexibilité en permettant de considérer différents types de données et de connaissances qui ne peuvent normalement pas être comparées entre elles.

Cet indicateur relatif d'effets cumulés peut également être décliné afin d'évaluer la part relative d'un seul ou d'un sous-groupe de facteurs de stress sur les composantes valorisées. Par exemple, une évaluation relative d'effets cumulatifs pourrait couvrir l'ensemble des espèces de mammifères marins dans la zone d'étude. L'indice pourrait être décliné afin d'obtenir l'effet relatif de l'ensemble des facteurs de stress sur une seule espèce, d'un seul facteur de stress sur l'ensemble des espèces, ou de quelque combinaison "facteurs de stress-composante valorisée" d'intérêt. La figure 2 présente un exemple fictif des différentes étapes de la méthode proposée, allant du portrait de la zone d'étude à l'évaluation relative des effets cumulatifs.

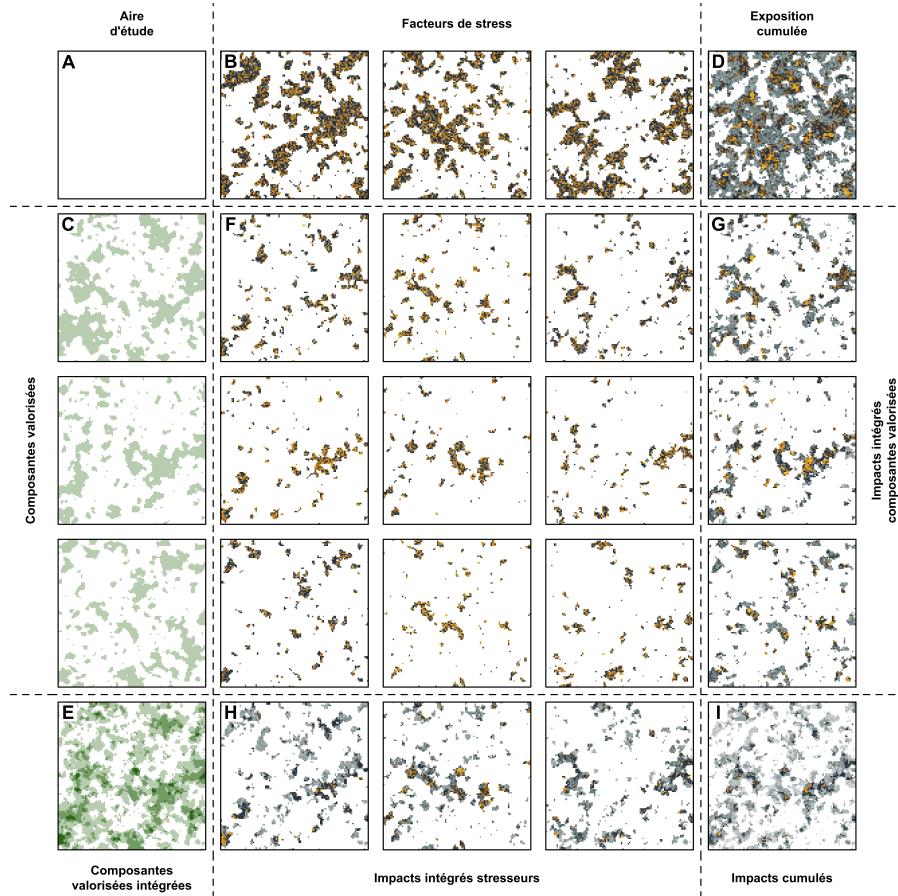


Figure 2. Exemple fictif d'évaluation spatiale des effets cumulatifs selon la méthodologie initialement proposée par Halpern et al. (2008). L'étude commence par la délimitation d'une zone d'étude d'intérêt (**A**). Un portrait de la zone d'étude est ensuite effectué en caractérisant la répartition des facteurs de stress (**B**) et les composantes valorisées (**C**) permettant d'atteindre les objectifs de l'évaluation. La sommation de l'ensemble des facteurs de stress permet d'identifier les milieux qui sont le plus exposés au cumul de stress, *c.-à-d.* l'exposition cumulée (**D**). La somme des composantes valorisées, quant à elle, permet d'identifier les milieux de la zone d'étude où un plus grand nombre de composantes valorisées se chevauchent (**E**). En combinant la répartition des facteurs de stress et composantes valorisées ainsi que la vulnérabil-

