



ÉVALUATION D'UNE APPROCHE POUR COMPENSER L'AUGMENTATION DU BRUIT SOUS-MARIN CAUSÉ PAR LE TRANSPORT MARITIME, À L'AIDE D'INFORMATIONS SUR L'ÉPAULARD RÉSIDENT DU SUD



Épaulards résidents du sud près des voies de navigation dans le détroit de Juan de Fuca. Un porte-conteneurs est visible à l'arrière-plan. Photo par Katherine Gavrilchuk, MPO.



Figure 1. Carte de la zone d'étude. L'emplacement des onze enregistreurs acoustiques dont les données ont été utilisées dans le scénario d'essai est indiqué par un « x » et un numéro. La ligne jaune indique l'étendue de la zone d'étude, définie par les limites du modèle acoustique. Les zones vertes sont désignées comme habitat essentiel des épaulards résidents du sud.

CONTEXTE

En 2019, la Régie de l'énergie du Canada (REC, anciennement Office national de l'énergie) a recommandé que la gouverneure en conseil élabore un programme pour compenser l'augmentation du bruit sous-marin associé au transport maritime lié au projet d'agrandissement du réseau de Trans Mountain (TMX) et réduire les effets nocifs sur les espèces marines en péril, y compris l'épaulard résident du sud. Pour donner suite aux recommandations de la Régie de l'énergie du Canada, la gouverneure en conseil s'est engagée à continuer de soutenir et de mettre en œuvre des mesures de gestion du bruit qui contribueraient à remédier aux effets sur l'épaulard résident du sud et à surveiller et gérer ces mesures de manière adaptative.

À l'appui d'un tel engagement, le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) de Pêches et Océans Canada (MPO) a mis au point un cadre de compensation du bruit afin de tenter d'appliquer une méthode quantitative fondée sur des données probantes avec rigueur scientifique pour établir la mesure dans laquelle le bruit résultant du transport maritime lié aux grands projets de développement pourrait être compensé par des mesures de gestion. Le Secteur des sciences des écosystèmes et des océans du MPO a soutenu l'élaboration de ce cadre par la mise en œuvre d'un programme complet de surveillance de l'exposition de

l'épaulard résident du sud au bruit dans la zone de navigation maritime du projet TMX afin d'atteindre les objectifs suivants :

1. établir une valeur de référence du bruit sous-marin;
2. aider à l'élaboration d'un modèle de bruit sous-marin produit par les navires pour prédire les augmentations progressives des niveaux de bruit des navires associés au projet;
3. évaluer l'efficacité de mesures précises de gestion du bruit sous-marin.

L'élaboration du cadre de compensation du bruit s'est appuyée sur les principes directeurs de la compensation de la biodiversité et sur des avis scientifiques antérieurs qui recommandaient de viser une augmentation nette nulle du bruit résultant du transport maritime lié au projet. Le cadre a été éclairé davantage par les résultats d'un atelier organisé en 2021 avec des experts en la matière des Sciences du MPO. Comme le cadre est un nouvel outil potentiel, le PPPH a demandé que le Secteur des sciences du MPO en examinent et évaluent les éléments suivants et la façon dont ils seraient appliqués dans une étude de cas utilisant les augmentations prévues du bruit sous-marin des navires liés au projet TMX dans la mer des Salish et l'incidence potentielle sur l'épaulard résident du sud.

- **Limites spatiales et temporelles** : Les méthodes utilisées pour déterminer les limites spatiales et temporelles du cadre.
- **Valeur de référence du bruit** : Niveaux de bruit avant la mise en œuvre de mesures de gestion pour s'attaquer aux effets du projet et avant le début du transport maritime lié au projet.
- **Bruit supplémentaire lié au projet** : Niveaux de bruit dus au transport maritime supplémentaire associé à un grand projet.
- **Mesures de gestion** : Moyens de mesurer les changements dans les niveaux de bruit résultant de la mise en œuvre des mesures de gestion du bruit sous-marin.
- **Ratio de compensation** : Établir un multiplicateur propre à l'espèce qui établit l'équivalence de l'habitat en pondérant l'habitat touché selon l'utilisation ou la fréquence d'observation de l'espèce d'intérêt.
- **Application de mesures de compensation** : Approche consistant à appliquer des mesures de compensation pour faire contrepoids à une augmentation du bruit causé par le transport maritime lié au projet dans une zone ou une période donnée par une réduction du bruit grâce à des mesures prises dans une autre zone ou une autre période.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs national du 12 au 14 mars 2024, sur l'Évaluation d'un cadre pour compenser l'augmentation du bruit sous-marin causé par le transport maritime associé aux grands projets de développement : étude de cas appliquant un cadre de compensation du bruit au projet d'agrandissement du TMX et à son incidence sur l'épaulard résident du sud. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- La compensation est un outil de gestion appliqué pour réduire les incidences sur les habitats qui ne sont pas entièrement atténués par d'autres mesures.

