Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Réponse des Sciences 2018/050

EXAMEN TECHNIQUE : EFFICACITÉ POTENTIELLE DES MESURES D'ATTÉNUATION POUR RÉDUIRE LES IMPACTS DES NAVIRES DU PROJET SUR L'ÉPAULARD RÉSIDENT DU SUD

Contexte

Trans Mountain Pipeline ULC (Trans Mountain) propose d'agrandir son réseau de pipelines actuel s'étendant sur 1 150 km entre Edmonton (Alberta) et Burnaby (Colombie-Britannique), ainsi que d'agrandir le terminal portuaire Westridge dans le bras de mer Burrard, afin de pouvoir faire face à l'augmentation du trafic maritime. Le 29 novembre 2016, le gouvernement du Canada a donné son approbation au projet à la suite d'un examen de l'évaluation environnementale par l'Office national de l'énergie (ONÉ) qui a duré 29 mois. L'ONÉ a conclu que le projet est dans l'intérêt public du Canada et a recommandé au gouverneur en conseil d'approuver l'agrandissement. Le 30 août 2018, la Cour fédérale du Canada (CFC) a annoncé sa décision concernant les demandes de contrôle judiciaire contestant l'approbation du projet par le gouvernement fédéral. La Cour a ordonné l'annulation du décret approuvant le projet. Le 20 septembre 2018, le gouverneur en conseil a renvoyé à l'ONÉ son rapport de recommandation afin que l'Office réexamine les enjeux mentionnés dans l'arrêt de la CFC. L'ONÉ dispose de 155 jours pour effectuer ce nouvel examen. Il a ainsi jusqu'au 22 février 2019 pour mener le processus de nouvel examen et communiquer son nouveau rapport.

Le 12 octobre 2018, l'ONÉ a publié l'ordonnance d'audience MH-052-2018 dans laquelle il annonce qu'il tiendra une audience publique et définit le calendrier et le processus du réexamen. Le même jour, il a envoyé une lettre à des administrations fédérales (dont Pêches et Océans Canada) pour leur demander des renseignements spécialisés à l'appui de son réexamen. L'ONÉ a en particulier demandé de l'information sur l'efficacité des mesures d'atténuation visant à éviter ou à réduire les impacts des navires du projet sur l'épaulard résident du sud. Le trafic actuel et proposé lié au projet utilise normalement les voies de navigation d'arrivée et de départ établies dans la zone d'étude régionale (ZER) marine, qui traversent l'habitat essentiel de l'épaulard résident du sud (figure 1).

En tant qu'intervenant dans le processus d'audience relatif au réexamen du projet d'agrandissement de Trans Mountain, Pêches et Océans Canada (MPO) présentera des preuves écrites et répondra aux demandes d'information de l'Office national de l'énergie et des autres intervenants afin de faire part de son expertise concernant : les effets du projet sur le poisson, son habitat et les mammifères marins (y compris les espèces aquatiques en péril); l'efficacité et la pertinence des mesures d'atténuation; les programmes de suivi et de surveillance proposés qui n'ont pas été pris en compte dans la dernière audience de l'ONÉ (OH-001-2014).

Portée

Le Programme de protection des pêches (PPP) pour la Région du Pacifique du MPO est responsable de l'examen des effets potentiels du terminal portuaire et des composantes liées au transport maritime du projet proposé sur le poisson, son habitat et les mammifères marins. En 2015, à la demande du PPP, la direction des Sciences du MPO a procédé à un examen du caractère suffisant de l'information sur les effets du transport maritime sur les mammifères

marins présentée dans la demande d'installation relative au projet (DFO 2015a et DFO2015b). Le PPP demande maintenant à la direction des Sciences du MPO de l'aider à répondre aux demandes d'information de l'ONÉ au sujet de l'efficacité des mesures d'atténuation des impacts du trafic maritime lié au projet sur l'épaulard résident du sud. La présente réponse des Sciences (RS) devrait être une analyse de l'information existante examinée par les pairs et des recherches effectuées par le MPO, ainsi que d'autres ouvrages et comptes rendus scientifiques publiés.

L'objectif de la présente réponse des Sciences est donner un avis sur les questions suivantes :

1. Fournir de l'information ou des connaissances sur l'efficacité possible des mesures d'atténuation potentielles suivantes :
    - modification des voies de navigation afin de réduire les effets nocifs sur l'épaulard résident du sud, comme l'éloignement des voies de navigation des zones de regroupement des mammifères marins;
    - restrictions de la vitesse et modification des profils de la navigation, comme les convois, afin de réduire les effets nocifs possibles tels que le bruit sous-marin ou le risque de collisions avec un navire;
    - mesures liées à la conception (y compris la coque et la turbine) des navires et leur entretien afin de réduire les effets nocifs tels que le bruit sous-marin produit par les navires du projet;
    - recours à des observateurs de mammifères marins à bord des navires du projet, et mesures à prendre en cas d'observation d'épaulards résidents du sud;
    - mesures visant à accroître l'abondance des proies afin de compenser les effets nocifs du trafic maritime lié au projet;
    - toute autre mesure susceptible d'éviter, de réduire ou de compenser les effets nocifs du trafic maritime lié au projet sur l'épaulard résident du sud;
    - mesures susceptibles d'éviter ou de réduire les effets nocifs cumulatifs sur l'épaulard résident du sud.
2. Fournir de l'information ou des connaissances sur la relation entre la vitesse et le tonnage d'un navire (y compris les différents types de navires du projet, chargés et à vide) et sur la quantité de bruit produite par le navire.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences d'octobre 2018 un examen de l'efficacité des mesures d'atténuation potentielles pour remédier aux impacts du trafic de navires marins d'un projet sur l'épaulard résident du sud

Renseignements de base Le réseau de pipelines actuel de Trans Mountain a commencé à être exploité en 1953. Il sert à acheminer une variété de pétroles bruts et de produits pétroliers entre l'Ouest canadien et certains endroits dans le centre et le sud-ouest de la Colombie-Britannique, jusque dans l'État de Washington et au large. Le projet proposé consiste à construire un pipeline double, ce qui permettrait d'augmenter la capacité du réseau, la faisant passer de 300 000 à 890 000 barils par jour. Les principaux volets du projet comprennent la construction d'un nouveau pipeline sur une distance de 994 km, la réactivation du pipeline actuel sur 193 km, la mise en place de douze nouvelles stations de pompage, l'agrandissement des stations et des réservoirs de stockage actuels et l'ajout de trois postes d'amarrage au terminal portuaire Westridge situé à Burnaby, en Colombie-Britannique.

Le trafic maritime lié au transport de produits pétroliers revêt de l'importance aux fins de cet examen effectué par la direction des Sciences. L'agrandissement proposé ferait augmenter le trafic maritime, qui passerait de 5 pétroliers par mois accostant au terminal portuaire Westridge à environ 34 pétroliers par mois (c.-à-d. 696 passages de pétroliers additionnels chaque année). Actuellement, la taille maximale des pétroliers qui accostent au terminal portuaire Westridge est celle des pétroliers de la classe Aframax, qui ont une capacité de charge moyenne de 750 000 barils. Le projet n'est pas censé entraîner de changement sur le plan de la taille maximale des pétroliers. Ces navires transiteront dans la zone d'étude régionale (ZER) marine en empruntant les voies de navigation d'arrivée et de départ existantes (figure 1) et traverseront par conséquent les habitats particulièrement importants proposés de l'épaulard résident du sud (MPO 2017a; figure 2). Chaque navire lié au projet mettra environ 12 heures pour effectuer une traversée de la ZER marine; en moyenne, il y aura deux passages toutes les 24 heures. Ces passages s'ajouteront au trafic existant dans les voies de navigation et à reste du trafic dans la ZER marine.