ité des composantes valorisées aux facteurs de stress, une évaluation relative d'effets individuels est obtenue (**F**). Il est possible d'évaluer l'impact de l'ensemble des facteurs de stress sur une seule composante valorisée (**G**); similairement, il est possible d'évaluer l'impact d'un seul facteur de stress sur l'ensemble des composantes valorisées (**H**). La sommation de l'ensemble des impacts individuels fournit l'évaluation relative des effets cumulatifs intégrant l'ensemble des combinaisons entre facteurs de stress et composantes valorisées (**I**).

4.5 Résultats de l'analyse

4.5.1 Répartition spatiale des effets cumulatifs

L'évaluation d'effets cumulatifs permettra l'identification des milieux qui sont les plus vulnérables au cumul des facteurs de stress dans la zone d'étude. La figure 3 présente un exemple d'évaluation d'effets cumulatifs de divers facteurs de stress sur divers habitats de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Beauchesne et al., 2018).

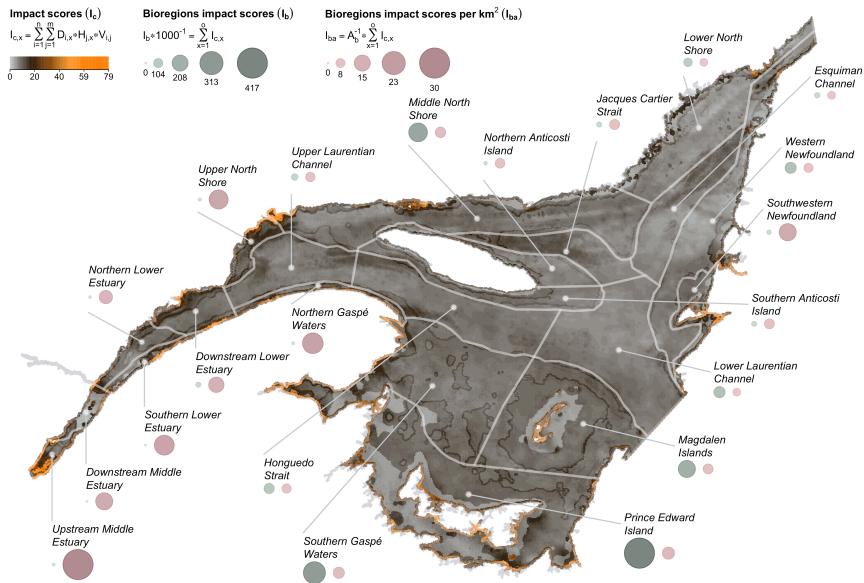


Figure 3. Évaluation des effets cumulatifs de 15 facteurs de stress sur 11 habitats de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

4.5.2 Résultats détaillés

L'évaluation des effets cumulés offre un indice intégrateur qui peut être utilisé afin d'explorer le cumul des effets des facteurs de stress en détails. Une exploration détaillée des effets associés à chaque facteur de stress sur chaque composante valorisée sera effectuée (Figure 2 G, H). Par exemple, nous explorerons les effets cumulatifs des activités maritimes sur les habitats floristiques et fauniques séparément des effets cumulatifs sur les sites d'importances de la zone d'étude. Nous explorerons également la répartition spatiale des effets cumulés au sein des deux secteurs de la zone d'étude séparément. L'exposition cumulée (Figure 2D) sera aussi analysée afin d'identifier les milieux de la zone d'étude les plus exposés aux facteurs de stress issus des activités maritimes.