- Une proposition visant à compenser l'augmentation prévue du bruit sous-marin a été élaborée par le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH; le client), et s'applique au bruit sous-marin des navires du projet TMX en relation avec l'épaulard résident du sud.
- Des avis ont été demandés sur l'échange de crédits compensatoires, qui sont définis à la fois dans l'espace et dans le temps. Ceux-ci comprennent : l'utilisation de sous-régions pour l'échange de crédits; la définition d'une valeur de référence et du calcul des changements dans les niveaux sonores résultant des navires liés au projet et de mesures d'atténuation; l'utilisation et le calcul de facteurs de pondération pour exprimer l'importance variable de l'habitat pour l'espèce focale; les principes guidant l'échange de crédits dans le cadre de la compensation.
- L'application de mesures de compensation pour atténuer le bruit sous-marin est sans précédent et complexe. Une telle approche peut s'avérer utile pour contrer le bruit sous-marin causé par les navires, mais elle nécessite beaucoup de données et n'est pas recommandée dans les contextes où les données sont rares.
- Des défis et des problèmes méthodologiques ont été cernés en ce qui concerne l'applicabilité et l'efficacité de l'approche proposée en tant qu'outil de gestion. Bien que l'analyse réalisée puisse éclairer le choix des mesures d'atténuation, des travaux supplémentaires sont nécessaires avant de procéder à la mise en œuvre de l'approche de compensation du bruit proposée (y compris pour le projet TMX et l'épaulard résident du sud), en raison des grandes incertitudes qui ont été relevées.
- Les mesures de compensation devraient être limitées par la zone d'occupation de l'espèce focale et se produire à proximité spatiale et temporelle de l'augmentation du bruit. La comparabilité de l'importance et du type d'habitat pour l'espèce focale est nécessaire pour envisager l'échange de crédits; cependant, les critères d'équivalence biologique n'ont pas fait l'objet d'un accord.
- Les sous-régions proposées pour l'échange de crédits compensatoires dans le scénario d'essai n'ont pas fait l'objet d'un accord et ont contribué au rejet de l'approche. Des suggestions ont été faites pour une approche plus rigoureuse de la subdivision spatiale.
- Des améliorations au modèle de bruit produit par les navires présenté dans le scénario d'essai ont été suggérées. Il est nécessaire d'examiner attentivement la sélection des paramètres du niveau sonore, des fréquences appropriées, des niveaux de la source et des hypothèses de propagation, y compris les considérations spatiales et temporelles.
- Des réserves ont été exprimées concernant la détermination, le calcul et l'échange de crédits compensatoires. Telle qu'elle a été présentée, l'utilisation de crédits compensatoires a été rejetée et des améliorations ont été suggérées pour étayer les considérations futures.
- Les participants ont convenu qu'un multiplicateur ou un facteur de risque (le rapport entre l'habitat touché et l'habitat compensé) peut être appliqué en tant qu'outil de gestion pour tenir compte des incertitudes de l'approche proposée, de toute période sans compensation, ou de toute autre considération pertinente.
- La valeur de référence doit être établie de manière à représenter une période antérieure aux opérations du projet et à la mise en œuvre des intrants du projet, des mesures d'atténuation et de compensation, conformément au principe d'additionnalité.

INTRODUCTION

Les mesures de compensation visent à remédier à la perte ou à la dégradation inévitable de l'habitat résultant d'une activité anthropique en la contrant par l'amélioration, la création ou la restauration de l'habitat dans des zones adjacentes ou proches. La compensation est envisagée lorsque des effets nocifs résiduels sont attendus après que tous les efforts ont été déployés pour éviter dans un premier temps, puis réduire ou atténuer les incidences des activités liées au projet. La compensation des incidences résiduelles par la création ou la restauration d'un habitat de valeur équivalente ailleurs (par exemple, des frayères pour les poissons), ou par la réduction des incidences découlant d'activités non liées au projet, peut contribuer à l'absence de perte nette de la biodiversité ou de l'habitat. L'efficacité des mesures de compensation est estimée par l'utilisation de crédits, qui doivent être reproductibles et solides dans leur calcul, et représenter le même paramètre ou monnaie d'échange entre les régions spatiales ou les périodes temporelles. L'objectif de l'échange de crédits serait d'obtenir au moins un effet ou une incidence global nul.

Le concept de compensation a été appliqué à l'échelle mondiale, par exemple pour la compensation des émissions de carbone, mais il n'a encore jamais été utilisé pour lutter contre le bruit sous-marin causé par le transport maritime associé à de grands projets de développement. Il a été demandé au Secteur des sciences du MPO d'évaluer la manière dont une approche de compensation pourrait être appliquée pour réduire l'augmentation progressive du bruit sous-marin occasionné par les navires associés à de grands projets de développement et à leur incidence sur les espèces en péril, et d'évaluer les risques et les incertitudes liés à cette approche. Les éléments d'un cadre proposé par le PPPH ont été évalués à l'aide des données sur l'épaulard résident du sud (*Orcinus orca*), comme scénario d'essai. Des avis ont été demandés sur le cadre proposé et son application (figure 2), notamment sur : les aspects spatiaux et temporels du calcul et de l'échange de crédits, y compris l'utilisation de sous-régions; les méthodes et les paramètres utilisés pour quantifier la valeur de référence du bruit sous-marin; l'utilisation et les facteurs de pondération ou les ratios de compensation dans le calcul des crédits, pour exprimer les aspects de l'importance de l'habitat et de son utilisation variable par l'espèce focale; les principes guidant l'échange de crédits, tels que le calcul de la compensation nécessaire compte tenu de l'efficacité probable des mesures de compensation et la manière de définir l'équivalence dans les régions de l'habitat.

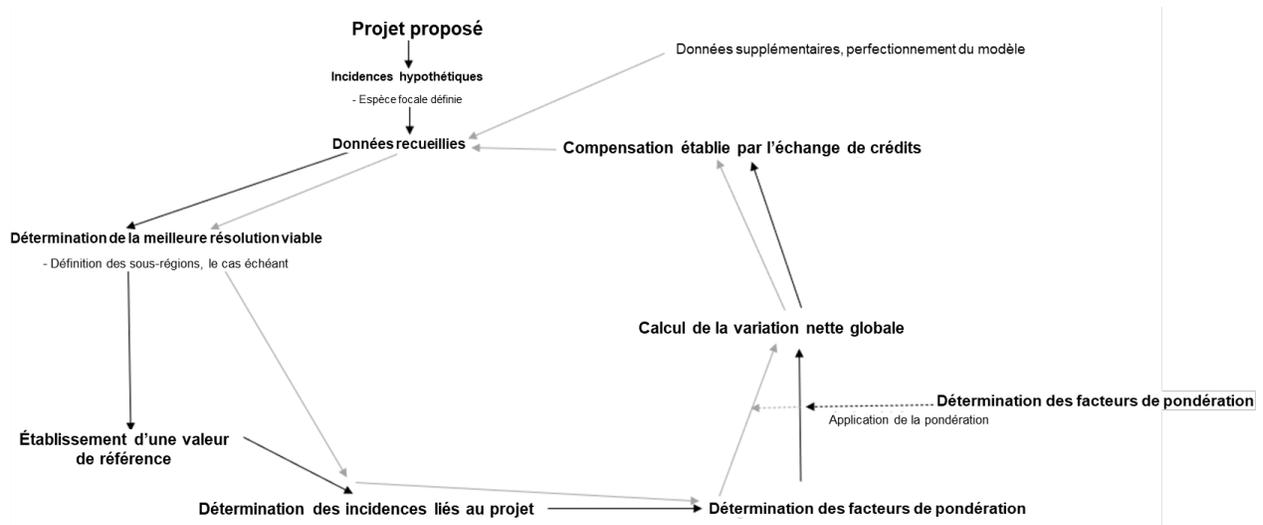


Figure 2. Schéma du processus de compensation proposé (flèches noires); les itérations futures et les moyens d'ajouter des données à mesure qu'elles deviennent disponibles sont indiqués par des flèches grises.