La hausse du trafic maritime découlant du projet risque d'engendrer une perturbation sensorielle chez les mammifères marins, en raison du bruit sous-marin produit. Elle pourrait également entraîner une augmentation du risque de blessures et de décès occasionnés par les collisions avec les navires. Les perturbations causées par la hausse du trafic maritime engendrée par le projet varieraient, allant d'un déplacement temporaire à une diminution de l'efficacité de la quête de nourriture, en passant par une perturbation des comportements sociaux et d'accouplement. La menace que ces effets sont susceptibles de représenter pour le rétablissement des épaulards résidents du sud est particulièrement importante car selon les estimations, il ne resterait que 74 individus à l'état sauvage en date de septembre 2018. Par ailleurs, le promoteur a souligné dans sa demande d'installation que, bien que la contribution du projet aux perturbations sensorielles globales soit faible, les effets potentiels de l'augmentation du trafic maritime lié au projet sur les épaulards résidents du Sud sont considérés comme importants. La conservation de cette espèce est un sujet de préoccupation majeur dans la ZER marine concernée.

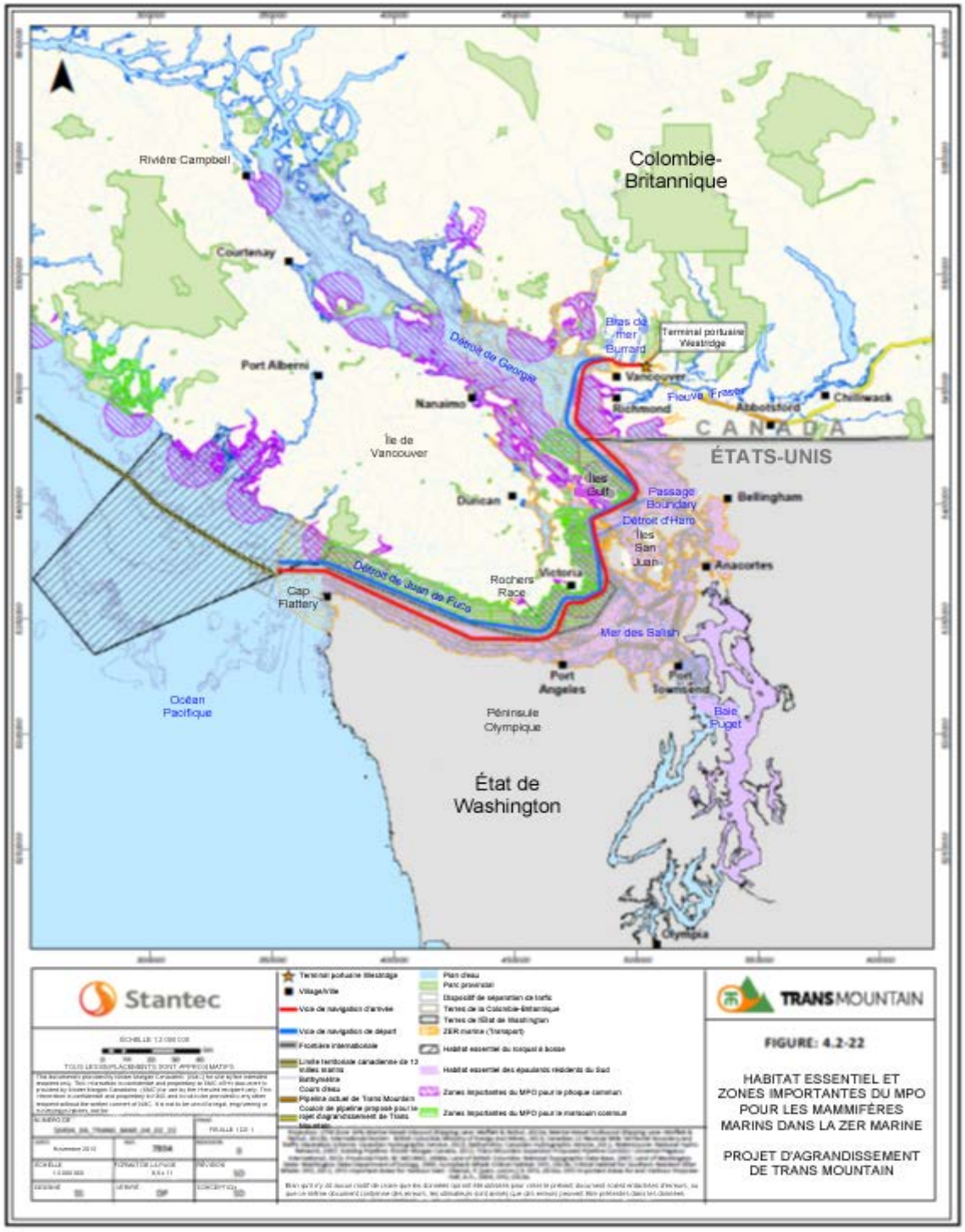

Figure 1. Voies de navigation, habitat essentiel de l'épaulard résident du sud, habitat essentiel proposé pour le rorqual à bosse et autres zones importantes pour les mammifères marins dans la ZER marine (tiré de Trans Mountain Pipeline ULC, 2013. Trans Mountain Expansion Project – An Application Pursuant to Section 52 of the National Energy Board Act, Volume 8A - Marine Transportation).