Ces diagnostics d'analyse permettront, entre autres, d'explorer l'indicateur d'effets cumulés et d'identifier les composantes val-

orisées les plus touchées par le cumul des effets des facteurs de stress dans la zone d'étude, les facteurs de stress les plus préoccupants ainsi que les zones les plus exposées au cumul des effets des facteurs de stress. Lors de ces étapes, nous pourrons également identifier des séquences des effets (DFO, 2020) qui sont les plus susceptibles d'impacter les différentes composantes valorisées considérées par l'évaluation des effets cumulatifs. Une séquence des effets établit les liens entre les activités et leurs incidences potentielles sur divers aspects de l'écosystème.

Nous identifierons également les chemins d'exposition des composantes valorisées aux différents facteurs de stress, *c.-à-d.* les milieux où la répartition des facteurs de stress chevauche celle des composantes valorisées. Cet indice, qui ne considère pas la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress, permettra d'identifier les facteurs de stress auxquels les composantes valorisées sont le plus fréquemment exposées dans la zone d'étude. Considérant l'incertitude et les difficultés d'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées, cet indice relatif permet d'utiliser strictement les données qui sont typiquement les plus robustes – caractérisation des facteurs de stress et des composantes valorisées – afin d'identifier les milieux et les composantes valorisées les plus à risque dans la zone d'étude

4.5.3 Incertitudes et lacunes

Les résultats et les conclusions de l'évaluation seront limités par la disponibilité des données. Il est donc important de convenablement documenter l'incertitude associée à chaque sources de données ainsi que toutes lacunes en connaissances identifiées pendant le processus d'évaluation des effets cumulatifs. Cet aspect est particulièrement important puisqu'il s'agit d'une étude pilote qui ne pourra répondre à l'ensemble des questionnements reliés aux effets cumulés des activités maritimes dans le Saint-Laurent.

4.5.4 Considérations particulières

- L'évaluation relative des effets cumulatifs proposée est explicitement spatiale: elle fournira une description de la répartition spatiale et de l'intensité relative des effets cumulés dans la zone d'étude. Ce type d'approche régionale impose quelques contraintes, notamment la nécessité d'utiliser principalement des facteurs de stress et des composantes valorisées dont une caractérisation spatiale est possible, idéalement pour l'ensemble de la zone d'étude; ceci rend l'utilisation d'études ponctuelles difficile. Par exemple, il serait difficile d'inclure une évaluation d'impacts de la pêche sur une population d'anguille à l'embouchure d'une seule rivière de la zone d'étude.
- Dans le cadre de cette étude pilote, nous nous concentrerons sur une évaluation contemporaine des effets cumulatifs, c.-à-d. au cours des 5 à 10 dernières années selon les données disponibles; les données historiques permettant l'identification d'états de référence ne seront ainsi pas utilisées, à moins qu'un besoin particulier soit identifié. Bien que pertinent, le contexte de l'étude et la disponibilité des données ne nous permettra pas d'évaluer un état de référence pour l'ensemble des facteurs de stress et des composantes valorisées caractérisés, limitant ainsi les conclusions temporelles que nous pourrions en tirer.
- La disponibilité des données guidera le travail que nous pouvons accomplir pour ce projet pilote. Le contexte de l'étude ne permet pas à l'équipe de l'Université Laval d'effectuer une collecte de données nouvelles. Le portrait établi représentera ainsi une veille des connaissances actuelles permettant de caractériser les facteurs de stress des activités maritimes ainsi que les composantes valorisées identifiées. Advenant la disponibilité de nouvelles données en cours de projet, l'équipe de l'Université Laval pourra les considérer, à condition que leur inclusion ne les force pas à repousser le dépôt des livrables du contrat.
- Finalement, plusieurs autres activités humaines peuvent être à la source de pressions environnementales au sein de la zone d'étude. Par exemple, la qualité de l'eau est assurément influencée par

les activités en milieu terrestre et le lessivage des terres agricoles par les embouchures de rivières. Par contre, la présente étude ne se concentrera que sur les facteurs de stress issus des activités maritimes.