Le potentiel de la compensation comme moyen de contrer les incidences liées au projet a été reconnu par les participants lors de l'examen du cadre proposé et de l'exemple de scénario d'essai, mais il a été convenu que son application au bruit sous-marin lié au projet est prématurée et aucun consensus n'a été atteint sur la manière dont l'approche peut être utilisée à l'heure actuelle. De nombreuses incertitudes et limites liées aux données ont été relevées et mises en évidence par l'utilisation du scénario d'essai pour l'épaulard résident du sud. En raison des niveaux élevés d'incertitude liés à l'application du cadre proposé au scénario d'essai, il a été conclu qu'à l'heure actuelle, la compensation ne devrait pas être utilisée pour traiter les incidences du projet sur l'épaulard résident du sud. Les discussions relatives à chaque aspect du cadre proposé (figure 2), les risques et incertitudes relevés et les améliorations suggérées, le cas échéant, sont expliqués ci-dessous.

L'application du cadre théorique proposé aux espèces en péril a été démontrée à l'aide du scénario d'essai. L'épaulard résident du sud est inscrit sur la liste des espèces en voie de disparition en vertu de la *Loi sur les espèces en péril*; la population comptait 74 individus en janvier 2024 (CWR 2024). Des zones de la mer des Salish, du détroit de Juan de Fuca et du banc Swiftsure ont été désignées comme habitat essentiel de l'épaulard résident du sud (figure 1). La présence de ce dernier dans ces zones est élevée entre mai et octobre et est fortement associée aux migrations de fraie du saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), sa proie préférée. Le scénario d'essai s'est limité à cette période de six mois, même si la population est connue pour être présente dans certaines parties de son habitat essentiel en dehors de cette période. Les données sur la présence de l'épaulard résident du sud et son utilisation de l'habitat en hiver sont actuellement limitées.

L'approche de compensation a été envisagée pour l'augmentation progressive du bruit causée par les pétroliers et les remorqueurs d'escorte du projet TMX transitant par la mer des Salish, qui devraient passer de cinq à trente-quatre transits par mois. La Régie de l'énergie du Canada a conclu que la population d'épaulard résident du sud a franchi un seuil où toute incidence ou perturbation environnementale supplémentaire serait considérée comme importante et que, sans mesures d'atténuation supplémentaires, le projet TMX est susceptible d'avoir des effets nocifs importants sur celle-ci. La stratégie de compensation appliquée pour le scénario d'essai

consiste à contrebalancer l'augmentation du bruit attendue en raison du projet TMX par des diminutions résultant de mesures de gestion appliquées à d'autres grands navires commerciaux. La Régie de l'énergie du Canada a estimé qu'étant donné que les effets cumulatifs ont déjà des effets nocifs importants sur l'épaulard résident du sud, les mesures appliquées aux seuls navires liés au projet TMX ne seraient pas suffisantes pour traiter et atténuer les effets du projet. Un ralentissement de tous les navires a donc été envisagé dans le cadre de l'évaluation de la compensation.

ÉVALUATION

Les données nécessaires à l'élaboration d'une approche de compensation et le cadre proposé ont fait l'objet d'une discussion, notamment sur les limites et les réserves relatives à leur application.

Un consensus s'est dégagé sur le fait que les aspects spatiaux et temporels de l'application de la compensation devraient être définis par la présence et l'utilisation de l'habitat de l'espèce focale. Les données sur la présence de l'espèce ont été recommandées comme étant les données minimales requises pour l'élaboration et l'application d'une approche de compensation. Par conséquent, la zone d'étude proposée pour la compensation dans la mer des Salish et les eaux environnantes comprend des zones où la présence de l'épaulard résident du sud et de son habitat essentiel est connue (zone d'étude; figure 1). Les informations sur l'utilisation de l'habitat par l'épaulard résident du sud, obtenues à partir de relevés planifiés et opportunistes dans la zone d'étude, ont été modélisées afin de prédire la fréquence d'observation et de recenser les lieux d'alimentation. Des enregistrements acoustiques passifs ont été réalisés en onze emplacements de la zone d'étude (figure 1) afin d'étayer ces analyses.

Un modèle de bruit produit par les navires a également été utilisé pour interpoler les données entre ces emplacements et permettre des comparaisons du paysage sonore dans le temps et dans l'espace vertical et horizontal (c'est-à-dire dans la colonne d'eau). Le modèle a été alimenté par les données de suivi des navires du système d'identification automatique, les variables océanographiques pour définir le champ de vitesse du son, la caractérisation des sédiments et les propriétés géoacoustiques pour tenir compte des pertes de transmission, les données à la source pour quantifier les émissions sonores des navires, et l'absorption de l'eau en fonction de la fréquence acoustique. Les enregistrements *in situ* ont été utilisés pour valider les résultats du modèle, en comparant les niveaux sonores à la même fréquence, à la même profondeur et au même moment.

L'un des principes clés de la compensation est l'échange de crédits en contrebalançant les pertes et les gains d'habitat résultant des mesures prises dans et entre les sous-régions ou les périodes. Bien que la définition des unités temporelles pertinentes pour l'échange de crédits n'ait pas fait l'objet d'une discussion au cours de l'examen, deux approches de subdivision de la zone d'étude ont été comparées dans le cadre du scénario d'essai, et beaucoup plus d'efforts ont été consacrés à la discussion sur l'échange de crédits spatiaux. La première a utilisé les données d'enregistrement acoustique des amarrages pour délimiter des sous-régions présentant des caractéristiques similaires en matière de paysage sonore, tandis que la seconde a pris en compte les données relatives à la fréquence d'observation de l'épaulard résident du sud et les emplacements des principales zones d'alimentation. Les participants à la réunion ont indiqué une forte préférence pour l'approche centrée sur l'espèce, en utilisant les données relatives à la présence de l'espèce et à l'utilisation de l'habitat pour définir les sous-régions et évaluer leur importance relative. Toutefois, il a été souligné qu'il fallait faire attention, lors de la définition des sous-régions, à ce que l'importance de chacune d'elles pour l'espèce focale ne soit pas diluée par une définition trop générale ou affectée par la variabilité de l'utilisation. Les