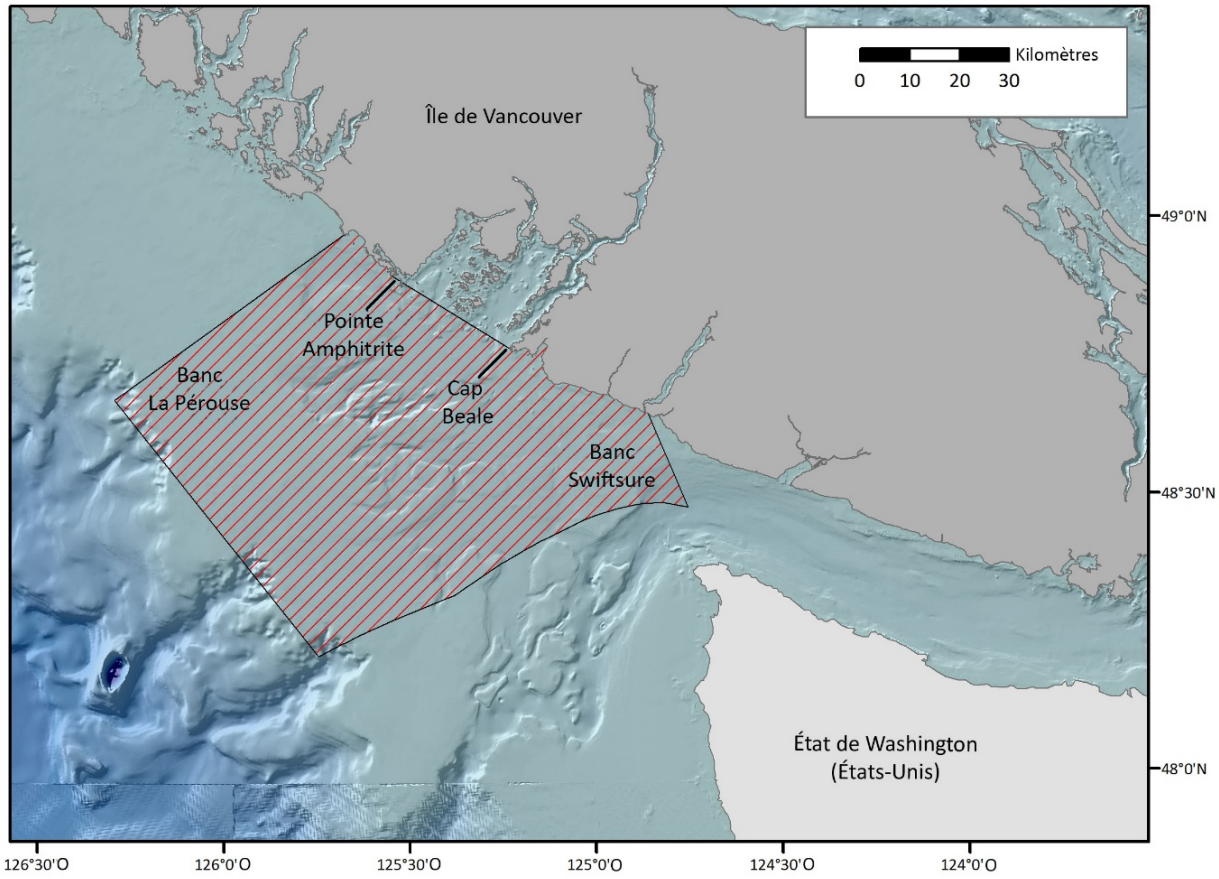

Figure 2. Habitat d'importance particulière de l'épaulard résident du sud et de l'épaulard résident du nord au large du sud-ouest de l'île de Vancouver. Cet habitat est actuellement proposé comme habitat essentiel supplémentaire pour ces deux populations d'épaulards (tiré de MPO 2017a. Désignation des habitats d'importance particulière pour les épaulards résidents (Orcinus orca) au large de la côte Ouest du Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2017/011.

Analyse et réponse

Modification des voies de navigation afin de réduire les effets nocifs sur l'épaulard résident du sud, comme l'éloignement des voies de navigation des zones de regroupement des mammifères marins

L'avantage potentiel direct de la modification des voies de navigation est d'abaisser les niveaux d'exposition au bruit et la durée de cette exposition en augmentant la distance entre les navires qui produisent le bruit et les épaulards résidents du sud qui occupent un habitat donné. Cette mesure pourrait accroître les affaiblissements de propagation du bruit entre le navire et les mammifères marins, mais elle provoquera une augmentation des niveaux d'exposition au bruit dans la zone entourant l'emplacement de la nouvelle voie de navigation.

L'efficacité de cette mesure dépend fortement de plusieurs facteurs :

1. Les connaissances disponibles sur la fréquence et la durée pendant lesquelles les épaulards résidents du sud utilisent différentes parties de leur habitat essentiel, la précision

de l'information sur l'emplacement des animaux, les périodes où ils se trouvent dans les parties sensibles de l'habitat essentiel (comme les zones de quête de nourriture connues) et s'il est possible de détourner les voies de navigation de ces zones sensibles.

2. La portée de propagation initiale entre le couloir de navigation et la zone sensible. Les niveaux de bruit diminuent plus rapidement à proximité d'un navire dans la voie que plus loin car les affaiblissements de propagation ont tendance à être logarithmiques par rapport à la portée de propagation. Par exemple, si une zone sensible est très proche (100 m) d'une voie de navigation, les niveaux de bruit subis pourraient être considérablement réduits (moitié de l'intensité) en éloignant les navires de seulement 20 à 100 mètres. Cependant, si la portée initiale entre le couloir de navigation et une zone sensible est plus grande (2000 m par exemple), il faudrait déplacer le couloir de navigation de 800 à 2 000 m de plus (soit de 2 800 à 4 000 m) de la zone sensible pour réduire l'intensité de 50 % (MPO 2017b).
3. La sensibilité des épaulards résidents du sud à des fréquences acoustiques précises par rapport à la propagation de ces fréquences sonores. Comme il est indiqué au point (2) plus haut, les niveaux de bruit diminuent plus rapidement lorsque l'on est plus près de la source que plus loin, mais de plus, les fréquences plus élevées diminuent plus vite que les fréquences plus basses. Ce dernier point est important car les impacts liés au masquage auditif des sons pertinents pour l'épaulard résident du sud dépendent de la capacité des animaux d'entendre les sons et les bruits en question. Le champ auditif optimal (+/- 20 dB de la sensibilité maximale, qui est de 30 kHz) pour l'épaulard résident du sud se situe entre 3 et 80 kHz (Branstetter *et al*. 2017) et chevauche la gamme de fréquences du bruit des navires, dont l'énergie maximale est en-dessous de 1 kHz, mais peut atteindre 40 kHz (Veirs *et al.* 2016). La sensibilité auditive est plus grande pour les éléments à fréquence plus élevée du bruit, qui ont tendance à avoir une énergie plus faible et à se dissiper plus rapidement en s'éloignant de la source car les affaiblissements de propagation augmentent généralement considérablement avec la fréquence acoustique (en d'autres termes, le bruit à fréquence plus élevée ne se propagera pas aussi loin que le bruit à fréquence plus basse). Éloigner les voies de navigation des zones sensibles permettra de réduire les niveaux de bruit à large bande reçus dans ces zones sensibles, mais une incertitude entoure les affaiblissements de propagation à des fréquences plus élevées, où le bruit peut être plus directionnel. Le bruit des navires est produit dans les 20 premiers mètres de la colonne d'eau, qui est également la tranche d'eau la plus utilisée par les épaulards résidents du sud. En outre, l'incidence du bruit à basses fréquences en dehors de la gamme de fréquences la plus perçue par l'espèce est également pratiquement inconnue.
4. Les caractéristiques de la propagation locale du bruit. Ces caractéristiques sont définies par la profondeur de l'eau, les types de fond, l'état de la mer, la vitesse du son dans la colonne d'eau en fonction de la profondeur, de la température et de la salinité, ainsi que par les caractéristiques de la fréquence du son (les sons à fréquence plus basse couramment émis par les grands navires se propagent plus loin que ceux à fréquence plus élevée). Il est difficile de prédire l'efficacité potentielle de cette mesure d'atténuation étant donné les variations spatiales (comme la profondeur et le type de fond) et temporelles (état de la mer et vitesse du son par exemple) de plusieurs de ces paramètres.

Dans la mer des Salish, et en particulier entre les îles Gulf (passage Boundary, détroit de Haro et détroit de Rosario), il existe des contraintes physiques à la modification des voies de navigation. Le détroit de Juan de Fuca et les bancs Swiftsure et La Pérouse se prêtent mieux à cet exercice.

Dans le cadre de son programme d'amélioration de l'habitat et d'observation des cétacés (ECHO), l'administration portuaire de Vancouver Fraser (APVF) mène un essai volontaire dans le détroit de Juan de Fuca en vue d'étudier l'efficacité de cette approche d'atténuation pour réduire le bruit des navires et ses impacts dans des zones d'alimentation principales de l'épaulard résident du sud. Plus particulièrement, les navires sortants sont invités à naviguer le plus au sud possible dans le détroit de Juan de Fuca, pour autant qu'il soit sécuritaire et possible sur le plan opérationnel de le faire (figure 3), et on mesure le bruit sous-marin avant, pendant et après l'essai à l'aide d'hydrophones du MPO déployés dans le détroit. L'analyse des résultats de cet essai devrait débuter dès la fin de l'essai, le 31 octobre 2018, et fournira des renseignements quantifiables sur l'efficacité de la modification des voies de navigation à titre de mesure d'atténuation.