5

Collecte et gestion de données

La collecte des données sera effectuée en collaboration avec les différentes parties prenantes du projet ainsi qu'avec la collaboration et le soutien de Transport Canada et les membres du projet porté par le Plan d'action Saint-Laurent. Aucune nouvelle donnée ne sera récoltée pour cette évaluation. L'entièreté de l'étude est ainsi dépendante de la disponibilité des données permettant de caractériser la répartition spatiale des composantes valorisées et des facteurs de stress, ainsi que la vulnérabilité des composantes valorisées aux facteurs de stress. Une attention particulière sera attribuée aux connaissances détenues par les communautés autochtones et non-autochtones. À cet égard, nous prévoyons une rencontre avec des représentants des Premières Nations suite à la présentation de l'approche méthodologique afin de mettre en place une stratégie adéquate qui nous permettra de valoriser leurs savoirs et intégrer leurs préoccupations. L'approche de travail adoptée permettra un processus itératif et transparent permettant l'intégration de nouvelles considérations ou d'ajustement de considérations préalablement partagées suite aux processus de concertation. Il est à noter que les préoccupations des Premières Nations, des communautés côtières et des diverses parties prenantes du projet ont également été considérées en amont de la présente étude à travers divers processus de mobilisation organisés par l'équipe de Transports Canada.

La gestion des bases de données sera assurée par l'équipe de l'Université Laval de travail et visera à assurer une transparence complète du travail effectué. Dans la mesure du possible, notre équipe a pour objectif le partage complet du code et des données utilisées pour toutes les étapes du processus d'évaluation d'impacts cumulés. Les données de nature sensible pourront tout

de même faire l'objet d'embargos ou d'ententes de partage plus strictes limitant ou bloquant entièrement l'accessibilité à certains types de données. Il demeure tout de même possible d'intégrer ce type de données à un processus ouvert en les cataloguant convenablement afin qu'un utilisateur puisse minimalement connaître le type et la provenance des données utilisées au sein des analyses, ainsi que les contacts pertinents permettant d'obtenir davantage d'informations sur ces dernières. Toutes suggestions, recommandations ou requête des différents partenaires quant à la collecte, la gestion et le partage des données seront considérées afin d'assurer une collaboration efficace et respectueuse.

En plus des rencontres et des séances de mobilisation prévues au contrat et visant une collaboration étroite avec les responsables de Transport Canada, nous adopterons une approche transparente et reproductible similaire à celle que nous utilisons pour notre initiative de caractérisation des facteurs de stress au sein de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent nommée eDrivers. Nous basons notre approche sur les principes FAIR (Findable, Accessible, Interopérable, Reusable), qui visent à s'assurer que les données utilisées soient découvrables, accessibles, interopérables et réutilisables. Nous utilisons ainsi des outils de programmations, notamment le langage R¹. L'utilisation d'outils de programmation, à l'instar de logiciels comme ArcGIS², offre plusieurs avantages. Ils offrent une grande souplesse permettant l'intégration de changements ou de nouvelles considérations très rapidement sans devoir refaire plusieurs étapes d'un processus complexe. Cette souplesse ne se limite pas aux analyses, puisque l'ensemble des étapes d'un projet, de l'intégration des données brutes à la production de rapports, peuvent être intégrées et ainsi facilement modifiées. Il devient alors aisément d'intégrer des commentaires ou de nouvelles recommandations suite à des processus de mobilisation, par exemple. Nous utiliserons également

¹R est un logiciel libre destiné aux statistiques, la science des données et les graphiques (<https://www.r-project.org/>)

²ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (SIG) développés par la société américaine Esri (<https://www.arcgis.com/index.html>)

GitHub³, un outil de contrôle de version qui permettra la documentation, le contrôle de la qualité et l'historique du développements et des modifications des éléments de programmation pertinents à l'ensemble du projet.

³GitHub est un service web d'hébergement et de gestion de développement de logiciels utilisé par plus de 40 millions d'utilisateurs partout à travers le monde (<https://github.com/>).