participants ont convenu que les limites sous-régionales définies dans le projet de scénario d'essai ne tenaient pas compte de cette préoccupation. En outre, la résolution des sous-régions a fait l'objet d'une discussion, et il a été convenu que l'échelle des données la plus précise disponible devrait être utilisée pour caractériser les changements du paysage sonore, estimer l'importance de l'habitat (facteurs de pondération) et calculer les crédits pour l'échange. Toutefois, il a été reconnu qu'un découpage plus grossier des sous-régions pourrait être nécessaire pour des applications où les données sont plus limitées, avec la réserve que ce découpage pourrait augmenter l'incertitude dans l'estimation des incidences ou des crédits. Des enjeux comme que les mouvements d'animaux entre les sous-régions (y compris les corridors de déplacement) et la nature propagatrice des sons sous-marins dans et entre les régions ont été mentionnés en référence à la définition et à l'utilisation des sous-régions de la zone d'étude, mais il n'y a pas eu de résolution définitive sur la façon dont ils pourraient être abordés ou pris en compte lors du calcul de la compensation.

Le bruit supplémentaire provenant des navires liés au projet et les réductions de bruit résultant des mesures de gestion ont été calculés par rapport à une valeur de référence acoustique. Il a été convenu qu'une valeur de référence conceptuelle devrait représenter une période antérieure aux opérations liées au projet, et avant la mise en œuvre des intrants liés au projet et des mesures d'atténuation ou de gestion des compensations, afin d'être cohérent avec le principe d'additionnalité (Gillenwater 2012). Ce principe est commun à la compensation de la biodiversité, selon lequel les mesures prises dans le cadre des efforts de compensation doivent fournir un avantage en matière de conservation qui n'aurait pas eu lieu autrement. Conformément au principe d'additionnalité, les mesures de gestion prises pour contrer les incidences liées au projet dans le cadre de l'approche de compensation doivent être supérieures aux mesures de conservation déjà en place dans la zone d'étude (UICN 2016).

Le choix de l'année de référence proposée pour le scénario d'essai n'a pas fait l'objet d'un consensus. Les données de 2015, antérieures à l'approbation du projet TMX, ont été présentées aux participants pour examen. Certains participants ont toutefois noté qu'une valeur de référence plus proche du lancement des opérations du projet et de la navigation des navires serait plus appropriée, ainsi que les premiers transits du projet TMX en mai 2024. Les valeurs de référence utilisant les données à partir de 2017 devraient refléter les mesures de conservation existantes pour l'épaulard résident du sud dans la mer des Salish, y compris l'augmentation des distances d'approche ainsi que le ralentissement, le détournement et l'exclusion des navires. Les opinions divergentes ont été reconnues lors de la réunion, mais l'utilisation de la valeur de référence de 2015 est restée comme une référence conceptuelle à partir de laquelle seront estimées l'incidence théorique du projet TMX, la réussite de la mesure de gestion et l'utilisation des crédits pour la compensation, dans le but de parvenir à une incidence à somme nulle et à une augmentation globale nette nulle du bruit.

L'incidence du projet dans chaque sous-région a été calculée en déterminant les endroits où le bruit des navires associés au projet TMX était supérieur au niveau sonore ambiant minimum pour l'année de référence dans le cadre d'un scénario modélisé. Le niveau sonore ambiant minimum représente les périodes où les apports des navires et des éléments abiotiques (vent et vagues) dans le paysage sonore sont minimes, et il est dérivé des niveaux sonores les plus bas observés sur six années d'enregistrements (2018 à 2024). Les augmentations attendues ont été calculées à l'aide du modèle de bruit produit par les navires et de données synthétiques du système d'identification automatique afin de simuler l'augmentation du trafic maritime liée au projet TMX par rapport à la valeur de référence. Dans le scénario d'essai, le niveau sonore ambiant minimum a été appliqué globalement à tous les sites. En utilisant ce point de référence pour estimer les incidences liées au projet, on ne s'attend pas à ce que le choix de l'année de

référence ait une influence. Une situation contraire pourrait se produire si un autre paramètre était utilisé, où la différence dans le nombre de navires (environ 300 navires supplémentaires en 2022 par rapport à 2015) et les zones de ralentissement saisonnier près du banc Swiftsure et dans le détroit de Haro et le passage Boundary peuvent influencer les valeurs de référence du paysage sonore à partir desquelles les ajouts liés au projet TMX sont pris en compte. Pour le scénario d'essai, le modèle a suggéré qu'il y avait peu de zones qui ne subiraient pas de bruit supplémentaire des pétroliers et des remorqueurs d'escorte associés au projet TMX, puisque ce bruit supplémentaire se concentre autour des voies de navigation.

L'efficacité d'une mesure de gestion utilisée pour compenser le bruit supplémentaire lié au projet TMX a également été estimée par comparaison avec la valeur de référence. Pour le scénario d'essai, les données du système d'identification automatique de 2015 ont été utilisées pour simuler un scénario dans lequel tous les navires commerciaux transitant par la zone d'étude étaient ralentis à dix nœuds. Cette mesure dépasse toutes celles qui sont actuellement en place ou qui ont fait l'objet d'un essai dans la mer des Salish, avec une plus grande étendue spatiale et une réduction de la vitesse demandée. Dans ce scénario, l'ampleur et la localisation des changements du niveau sonore par rapport à la valeur de référence peuvent différer en fonction de l'année de référence choisie, car certaines mesures de ralentissement volontaire existantes étaient en place en 2022 alors qu'elles ne l'étaient pas en 2015, mais cette comparaison n'a pas été effectuée.