Le Secteur des sciences du MPO reconnaît que la modification des voies de navigation existantes relève de la responsabilité d'autres organismes de réglementation, notamment de Transports Canada.

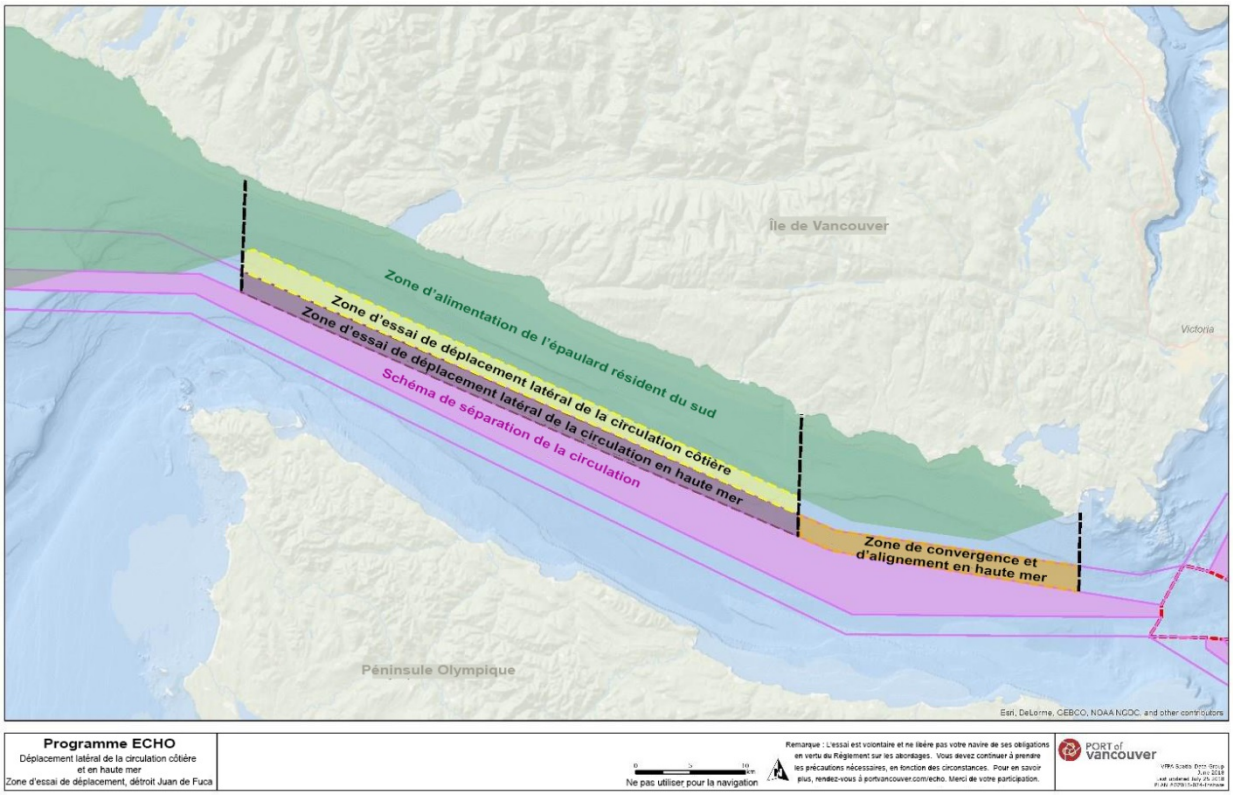

Figure 3. Carte de l'essai de déplacement latéral, dans le détroit de Juan de Fuca, de la voie de circulation adjacente à l'important habitat d'alimentation de l'épaulard résident du sud, tirée du [site Web du Programme ECHO du port de Vancouver Fraser](#).

Restrictions de la vitesse et modification des profils de la navigation, comme les convois, afin de réduire les effets nocifs possibles tels que le bruit sous-marin ou le risque de collisions avec un navire

En général, une réduction de la vitesse des navires se traduit par un abaissement immédiat des niveaux globaux d'exposition au bruit, qui à son tour augmente aussi la durée de l'exposition au

bruit. La réduction de la vitesse des navires pourrait également limiter le risque de collisions mortelles avec un navire pour les grands cétacés. Ce point a été démontré par Laist *et al.* (2014) et van der Hoop *et al.* (2015) pour la baleine noire de l'Atlantique Nord à la suite de la mise en œuvre de 2008, par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), d'une limite générale de la vitesse à 10 nœuds dans les habitats essentiels et dans un rayon de 20 milles marins autour des principaux ports situés sur le couloir de migration de l'espèce dans les eaux américaines.

Pendant l'été et l'automne 2017, le Programme ECHO du port de Vancouver Fraser a réalisé un essai de ralentissement volontaire des navires dans le détroit de Haro. Les grands navires commerciaux et du gouvernement étaient invités à réduire leur vitesse à 11 nœuds dans la zone du projet-pilote. Pendant ce projet, les niveaux de bruit mesurés par un hydrophone installé au phare de Lime Kiln, sur l'île San Juan, dans l'État de Washington, une zone d'alimentation importante de l'épaulard résident du sud, étaient réduits d'une valeur médiane de 1,2 dB (fourchette de 0,6 dB les jours où le trafic était peu important à 1,5 dB les jours où il était élevé; ECHO 2018). Ce résultat équivaut approximativement à une réduction de 24 % de l'intensité du son (ECHO 2018). Lorsque l'on retire de l'ensemble de données les périodes où des petits navires étaient présents et celles où les vents et les courants étaient forts, pour ne conserver que le trafic de grands navires comme source prédominante du bruit, la réduction du bruit découlant du ralentissement augmentait à 2,5 dB (réduction d'environ 44 % de l'intensité). Il est donc peu probable qu'un ralentissement permanent entraîne une réduction de 44 % de l'intensité du bruit. Cependant, comme seuls 61 % des navires commerciaux visés ont participé au ralentissement volontaire, si la réduction de la vitesse était obligatoire pour tous les navires, la diminution du bruit pourrait être plus importante.

Si un ralentissement réduit l'énergie sonore, il fait augmenter la durée de l'exposition au bruit puisqu'il faut plus de temps au navire pour traverser une zone donnée. Les données et analyses publiées disponibles actuellement ne permettent pas de caractériser l'effet de l'augmentation de la durée de l'exposition sur les capacités de l'épaulard résident du sud à communiquer et écholocaliser de manière efficace. Certains chercheurs pensent que la perte d'espace auditif (la réduction relative de la distance sur laquelle les animaux peuvent entendre des sons importants, résultant de l'exposition au bruit à une certaine intensité) peut être plus pertinente sur le plan biologique que la modification de la durée de l'exposition au son d'une intensité moins grande car les cétacés tels que l'épaulard résident du sud doivent se nourrir à des endroits précis où leurs proies sont disponibles et au moment où elles le sont (Pine *et al*. 2018, Heise *et al.* 2017). On peut aussi en déduire qu'une intensité moindre du son peut en général constituer une atténuation efficace, mais l'information disponible à ce sujet n'est pas définitive.

Les propriétés de la propagation du son varient cependant beaucoup d'un endroit à l'autre et certains auteurs ont montré des augmentations conditionnelles de l'exposition globale au bruit du navire dans l'estuaire du Saint-Laurent, dues essentiellement à des variations des propriétés locales de la propagation du son par rapport à l'effet de la réduction de la vitesse sur les niveaux de bruit provenant des navires (Chion *et al.* 2017).