6

Calendrier

Livrable	Date
Lancement et préparation du calendrier et du plan de travail	Début février 2020
Document présentant un aperçu de la méthode	Mai 2020
Établir liste de besoins en termes de données et initier les contacts visant à obtenir les données nécessaires	Mi-mars - Juin 2020
Webinaire avec partenaires et collaborateurs	Juin 2020
Ajuster approche selon les commentaires des collaborateurs	Mai-Juin 2020
Contacts et collecte de données	Juin 2020 - Mars 2021
Cartographie des sources de stress et des composantes valorisées	Juillet 2020 - Mars 2021
Évaluation préliminaire de l'exposition cumulée des composantes valorisées aux stresseurs environnementaux	Novembre 2020 - Février 2021
Évaluation préliminaire de la vulnérabilité des composantes valorisées	Novembre 2020 - Février 2021
Rapport sommaire et présentation des constations préliminaires aux fins de commentaires lors d'un atelier, révision et échanges sur la vulnérabilité des composantes valorisées et échanges sur la cartographie des sources de stress et des composantes valorisées	Mars 2021

Livrable	Date
Ajuster approche selon les commentaires des collaborateurs, intégration de nouvelles considérations et intégration des connaissances des collaborateurs et des Premières Nations à l'évaluation de la vulnérabilité des composantes valorisées	Avril - Mai 2021
Contacts et collecte de données manquantes ou proposées lors de l'atelier de mars 2021	Avril - Mai 2021
Analyses finales et rédaction du rapport	Mai 2021 - Décembre 2021
Livraison du rapport final aux fins de traduction et de diffusion	31 décembre 2021
Présentation du rapport final lors d'un atelier	Début février 2022

References



Bibliography

Beauchesne, D., Daigle, R. M., Vissault, S., Gravel, D., Bastien, A., Bélanger, S., Bernatchez, P., Blais, M., Bourdages, H., Chion, C., Galbraith, P. S., Halpern, B. S., Lavoie, C., McKindsey, C. W., Mucci, A., Pinneault, S., Starr, M., Ste-Marie, A.-S., and Archambault, P. (2018). Regional assessment of cumulative impacts in the St. Lawrence system.

Beauchesne, D., Daigle, R. M., Vissault, S., Gravel, D., Bastien, A., Bélanger, S., Bernatchez, P., Blais, M., Bourdages, H., Chion, C., Galbraith, P. S., Halpern, B. S., Lavoie, C., McKindsey, C. W., Mucci, A., Pinneault, S., Starr, M., Ste-Marie, A.-S., and Archambault, P. (2020). Characterizing Exposure to and Sharing Knowledge of Drivers of Environmental Change in the St. Lawrence System, Canada. *Under review in Frontiers in Marine Science*.

DFO (2020). Science Advice for Pathways Of Effects for Marine Shipping In Canada: Biological and Ecological Effects. Technical report.

Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C., and Selkoe, K. A. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, 9(1):11609.

Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J. S., Rockwood, R. C., Selig, E. R., Selkoe, K. A., and Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, 6(1).

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V.,

- Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., and Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319(5865):948–952.
- Hegmann, G., Cocklin, C., Creasey, R., Dupuis, S., Kennedy, A., Kingsley, L., Ross, W., Spaling, H., and Stalker, D. (1999). *Cumulative Effects Assessment Practitioner's Guide*. Prepared by AXYS Environmental Consulting Ltd. and the CEA Working Group for the Canadian Environmental Assessment Agency, Hull, Quebec.
- Lerner, J. (2018). Examen des concepts et des cadres internationaux de gestion des effets cumulatifs. Préparé pour Transports Canada dans le cadre du contrat T8080-170062. Technical report, UBC Institute for Resources, Environment, and Sustainability Aquatic Ecosystems Research Laboratory.
- Pickard, D., de la Cueva Bueno, P., Olson, E., and Semmens, C. (2019). Examen des méthodes d'évaluation des effets cumulatifs du transport maritime. Rapport préparé par ESSA Technologies Ltd. pour Transports Canada. Technical report.
- Teck, S. J., Halpern, B. S., Kappel, C. V., Micheli, F., Selkoe, K. A., Crain, C. M., Martone, R., Shearer, C., Arvai, J., Fischerhoff, B., Murray, G., Neslo, R., and Cooke, R. (2010). Using expert judgment to estimate marine ecosystem vulnerability in the California Current. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 20(5):1402–1416.