Les résultats du modèle ont été extrapolés à des fréquences qui représentent les vocalisations et les clics d'écholocalisation de l'épaulard résident du sud afin de mieux évaluer l'incidence acoustique. Un paramètre unique agrégé a également été calculé pour représenter les changements sur l'ensemble du répertoire acoustique de l'épaulard résident du sud. Les paramètres de vocalisation ont été définis à partir de recherches antérieures, bien qu'il ait été reconnu que la portée auditive, ou la gamme de fréquences à laquelle l'épaulard résident du sud peut être sensible, peut être plus large que la gamme de fréquences utilisée pour les vocalisations et les clics d'écholocalisation. Les variations des niveaux sonores ont été examinées à des profondeurs de nage et de plongée typiques pour l'épaulard résident du sud, telles que déterminées à partir des données des études de biotélémétrie (7,5 m, 50 m et 100 m). Des questions ont été soulevées quant à l'adéquation des paramètres de niveau sonore utilisés pour représenter les meilleurs changements temporels de l'habitat acoustique et les estimations de l'incidence sur l'épaulard résident du sud, plutôt que, par exemple, les gains et les pertes de « temps de calme » relatif, ou l'utilisation de paramètres de masquage. Il a été suggéré d'affiner les calculs de la compensation à l'avenir. Malgré ces préoccupations, pour cette première exploration de la compensation, le niveau sonore médian (L_{50}) sur six mois a été utilisé dans les calculs des crédits pour représenter le paysage sonore vécu par l'épaulard résident du sud pendant au moins 50 % du temps, et est moins influencé par le bruit extrême supplémentaire que la moyenne (L_{eq}) pourrait l'être. Les variations des niveaux sonores pour les scénarios par rapport à la valeur de référence (valeur de référence plus navires du projet TMX, ralentissement par rapport à la valeur de référence) ont été calculées de manière cohérente afin de pouvoir les comparer. L'échelle de six mois correspondait aux données disponibles sur la présence de l'épaulard résident du sud et l'utilisation de l'habitat, utilisées pour la définition des sous-régions et pour former les facteurs de pondération.

L'utilisation de facteurs de pondération dans le calcul de la compensation a été étudiée avec le scénario d'essai. L'inclusion de ces facteurs permet de reconnaître que les régions de la zone d'étude peuvent être utilisées différemment par l'espèce focale. C'est également un moyen d'exprimer la valeur ou l'équivalence de l'utilisation et de l'importance de l'habitat pour l'espèce focale de chaque sous-région ou unité spatiale. Les facteurs de pondération des sous-régions

dans le scénario d'essai ont été attribués en utilisant la probabilité moyenne d'occurrence de l'épaulard résident du sud et la probabilité d'une quête commune et fréquente de nourriture comme indices de la valeur de l'habitat. Là encore, il a été convenu que les facteurs de pondération devaient être appliqués à la meilleure résolution spatiale et temporelle possible, ce qui pourrait rendre inutile l'utilisation de sous-régions. Dans le scénario d'essai, une valeur a été attribuée aux régions situées dans l'habitat essentiel, ainsi qu'une valeur représentant l'occurrence relative de l'épaulard résident du sud et indiquant si la zone fait partie des régions d'alimentation. Les valeurs pour chacune d'entre elles ont été calculées comme étant additives, mais des améliorations et d'autres moyens de calculer ou de représenter la valeur de l'habitat ont fait l'objet d'une discussion dans le cadre de l'examen du scénario d'essai. Des inquiétudes ont été exprimées quant à la définition et aux valeurs arbitraires des facteurs de pondération utilisés dans le scénario d'essai, ainsi qu'à leur nature additive, qui pourrait permettre des compensations dans des zones situées en dehors de l'habitat utilisé par l'épaulard résident du sud. Il a été suggéré que les variables utilisées pour la pondération soient multiplicatives plutôt qu'additives, afin de réduire le risque que des pondérations similaires puissent être obtenues sans pour autant représenter une équivalence en matière d'habitat. Il a également été suggéré que les fonctions finales soient comprises entre 0 et 1, ce qui constituerait une nette amélioration et serait plus cohérent avec l'utilisation des fonctions de pondération en général. Toutefois, aucun consensus ne s'est dégagé sur la meilleure façon de calculer les facteurs de pondération, en particulier si plus d'un ensemble de données est utilisé et si ces dernières ont des étendues spatiales différentes.

Si des facteurs de pondération moyens devaient être appliqués aux sous-régions, il a été suggéré d'inclure également une mesure représentant la variabilité ou la répartition des valeurs au sein de la région. Un calcul de l'aplatissement ou un calcul similaire a été proposé; toutefois, il n'a pas été convenu d'une fourchette ou d'un écart acceptable pour cette valeur qui permettrait encore de considérer les habitats comme équivalents. Il a été noté que le calcul des facteurs de pondération à l'aide de cette approche des valeurs moyennes pourrait entraîner une mauvaise représentation de l'importance de la zone en fonction de la taille de la sous-région et de la répartition des valeurs dans la sous-région, et la prudence dans la définition des sous-régions a donc également été soulignée.

Des principes pour orienter l'échange de crédits ont fait l'objet d'une discussion, mais aucun accord définitif n'a été établi. Il a été convenu qu'elles devraient idéalement être « de même nature », c'est-à-dire avoir une valeur similaire et bénéficier aux mêmes segments de la population, et être fondées sur des caractéristiques distinctes qui favorisent la présence de l'espèce et son utilisation de l'habitat. Dans la mesure du possible, les décisions doivent également tenir compte du nombre d'animaux utilisant la zone et la durée de leur séjour. Une grande incertitude a été exprimée quant à la manière dont les facteurs de pondération peuvent être calculés et appliqués au calcul des crédits, et quant à la manière dont ces facteurs seront utilisés pour recenser les habitats de qualité égale et garantir un échange « de même nature ». Le calcul des facteurs de pondération représente une hypothèse clé dans le cadre proposé. Pour déterminer l'équivalence, il convient d'accorder une attention particulière aux populations qui présentent une ségrégation fondée sur l'âge ou le sexe. Dans certaines situations, il peut être utile d'exclure de l'échange de crédits de zones de grande valeur particulières. Par exemple, il a été suggéré que les zones fournissant un habitat des comportements vitaux ou celles qui sont uniques dans leur capacité à soutenir des segments de la population (par exemple, pour le sevrage) pourraient être exclues et uniquement ciblées pour des réductions du niveau sonore.