Pour décider d'imposer des limites de la vitesse des navires dans certaines zones, il faudra peut-être aussi tenir compte des accélérations possibles des navires dans d'autres endroits afin de maintenir les horaires de navigation, qui provoqueront une augmentation globale de l'exposition sonore le long d'autres parties de l'itinéraire des navires. Par exemple, si des ralentissements étaient imposés dans les eaux territoriales du Canada sur la côte Ouest, les navires pourraient accélérer une fois entrés dans la zone économique exclusive (ZEE) afin de

respecter leur horaire. Dans ce cas, on risque d'aggraver le risque de collisions avec des navires pour d'autres espèces de cétacés dans les eaux canadiennes (Nichol *et al.* 2017).

L'efficacité d'une mesure d'atténuation consistant à réduire la vitesse est par conséquent un compromis qui dépend des éléments suivants :

1. Les caractéristiques de la flotte locale : où une réduction d'un nœud de la vitesse produit généralement une réduction du bruit à large bande comprise entre 0,5 et 1,5 dB (MPO 2017b). Des études ont toutefois montré que le niveau de la source de chaque navire est extrêmement variable sous l'effet des changements de vitesse et varie aussi entre des navires de la même classe. Simard *et al.* (2016) ont constaté que les niveaux mesurés du spectre de la source affichent une grande variabilité, de plus de 30 dB même lorsque les résultats sont regroupés par type de navire ou classe de longueur. Certains navires pourraient même être plus bruyants à des vitesses réduites, selon le type de turbine à hélice et le système de propulsion. Les niveaux de charge d'un navire auront également une influence sur l'effet que la vitesse du navire aura sur les niveaux de bruit, surtout en fonction du tirant d'eau. De même, un règlement limitant la vitesse des navires n'aura pas d'incidence sur le bruit produit par les navires lents, comme les remorqueurs.
2. Les caractéristiques locales de la propagation du bruit sont liées à celles de la fréquence sonore, à la profondeur de l'eau, aux types de fond, à l'état de la mer et aux propriétés de l'eau (profils son-vitesse).
3. Si l'abaissement potentiel des niveaux de l'énergie sonore représente une amélioration nette pour l'épaulard résident du sud par rapport à l'exposition plus longue au son qui en résulte, et peut-être à une exposition accrue au bruit dans d'autres zones.

Convois :

En supposant que tous les navires concernés d'un convoi continueront de se déplacer à leur vitesse normale, le fait de les grouper dans des convois permettra de maintenir le niveau global d'exposition au bruit et de modifier les profils spatiaux et temporels du bruit (MPO 2017b). L'utilisation de convois augmentera le niveau de bruit et la durée d'un passage (plusieurs navires qui se suivent), mais aussi la durée des périodes de silence (chevauchement spatial et temporel entre la signature acoustique des navires) dans une zone donnée du couloir de navigation du convoi.

On connaît mal actuellement l'importance des périodes plus silencieuses pour l'épaulard résident du sud. Dans la pratique, un certain nombre de navires du convoi devront réduire leur vitesse pour s'adapter au navire le plus lent, ce qui pourrait se traduire par une réduction globale du bruit produit. Cependant, le niveau de bruit pourrait augmenter dans les sites de transition aux deux extrémités des couloirs de navigation des convois. La période à laquelle ces convois se déplacent pourrait aussi avoir une incidence sur des activités importantes sur le plan biologique pour l'espèce (quête de nourriture, reproduction, communications sociales).

La formation de convois pourrait également réduire le risque de collisions avec un navire puisque la vitesse de tous les navires serait réduite à celle du navire le plus lent, dans ce cas le navire du projet accompagné par les remorqueurs.

L'efficacité de cette mesure dépendra donc des éléments suivants :

1. la vitesse du convoi;
2. l'intervalle entre les navires;

3. le nombre de convois par jour;
4. la période de déplacement du convoi par rapport à l'occurrence d'une activité importante sur le plan biologique pour l'espèce.

Pour résumer, l'efficacité d'une réduction de la vitesse des navires et de la modification des voies de navigation en tant que mesures d'atténuation est un compromis qui dépend des caractéristiques de la flotte, des caractéristiques de la propagation des sons du navire et de la modification ou non des profils de transit (comme le déplacement des couloirs de navigation ou la formation de convois).

Mesures liées à la conception et à l'entretien des navires

La conception et l'entretien peuvent réduire à la fois le niveau et la durée d'exposition au bruit. Par exemple, la conception et l'entretien d'un navire peuvent abaisser immédiatement son niveau de source sonore et un entretien et une surveillance appropriés permettent de maintenir ces niveaux réduits. De plus, la conception de navires plus grands pouvant transporter des charges plus importantes peut se traduire par moins de navires requis pour transporter la même charge totale. La diminution du nombre de passages de navires nécessaires pour transporter la même quantité de biens et de matériaux a de plus pour effet de réduire la durée de l'exposition.

En général, les modifications de la conception des navires et leur modernisation en vue de réduire le niveau sonore sont considérées comme plus efficaces que des ralentissements ou le déplacement des voies de navigation car elles ne se limitent pas à la zone spatiale visée par l'effort d'atténuation, ni à une période donnée. En outre, une mesure d'atténuation liée à la conception du navire ne dépend pas du comportement des épaulards résidents du sud (MPO 2017b).

De nouvelles conceptions de navires qui produisent moins d'émissions sonores existent, mais elles sont généralement plus chères à l'achat et les navires plus bruyants et plus âgés peuvent rester en service pendant un certain nombre d'années. Cependant, il est possible de proposer des incitatifs pour encourager l'adoption de nouvelles conceptions de navires, comme une réduction de la consommation de carburant ou des frais portuaires pour les navires plus silencieux, comme l'a proposé l'APVF. L'efficacité de cette mesure d'atténuation sur la réduction du bruit dépendra du nombre de navires du projet qui seront modernisés et du nombre de navires de conception plus récente qui seront mis en service.

Cependant, les navires plus silencieux pourraient aussi poser un risque accru de collision avec les baleines – mais les études menées jusqu'à présent ne permettent pas de confirmer ou de quantifier ce point. À la même vitesse constante que celle à laquelle les navires se déplacent aujourd'hui, la diminution du nombre de navires permettra de réduire le risque global de collision. Il sera probablement nécessaire de combiner une réduction de la vitesse et un abaissement du niveau de bruit généré par les navires pour minimiser à la fois l'impact du bruit et le risque de collision.

L'efficacité de cette mesure dépendra des éléments suivants :

1. La réduction du niveau de bruit provenant du navire résultant de la conception, de la modernisation et de l'entretien. Le bruit émis par un navire provient essentiellement de deux sources : les mécanismes de propulsion dans l'eau (cavitation de la turbine à hélice) et les machines à l'intérieur de la coque. Ces deux sources présentent un potentiel élevé de réduction du bruit grâce à des modifications de la conception du navire et à la modernisation de celui-ci (MPO 2017b; Baudin et Mumm 2015). Des modifications de la conception de la turbine à hélice peuvent se traduire par une réduction de 3 à 18 dB des niveaux sonores.

L'isolation des moteurs diesel et des pièces correspondantes peut faire baisser le niveau de la source de 15 à 20 dB dans certaines bandes de fréquences. Des modifications ou traitements de la coque peuvent également réduire les niveaux sonores de 10 dB dans les ondes moyennes et de 20 dB aux fréquences les plus élevées.