Les participants ont convenu que l'échelle de calcul et d'échange des crédits devait représenter quelque chose de biologiquement significatif pour l'espèce focale. Toutefois, les tolérances relatives au taux (par exemple, échange de crédits 1:1 ou autre), l'étendue de l'espace, le temps et le contexte comportemental pour lesquels les crédits peuvent être échangés, ainsi que les écarts admissibles par rapport à ces tolérances n'ont pas été définis. De même, l'intégration des aspects temporels du calcul des crédits, la détermination du facteur de pondération et l'échange de crédits ont été abordés de manière beaucoup moins détaillée que les aspects spatiaux, et ils n'ont pas été résolus. En théorie, la compensation pourrait être appliquée à des périodes rapprochées dans le temps, mais l'incertitude était élevée quant à la manière dont ce calcul pourrait être effectué, ainsi qu'aux valeurs des seuils en échange (c'est-à-dire, la proximité numérique des facteurs de pondération nécessaire pour obtenir un résultat « de même nature »). Actuellement, le scénario d'essai présente des données pour l'ensemble de la période estivale de six mois pendant laquelle la présence de l'épaulard résident du sud est plus importante dans la zone d'étude, et n'intègre pas la variation de la présence relative ou de l'utilisation de l'habitat à une meilleure résolution temporelle. Elle ne s'étend pas non plus à la période hivernale (novembre à avril), bien que les navires liés au projet transitent toute l'année et que des épaulards soient parfois présents dans certaines parties de la zone d'étude au cours de ces mois. Cette période hivernale a été considérée comme pauvre en données, les données sur la présence de l'espèce et son utilisation de l'habitat étant insuffisantes pour appliquer avec précision le cadre de compensation.

Le scénario d'essai a montré que l'approche de compensation proposée nécessitait beaucoup de données. C'est pourquoi il a été décidé par consensus de ne pas l'appliquer aux espèces ou aux populations pour lesquelles les données sont limitées. Les exigences minimales en matière de données ont été abordées, notamment la connaissance de la présence de l'espèce focale et de son utilisation de l'habitat dans l'espace et dans le temps, mais d'autres besoins n'ont pas été définis de manière concluante. Il a été convenu que la compensation explicite dans l'espace, avec des échanges de réductions et de gains de bruit entre régions et sous-régions, ne serait pas une approche viable pour de nombreuses espèces et de nombreux habitats, pour lesquels on ne dispose pas de données suffisantes. Même pour le scénario d'essai de l'épaulard résident du sud, il a été considéré que la définition des sous-régions et les facteurs de pondération ne pouvaient pas être établis de manière fiable en raison de l'insuffisance de la zone couverte par les données comportementales utilisées pour définir les zones d'alimentation. Cette situation pourrait limiter la faisabilité de l'utilisation d'une approche « de même nature » dans l'échange de crédits ou du cadre proposé. L'incertitude quant aux valeurs attribuées aux zones d'habitat essentiel moins utilisées, ou aux zones qui s'étendent au-delà de la portée du modèle de quête de nourriture, a contribué à cet état de fait. Une discussion importante a porté sur la manière d'exprimer la variabilité et l'incertitude inhérentes aux données empiriques ou modélisées nécessaires à l'approche, et sur la manière de les résoudre dans le calcul, la pondération et l'échange des crédits. Les régimes de compensation tiennent compte de l'incertitude en utilisant un « multiplicateur », une variable supplémentaire dans le calcul des crédits. Souvent, la compensation doit permettre d'obtenir un avantage global qui est un multiple de la perte de conservation, de biodiversité ou d'habitat. La taille du multiplicateur dans ce calcul reflète le degré d'incertitude ou de variabilité, ainsi que d'autres facteurs susceptibles de diminuer l'avantage. Les participants n'ont pas discuté de la taille du multiplicateur à appliquer dans le scénario d'essai ni de la manière dont un multiplicateur pourrait être utilisé pour refléter les incertitudes discutées. Toutefois, il a été souligné qu'une telle variable dans le calcul des crédits devrait être envisagée pour tenir compte de la diversité et des incertitudes rencontrées lors de l'examen, ainsi que de la nouveauté que constitue l'utilisation de la compensation de la biodiversité pour le bruit sous-marin.

Sources d'incertitude

Modélisation du bruit produit par les navires

Le modèle de bruit produit par les navires utilisé dans le scénario d'essai a été validé par comparaison avec des enregistrements effectués en onze endroits de la mer des Salish (figure 1), mais d'autres améliorations peuvent être justifiées. Il s'est avéré que le modèle sous-estimait systématiquement les niveaux sonores par rapport aux enregistrements effectués sur le terrain à la même période, à la même profondeur et à la même fréquence, ce qui met en évidence la nécessité de disposer de données *in situ* ainsi que de résultats modélisés lorsqu'une approche de compensation est envisagée. Les écarts étaient les plus importants dans les voies navigables fermées et les zones comportant des barrières acoustiques telles que des caractéristiques topographiques intermédiaires. Ils peuvent s'expliquer par le fait que la présence de tous les navires n'est pas prise en compte dans le modèle, puisque les petits navires commerciaux et de plaisance ne sont pas tenus d'effectuer des transmissions par le système d'identification automatique et qu'ils ne sont donc pas enregistrés ou utilisés comme données d'entrée du modèle. Les données d'entrée du modèle sont quelque peu incertaines, notamment les données utilisées pour caractériser les niveaux d'émission sonore des navires. Le catalogue des niveaux d'émission des navires est relativement limité, bien que l'on sache qu'il existe une variabilité notable entre les navires. Les essais de sensibilité du modèle aux variables d'entrée, en particulier aux niveaux d'émission, sont en cours. Le modèle sera mis à jour pour inclure les niveaux d'émission propres aux navires du projet TMX une fois qu'ils auront été établis à partir des enregistrements sur le terrain. L'incertitude est également introduite par l'utilisation des gammes de fréquences représentatives des vocalisations (500 à 15 000 Hz) et des clics d'écholocation (15 à 100 kHz) de l'épaulard résident du sud. Des améliorations du modèle sont en cours pour permettre une modélisation directe des hautes fréquences plutôt que l'utilisation d'une extrapolation à partir d'une sortie de basse fréquence, ce qui, selon les participants, améliorerait les estimations de la variation du niveau sonore, et donc les calculs de crédits pour la compensation.

Modélisation de l'utilisation de l'habitat

Les données comportementales limitées qui sont accessibles sur l'épaulard résident du sud signifient qu'une grande partie de la zone d'étude était en dehors des limites du modèle de quête de nourriture à partir duquel les facteurs de pondération ont été calculés. Seules les zones situées sur le banc Swiftsure et dans le détroit de Haro (voir la figure 1) ont été modélisées pour leur utilisation en tant que sites d'alimentation, laissant une grande partie de la zone d'étude dépourvue de valeur dans le calcul du facteur de pondération. Par conséquent, des régions d'alimentation dans la zone d'étude peuvent potentiellement avoir été négligées ou l'importance des régions dans la zone d'étude peut avoir été sous-estimée. La présence de l'épaulard résident du sud et son utilisation de l'habitat sont mieux connues pour les mois de mai à octobre, alors qu'en hiver, sa présence est beaucoup moins connue, de sorte que l'application du cadre de compensation proposé a jusqu'à présent été limitée aux mois d'été. L'inclusion de variables qui pourraient servir d'indicateurs comportementaux, comme la présence de proies en tant qu'indicateur des régions d'alimentation, a fait l'objet d'une discussion, mais les données sont également limitées à l'heure actuelle. Le calcul des facteurs de pondération a fait l'objet d'une grande discussion entre les participants, les limites des données entraînant des incertitudes dans le calcul et l'application de ces facteurs pour représenter avec précision l'importance de l'habitat et la pertinence biologique de chaque région pour l'espèce focale. Le fait de ne pas utiliser de sous-régions et de travailler selon la meilleure résolution des données disponibles permettrait de réduire la variabilité et l'incertitude lors de l'attribution des valeurs de l'habitat des sous-régions, et d'éliminer les besoins en matière

d'essais de la dilution potentielle de l'importance de l'habitat ou l'inclusion d'une représentation statistique de la répartition des valeurs. Pour le scénario d'essai, la résolution spatiale minimale serait définie par la résolution du modèle de bruit produit par les navires exprimée à la même échelle spatiale de sortie que les modèles de données comportementales, et donc la résolution de sortie pour les modèles de fréquence d'observation et d'utilisation de l'habitat. Ce scénario permettrait d'examiner l'équivalence des habitats et les changements dans les niveaux de bruit pour des unités de surface de plusieurs kilomètres carrés dans l'ensemble de la zone d'étude, plutôt que pour des sous-régions définies de manière plus générale.

Expression de l'équivalence de l'habitat

Les participants ont longuement discuté des limites et des incertitudes des données nécessaires pour définir l'équivalence de l'habitat dans le temps et dans l'espace pour l'espèce focale, notamment en ce qui concerne le calcul et l'échange des crédits. Tout au long de l'examen, il a été souligné qu'il fallait veiller à ce que la pertinence biologique ou l'importance de la zone pour l'espèce focale soit exprimée et non diluée au cours du processus de calcul des crédits, en particulier si ce processus comprend l'utilisation de sous-régions. L'équivalence de l'habitat et l'échange de crédits entre des zones similaires devraient s'appuyer sur un certain nombre de variables qui sous-tendent l'utilisation de l'habitat par l'espèce focale. Toutefois, les données accessibles pour le scénario d'essai n'ont pas été jugées suffisamment rigoureuses ou exhaustives pour permettre de délimiter de manière fiable des régions d'équivalence dans l'ensemble de la zone d'étude.

CONCLUSION

Le scénario d'essai a été conçu pour aider à évaluer si les augmentations et les diminutions nettes du bruit sous-marin peuvent être suivies et calculées de manière répétée pour établir des crédits compensatoires, en utilisant les niveaux de pression acoustique médians sur six mois et les données sur l'épaulard résident du sud comme moyen de paramétrer le cadre théorique de compensation proposé. D'un point de vue conceptuel, il y a un accord raisonnable sur le fait qu'une approche de compensation pourrait être appliquée comme moyen de traiter toute augmentation résiduelle du bruit produit par les navires liés au projet dans le contexte d'une espèce de mammifère marin et d'informer la gestion adaptative des mesures, et que les étapes décrites dans le scénario d'essai pour l'élaboration d'un cadre sont valables. Toutefois, des questions sont restées en suspens quant à la manière dont le concept peut être réellement mis en œuvre en raison de la grande quantité d'informations et d'hypothèses requises pour le calcul et l'échange des crédits. En outre, il est complexe de comprendre pleinement les avantages associés à l'application de l'approche à l'espèce focale. Des niveaux élevés d'incertitude et de risque ont été cernés à cet égard, notamment en ce qui concerne le calcul des facteurs de pondération propres à l'espèce.

Les participants n'ont pas consenti à l'application des mesures de compensation pour faire contreponds à une augmentation du bruit causé par le transport maritime lié au projet dans une zone ou une période donnée par une réduction du bruit grâce à des mesures prises dans une autre zone ou une autre période. Si l'on peut supposer que la réduction du bruit des navires dans l'environnement marin serait bénéfique pour l'espèce, la compensation des ajouts dans une région par des réductions dans une autre dépend entièrement de l'équivalence de la valeur de ces habitats pour les espèces qui les utilisent, en ce qui concerne non seulement la fonction (par exemple, la quête de nourriture), mais aussi la fréquence et la durée d'occupation de ces zones. Les participants ont également hésité à déterminer le niveau des augmentations admissibles pour les espèces en péril. Le nombre d'incertitudes et de limites des données relevées lors de l'examen de l'exemple de scénario d'essai était trop important pour que les