2. Le Programme ECHO du port de Vancouver-Fraser a commandé une étude en vue de trouver des moyens techniques de rendre les navires plus silencieux. L'une des conclusions est que le remplacement de vieilles turbines à hélice par des nouvelles n'a que des effets mineurs sur le bruit sous-marin, mais que des modifications des turbines existantes, comme l'ajout d'ailerons sur le casque de moyeu d'hélice (PBCF) et en canalisant le flux d'eau autour de l'hélice (tuyère Schneekluth ou Mewis par exemple) peuvent réduire considérablement les niveaux de bruit (ECHO 2017).
3. Sur le plan de l'entretien, le Programme ECHO a constaté qu'un nettoyage régulier et la réparation de la turbine à hélice, comme le nettoyage régulier de la coque, sont très efficaces pour réduire le bruit et que le fait de tenir la turbine à hélice propre et en bon état est la meilleure méthode globale pour minimiser le niveau de bruit de chaque navire (ECHO 2017).
4. La vitesse du navire. La diminution des niveaux de la source et des vitesses serait sans doute efficace pour réduire le risque de collision. Des études plus approfondies sont néanmoins nécessaires à ce sujet.
5. La taille et le nombre des navires.

Pour résumer, les modifications de la conception des navires et l'entretien régulier de la turbine à hélice et de la coque sont certaines des mesures les plus efficaces pour réduire le champ sonore sous-marin d'un navire et permettraient d'amoindrir l'impact de ce navire dans toutes les eaux où il se trouvera. Il faudra cependant probablement beaucoup de temps pour les mettre en œuvre.

Recours à des observateurs de mammifères marins à bord

Outre le bruit sous-marin qu'ils génèrent, les grands navires rapides posent un risque de collision pour les épaulards, comme en témoigne le décès récent de J34, un jeune mâle mort de traumatismes contondants. La petite taille de la population d'épaulards résidents du sud et le faible nombre de jeunes mâles et femelles (moins de 20 animaux) qui appuient le potentiel de reproduction et la diversité génétique de la population signifient que la perte d'un seul animal pourrait avoir des conséquences dramatiques (MPO 2017c).

On a déterminé que la vitesse du navire est un facteur important qui contribue à la fois à la probabilité d'une collision et à la gravité de ses effets (Conn et Silber 2013; Vanderlaan et Taggart 2007). La probabilité qu'une collision avec un navire entraîne la mort de la baleine augmente considérablement au-dessus de 9 nœuds et est quasi-certaine au-dessus de 15 nœuds. Des études effectuées sur les baleines noires de l'Atlantique Nord permettent de déduire que les modifications des voies de navigation sont une mesure d'atténuation efficace pour réduire le risque de collisions avec des navires (par exemple, Vanderlaan *et al.* 2008; Vanderlaan et Taggart 2009; Lagueux *et al.* 2011; van der Hoop *et al.* 2012), mais elles ne sont pas toujours possibles en raison des contraintes liées à la sécurité de la navigation. Cela est particulièrement vrai dans les habitats essentiels de l'épaulard résident du sud; la mesure d'atténuation la plus efficace consisterait donc à limiter la vitesse des navires en présence des baleines, comme cela a été prouvé pour d'autres espèces de cétacés (Kite-Powell *et al.* 2007;

Pace 2011). De plus, pour la plupart des classes de navires, un ralentissement se traduirait immédiatement par une réduction des niveaux de bruit perçus par l'épaulard résident du sud (Veirs *et al.* 2016, voir la section précédente de la présente RS), ce qui pourrait alors limiter les effets de masquage et d'autres effets préjudiciables du bruit sous-marin sur l'espèce et sa capacité à se nourrir (Veirs et Veirs 2011).

Toute mesure prise par les exploitants de navires nécessite de détecter les épaulards résidents du sud suffisamment tôt, par des moyens visuels ou acoustiques ou à l'aide d'autres méthodes permettant d'aviser les navires de la présence de baleines sur leur chemin. La présence d'observateurs de mammifères marins, formés à cette fin, ou l'installation de systèmes de surveillance vidéo à la proue des navires ne sera probablement utile que lorsque les conditions de visibilité sont bonnes (mer calme, faible houle, pas de brouillard, lumière naturelle suffisante pour déceler des animaux en surface ou à peine submergés, espèce ciblée de grande taille ou très visible) et lorsque le navire a suffisamment de temps pour réagir en toute sécurité et éviter de heurter le mammifère marin.

Dans les zones d'habitat essentiel, comme le détroit de Juan de Fuca et le banc Swiftsure, les pétroliers du projet (classe Aframax d'une longueur moyenne de 245 m) sont trop grands et se déplacent trop vite pour pouvoir manœuvrer si un animal est détecté devant eux; les navires se déplaçant à plus de 15 nœuds ont besoin de plus de deux kilomètres pour s'immobiliser et les dossiers de nombreuses collisions avec un navire indiquent que les baleines ont fait surface juste devant le navire. En outre, lorsque l'eau passe le long d'une grande coque, elle peut advecter un cétacé proche vers le flanc du navire, puis probablement dans la turbine à hélice et le gouvernail à l'arrière - créant de fait une « zone de danger » plus grande que la section de la coque (Silber *et al.* 2010); les navires doivent par conséquent contourner les baleines de plus loin. Dans les voies navigables plus étroites de la mer des Salish, du détroit de Haro au bras de mer Burrard, lorsque les navires du projet sont accompagnés par des remorqueurs, leur vitesse peut être inférieure à 15 nœuds, ce qui facilite la détection des baleines par les observateurs à bord. Cependant, les navires ont une capacité de manœuvre limitée pour éviter les épaulards résidents du sud, qui pose sans doute un risque sur le plan de la sécurité dans ces voies étroites. Il est donc peu probable que des observateurs à bord des navires permettent de réduire sensiblement le risque de collision dans l'habitat essentiel à l'intérieur et à l'extérieur de la mer des Salish. Les équipages des grands navires ne sont généralement pas conscients des collisions et ne les remarquent habituellement que lorsque la baleine reste accrochée sur l'étrave (par exemple, Félix et Van Waerebeek 2005; Jensen et Silber 2003).

Les technologies de détection des mammifères marins lorsque la visibilité est mauvaise (de nuit, dans le brouillard, etc.), comme les systèmes de vision de nuit, les radars, les sonars actifs, les caméras infrarouge à balayage frontal et les jumelles infrarouge, ont été soumises à des essais limités et ont généralement donné de piètres rendements, sauf pour détecter les grands cétacés à des distances de plusieurs kilomètres dans une mer calme. Les systèmes infrarouge sont « pratiquement inutiles » en cas de pluie, de brouillard ou de brume (Baldacci *et al*. 2005). Même équipés de tels systèmes, les exploitants de navires auraient malgré tout besoin de suffisamment de temps pour réagir de manière sécuritaire lorsque des mammifères marins sont détectés.