participants soient convaincus que toute approche de compensation utilisée pour tenter d'éliminer ou de réduire efficacement les incidences sur l'épaulard résident du sud soit appliquée avec succès et qu'elle soit solide sur le plan scientifique. Les incertitudes et les risques liés à l'application de l'approche de compensation à d'autres espèces en péril ou à d'autres régions sont encore plus importants. Il a été estimé que la mise en œuvre du cadre proposé sans améliorations considérables pourrait donner un faux sentiment de sécurité dans la prise en compte et la réalisation des objectifs de conservation, ce qui pourrait compromettre les efforts de rétablissement des espèces en péril. En fin de compte, ni le cadre proposé ni le scénario d'essai n'ont été approuvés par les participants à ce stade, en raison des diverses préoccupations mentionnées ci-dessus. Le scénario d'essai n'a fait que mettre en évidence la grande quantité de données qui serait nécessaire pour une approche de compensation, ainsi que les risques et incertitudes inhérents à l'application du cadre proposé. Dans le cadre de l'examen, il a été suggéré d'ajouter d'autres données, de perfectionner le modèle et de réviser les processus de calcul de la compensation, et d'envisager d'autres mesures de gestion en tant que scénarios si l'approche de compensation devait être concrétisée à l'avenir.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Il est devenu évident au cours de l'examen que des améliorations importantes du cadre proposé et de l'exemple de scénario d'essai seraient nécessaires pour que cette approche soit appliquée avec succès et qu'elle soit solide sur le plan scientifique. Les travaux présentés n'évaluent pas l'efficacité des mesures de compensation pour le rétablissement de l'espèce en question et ne traitent pas non plus des incidences sur l'espèce, du risque de perturbation acoustique ou comportementale, ni des conséquences physiologiques ou énergétiques de l'ajout de bruit par les navires liés au projet. Sans tenir compte du niveau relatif des conséquences pour les individus ou les populations d'un type d'incidence donné, il n'est possible que d'envisager une équivalence « de même nature » ou une équivalence de zones dans leur utilisation pour l'échange de crédits entre sous-régions, comme indiqué ci-dessus. Une telle équivalence dépend entièrement de l'application d'un processus de pondération valide reflétant une certaine hétérogénéité de l'utilisation de l'habitat à l'intérieur des limites d'une sous-région.

Le cadre de compensation proposé, tel qu'il est décrit, pourrait être adapté à mesure que de nouvelles données sont disponibles (voir la figure 2). Toutefois, l'intégration de nouvelles données et le rythme de leur inclusion, ainsi que le calendrier de révision et de suivi des mesures de compensation par le calcul des crédits n'ont pas fait l'objet d'une discussion, bien qu'une révision annuelle au minimum ait été suggérée. Les données accessibles pourraient être intégrées lors de ces révisions annuelles. Pour l'exemple de l'épaulard résident du sud, ces informations peuvent inclure des données supplémentaires sur la présence d'individus et leur utilisation de l'habitat, ou l'ajout de données sur les proies comme moyen de pondérer les sous-régions ou comme approximation de la quête de nourriture dans les zones pour lesquelles les données sont insuffisantes. À mesure que des données deviennent accessibles, les estimations des crédits compensatoires pourront être réalisées à des résolutions spatiales et temporelles de plus en plus précises, et les participants conviennent que l'intégration des facteurs de pondération et les calculs des crédits devraient être réalisés à la granularité la plus précise possible. Toutefois, cette opération peut avoir une incidence sur le nombre et la taille des régions jugées équivalentes pour l'échange de crédits.

L'inclusion d'aspects relatifs aux changements dans l'utilisation de l'habitat et les profils de vitesse du son résultant des changements climatiques ou d'autres variables ont été abordés.

On ne sait toujours pas si l'inclusion de ces variables pourrait rendre le cadre plus solide ni la manière de les inclure.

Lors de la discussion sur l'application plus générale d'un cadre de compensation du bruit, le scénario d'une application plurispécifique a également été présenté, mais il n'y a pas eu de résolution sur la façon dont le cadre serait appliqué dans ce cas. La nature omniprésente du son, qui traverse les sous-régions différemment en fonction des types de signaux et des caractéristiques océaniques, signifie également que les effets pour différentes espèces ayant des capacités auditives distinctes devraient être quantifiés. L'accent a été mis sur l'épaulard résident du sud dans les gammes de fréquences considérées pour la compensation et selon les données utilisées pour la définition des sous-régions et les facteurs de pondération de l'habitat pour le scénario d'essai. Un examen approfondi des données serait nécessaire pour chaque application de l'approche de compensation et du cadre proposé dans le scénario d'essai de l'épaulard résident du sud dans la mer des Salish à d'autres espèces dans la même zone ou dans d'autres régions, afin de permettre l'application de l'approche conceptuelle de la manière la plus spécifique possible à l'espèce.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Organisation/affiliation
Sean MacConnachie (coprésident)	MPO – Sciences
Gilles Olivier (coprésident)	Externe
Svein Vagle (co-auteur)	MPO – Sciences
Rianna Burnham (co-auteure)	MPO – Sciences
Sheila Thornton (co-auteure)	MPO – Sciences
Max Lauch (co-auteur)	MPO – Sciences
Scott Toews (co-auteur)	MPO – Sciences
Hilary Moors-Murphy	MPO – Sciences
Florian Aulanier	MPO – Sciences
Véronique Lesage	MPO – Sciences
Yvan Simard	MPO – Sciences
Andrew Wright	MPO – Sciences
Marianne Marcoux	MPO – Sciences
Mikala Epp	MPO – Sciences
Gabriel Bernard-Lacaille	MPO – Sciences
Lauren Ellis	MPO – Sciences
Stephen Page	MPO – Sciences
Lisa Settington	MPO – Sciences (SCAS)
Vasiliki Karpouzi	MPO – Gestion des écosystèmes
Joshua Hart	MPO – Gestion des écosystèmes
Colin Crance	MPO – Gestion des écosystèmes
Tania Gordanier	MPO – Gestion des écosystèmes
Sonja Henneman	Transports Canada
Aurelie Cosandey-Godin	Transports Canada
Dominic John Tollit	SMRU Consulting
Michael Jasny	The Natural Resources Defense Council
Alexander MacGillivray	JASCO
Philippe Blondel	Université de Bath, Royaume-Uni

Nom	Organisation/affiliation
Marla Holt	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Center for Whale Research (CWR). 2024. Southern resident orca community demographics, composition of pods, births and deaths since 1998. Harbor, WA: Center for Whale Research.

International Union of Conservation of Nature, IUCN. 2016. IUCN's Policy on Biodiversity Offsets.

Gillenwater, M. 2012. What is Additionality? Part 1: A Long Standing Problem. GHG Management Institute. No. 001. Ver. 03.

La Gazette du Canada. 2019. Partie I, volume 153, numéro 25 : [Décrets en conseil](#).

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200 rue Kent, Ottawa, ON K1A 0E6

Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-74860-3 N° cat. Fs70-6/2025-001F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Évaluation d'une approche pour compenser l'augmentation du bruit sous-marin causé par le transport maritime, à l'aide d'informations sur l'épaulard résident du sud. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2025/001.

Also available in English:

DFO. 2025. *Evaluation of a Proposed Approach for Offsetting Increases in Underwater Noise from Marine Shipping, Using Information on Southern Resident Killer Whales*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2025/001.