La surveillance acoustique passive embarquée n'est pas une option viable car la plupart des appareils pouvant être utilisés sur un navire en mouvement ne fourniraient pas de détections fiables des mammifères marins qui se trouvent devant le navire. Ce n'est donc pas une méthode fiable pour détecter les mammifères marins et s'assurer qu'ils sont absents d'une zone d'impact. De plus, de nombreux cétacés, y compris l'épaulard résident du sud, vocalisent de

manière intermittente et restent souvent silencieux pendant un certain temps. Des dispositifs acoustiques fixés sur le fond ont été déployés pour déceler les appels des mysticètes, notamment des baleines noires de l'Atlantique Nord, mais aussi des rorquals communs et des rorquals à bosse (Clark et Charif 1998; Morano *et al.* 2012). Dans le nord-est des États-Unis, cette information est communiquée aux opérateurs de navires en temps réel, ce qui permet de prendre une mesure convenue telle qu'une réduction de la vitesse pendant une période de 24 heures, lorsque les appels d'une baleine sont détectés dans la voie de navigation ou à proximité. Cette approche pourrait servir à transmettre des avertissements aux pétroliers en transit. Le programme d'évitement des collisions avec les navires, mené dans le cadre du Plan de protection des océans du gouvernement fédéral, cherche à évaluer des méthodes et technologies permettant d'avertir en temps réel les navires de la présence de baleines; il s'agit par exemple des réseaux de surveillance acoustique dans les zones à risque de collision élevé, de détection infrarouge automatisée dans les voies navigables étroites et de transmissions automatisée des observations sur les réseaux d'observation des navigateurs. On peut donc prévoir que dans les années à venir, de tels systèmes deviendront fonctionnels et pourront alors être intégrés au système d'alerte utilisé par la Garde côtière canadienne pour informer directement les observateurs de mammifères marins à bord des navires et les exploitants des navires.

Pour résumer, le plus souvent, l'observation à bord des mammifères marins à l'aide de technologies visuelles ou acoustiques ne permettrait pas de déterminer avec un niveau de confiance raisonnable la présence ou l'absence de cétacés dans la zone située devant un pétrolier en transit. En outre, du fait du nombre limité de cas documentés de collisions fatales avec des épaulards résidents du sud, il n'est pas certain que le ralentissement des pétroliers Aframax permettra d'atténuer les décès dus à des collisions avec un navire. Malgré cette, à ralentir ou à changer de cap dans les voies navigables confinées de la mer des Salish et les chenaux de navigation, on peut penser que cette approche n'offrirait pas un niveau acceptable d'atténuation du risque de collision avec des navires du projet. Elle pourrait cependant être d'une certaine utilité aux abords de l'installation du projet. Il est donc recommandé que les observateurs de mammifères marins se coordonnent avec les réseaux d'observation existants afin de recevoir les avertissements de la présence d'épaulards résidents du sud et de faciliter la prise de mesures d'atténuation, comme une réduction de la vitesse.

Mesures visant à accroître l'abondance des proies afin de compenser les effets nocifs du trafic maritime lié au projet

De nombreuses sources de données indiquent que le mauvais état corporel observé des épaulards résidents du sud est associé à la mortalité accrue des fœtus, des baleineaux et des adultes et qu'il résulte d'un stress nutritionnel (Matkin *et al.* 2017). La principale proie de l'espèce est le saumon quinnat et des efforts considérables sont entrepris pour déterminer des mesures qui permettront d'en accroître la disponibilité. Cela pourrait se faire en tentant d'augmenter l'abondance absolue des stocks de saumon quinnat, mais aussi en améliorant l'accès des épaulards résidents du sud aux poissons disponibles actuellement en réduisant la compétition des pêches et les perturbations correspondantes des bateaux dans les principales zones d'alimentation, ainsi qu'en réduisant les effets de masquage dus au bruit sous-marin.

Selon la recherche menée sur les effets cumulatifs des nombreuses menaces qui pèsent sur l'épaulard résident du sud, bien que la diminution des proies soit probablement le facteur le plus important pour la croissance de la population, il faut combiner des réductions des perturbations acoustiques et des augmentations de l'abondance des proies pour permettre à la population de

s'agrandir (Lacy *et al.* 2017). Ces résultats indiquent qu'il serait théoriquement possible de compenser des parties des effets de la circulation maritime en

1. améliorant l'abondance du saumon quinnat sur toute la côte;
2. améliorant la disponibilité du saumon quinnat dans les principales zones d'alimentation de l'épaulard résident du sud;
3. et en facilitant l'accès de l'épaulard résident du sud au saumon quinnat en limitant les interférences dues aux perturbations créées par les navires.

L'accroissement de l'abondance absolue des stocks de saumon quinnat est un objectif à long terme des efforts de rétablissement de l'épaulard résident du sud et de la gestion des pêches. Cependant, un certain nombre d'incertitudes majeures entourent la compréhension actuelle de la productivité des différents stocks de saumon quinnat. Par exemple, la productivité des populations des écloseries peut être différente de celle des populations naturelles associées, mais les données disponibles ne permettent pas de différencier ces populations, ce qui limite notre capacité à en inférer la productivité naturelle (MPO 2018). Les phénomènes de changement climatique à grande échelle et la variabilité accrue des conditions environnementales sont associés à d'importantes baisses de la productivité du saumon quinnat dans son aire de répartition au cours des dernières décennies. On estime que la productivité du saumon quinnat a chuté de 25 à 40 % depuis le début des années 1980 dans de nombreux stocks indicateurs de la Colombie-Britannique; cependant, contrairement aux tendances à la baisse de la productivité observées à l'échelle du bassin, on a observé des augmentations des échappées dans certains stocks de l'île de Vancouver. On n'a pas encore isolé le ou les mécanismes naturels ou anthropiques précis responsables de ces augmentations (MPO 2018).

De ce fait, un accroissement de l'abondance globale n'entraînera pas nécessairement une plus grande disponibilité des proies dans les zones les plus importantes pour l'épaulard résident du sud. En revanche, des mesures de gestion limitant les prélèvements de saumon quinnat à proximité des zones d'alimentation de l'épaulard résident du sud peuvent améliorer la probabilité que ces poissons soient disponibles pour les épaulards puisque le risque posé par d'autres prédateurs sera réduit (Hilborn *et al.* 2012). L'information tirée des observations, des détections acoustiques et des avis spécialisés a été compilée à l'appui de la détermination de l'habitat d'alimentation de l'épaulard résident du sud. Quatre lieux clés ont été localisés : le détroit de Juan de Fuca, l'ouest de l'île Pender, le sud de l'île Saturna et l'embouchure du Fraser (Sheila Thornton [MPO, West Vancouver, Colombie-Britannique], John Ford [retraité du MPO, Nanaimo, Colombie-Britannique], Lance Barrett-Lennard, [Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique], comm. pers.).

Selon la meilleure information disponible et en appliquant une approche de précaution, les mesures suivantes ont été proposées pour améliorer la disponibilité des proies pour l'épaulard résident du sud dans les zones d'alimentation déterminées :

1. fermeture complète des pêches de saumon quinnat dans les quatre zones d'alimentation principales;
2. combinaison de fermetures de zones et de diminution de la rétention de saumons quinnats qui produit la plus grande réduction des prélèvements dans les zones d'alimentation;
3. réduction des prélèvements de saumons quinnats de 4 et 5 ans pendant toute la saison, sachant qu'il n'existe pas actuellement de moyen efficace de différencier les poissons en montaison de 3, 4, 5 ou six ans.

En 2018, le MPO a mis en œuvre des fermetures des pêches pertinentes sur les plans spatial et temporel en vue d'accroître la disponibilité du saumon quinnat pour l'épaulard résident du sud dans la mer des Salish et aux périodes où la quête de nourriture est observée le plus fréquemment.

Même s'il est possible de trouver des méthodes permettant de réduire les prélèvements de saumon quinnat dans les principales aires d'alimentation de l'épaulard résident du sud, elles ne se traduiront pas nécessairement par une augmentation proportionnelle directe des proies accessibles et du succès de l'alimentation, ce qui n'atténuera donc pas pleinement les effets du projet sur l'espèce. Par exemple, les scientifiques et les gestionnaires possédant une expertise technique sur les épaulards et le saumon quinnat qui ont participé à un atelier ont suggéré qu'il serait utile de limiter les perturbations dues aux navires pour que les épaulards puissent plus facilement attraper les saumons quinnats déjà présents (Trites et Rosen 2018).

Pour résumer, la modélisation récente de l'analyse de la viabilité de la population montre qu'il est théoriquement possible de compenser les effets de la circulation maritime en augmentant l'abondance du saumon quinnat, sa disponibilité et sa facilité d'accès dans les principales zones d'alimentation de l'épaulard résident du sud. Cependant, du fait de la complexité des interactions entre les agents de stress, il n'est pas possible à l'heure actuelle de fournir des renseignements fiables sur l'augmentation exacte de l'abondance des proies requise pour compenser les autres effets nocifs.

Autres mesures susceptibles d'éviter, de réduire ou de compenser les effets nocifs du trafic maritime lié au projet sur l'épaulard résident du sud

Plusieurs autres mesures d'atténuation ont été proposées pour limiter l'impact du bruit généré par les navires dans les habitats essentiels de l'épaulard résident du sud, mais leur potentiel n'est pas certain pour le moment et d'autres études sont en cours ou doivent être menées afin d'en évaluer l'efficacité éventuelle (MPO 2017b). Elles ont été envisagées à l'origine pour un grand éventail de navires commerciaux et n'étaient pas propres aux navires du projet. Une incertitude générale entoure l'efficacité de l'atténuation si elle est appliquée uniquement aux navires du projet.

L'une des mesures proposées consiste **à détourner une partie du trafic du détroit de Haro dans celui de Rosario**. L'effet des mesures sur les habitats essentiels de l'épaulard résident du sud dépendra de la proportion et des types des navires ainsi détournés. Cette mesure aurait aussi pour effet d'accroître les niveaux de bruit dans le détroit de Rosario. Il faudrait réévaluer l'importance du détroit de Rosario pour l'épaulard résident du sud afin de s'assurer que l'avantage est également réparti entre tous les animaux. Il existe aussi certaines contraintes physiques et géographiques dans le détroit de Rosario qui empêcheraient les navires les plus grands et parfois les plus bruyants de l'emprunter. Enfin, les eaux du détroit de Rosario se trouvent aux États-Unis et il faudrait donc négocier avec ce pays pour détourner le trafic. Il faudra du temps pour mener les négociations à bien et les impacts ne seront donc pas atténués avant que les changements soient mis en œuvre.

Une autre mesure consisterait **signaler en temps réel la présence d'épaulards,** ce qui déclencherait une mesure de gestion, comme des ralentissements ou des changements mineurs de route. Une incertitude entoure la capacité de détecter de manière fiable les épaulards résidents du sud en temps réel dans diverses conditions environnementales. Le déclenchement d'un ralentissement nécessite un délai de notification qui varie selon la vitesse du navire afin de réduire réellement le bruit à proximité des baleines. Les détournements sont

limités à certaines zones de l'habitat essentiel de l'épaulard résident du sud, où ils peuvent être mis en place en toute sécurité.

Une troisième méthode consisterait **à créer des zones silencieuses ou « interdites », en permanence ou en fonction des saisons**, dans certains habitats essentiels, comme les zones d'alimentation connues de l'épaulard résident du sud qui peuvent changer selon le type et l'abondance des proies. Elle permettrait de réduire sensiblement le niveau de bruit dans les zones concernées, mais entraînerait une augmentation de ces niveaux dans d'autres. De plus, ces zones devraient être beaucoup plus étendues que les parties sensibles de l'habitat essentiel car le bruit sous-marin se propage sur de grandes distances. Pour que cette atténuation soit efficace, il faudrait sans doute mettre en place une gestion dynamique disposant d'une certaine souplesse spatiale et temporelle afin de réagir au comportement, aux besoins alimentaires et à la disponibilité des proies de l'épaulard résident du sud; cette stratégie de gestion serait complexe du fait que différents groupes familiaux d'épaulards résidents du sud pourraient préférer des zones différentes à diverses périodes de l'année (Cominelli *et al.* 2018). Cette mesure pourrait s'appliquer à d'autres navires, mais pas directement à ceux du projet TMX, qui circulent dans les voies de navigation internationales. Sinon, les zones en dehors des voies de navigation et leur zone de séparation pourraient être considérées comme « interdites ».

Une quatrième approche serait **de restreindre la circulation des navires commerciaux la nuit** dans les parties sensibles de l'habitat essentiel comme le détroit de Haro. L'endroit serait ainsi silencieux la nuit, en vue de créer des périodes de silence où les épaulards résidents du sud pourraient s'alimenter plus facilement (grâce à la réduction des perturbations sonores et liées à la présence des navires), mais les niveaux de bruit augmenteraient pendant la journée, lorsque davantage de navires transiteraient par la zone. L'efficacité de cette mesure d'atténuation dépend de la capacité de l'épaulard résident du sud à profiter des périodes silencieuses nocturnes pour s'alimenter. Le comportement de quête de nourriture la nuit est encore incertain et fait l'objet d'études scientifiques aux États-Unis et au Canada.

La cinquième mesure viserait **à remplacer les premiers 10 % (ou un autre pourcentage) des navires les plus bruyants d'une classe de navires donnée par des navires dont les niveaux sonores correspondent aux 10 % les plus silencieux de la même classe**. Appliquée aux navires du projet, cette méthode n'aura peut-être pas une grande incidence sur le profil sonore global des zones d'habitat de l'épaulard résident du sud. La mesure d'atténuation doit porter sur le champ sonore global dans une zone donnée lorsqu'elle est appliquée aux navires les plus bruyants, qui peuvent être des porte-conteneurs et de grands cargos selon Veirs *et al.* (2016). Selon le Secteur des sciences du MPO, elle pourrait nécessiter la participation de plusieurs organismes de réglementation du Canada et des États-Unis.

D'autres techniques d'atténuation sont possibles, comme former les exploitants de navires à modifier le comportement du navire afin d'éviter les accélérations et décélérations rapides, ou utiliser des navires moins nombreux, mais plus grands, pour transporter la même quantité de produit. Cette dernière solution dépend du nombre de navires plus grands du projet qui seront exploités, mais la limite supérieure est imposée par la restriction de taille autorisée à pénétrer dans le bras de mer Burrard et à accoster au terminal Westridge.

Mesures susceptibles d'éviter ou de réduire les effets nocifs cumulatifs sur l'épaulard résident du sud

Dans son évaluation des effets cumulatifs de 2015, le promoteur concluait que les activités passées et actuelles (y compris toutes les formes de mortalité, les charges élevées en contaminants, la quantité réduite de proies et les perturbations sensorielles et physiques) ont exercé d'importants effets nocifs cumulatifs sur la population d'épaulard résident du sud (Trans Mountain Pipeline ULC. 2013 : section 4.4.5.3.1).

En ce qui concerne la contribution du projet à ces effets cumulatifs, il affirmait que le projet générera plus de bruit sous-marin qui pourrait avoir une incidence sur la population d'épaulard résident du sud, et ce bruit agira de manière cumulative avec celui produit par la circulation maritime existante et raisonnablement prévisible. Ainsi, même si la contribution du projet au bruit sous-marin total ne représente qu'un élément des sources de bruit sous-marin provenant du trafic maritime actuel et futur, la contribution du projet aux effets cumulatifs potentiels des perturbations sensorielles est déterminée comme étant importante pour les épaulards résidents du sud (section 4.4.5.3.1). Les perturbations sensorielles résultant du bruit du trafic maritime sont par conséquent jugées comme constituant un effet nocif cumulatif non atténué.

La présente demande d'information cherche à obtenir des données ou connaissances nouvelles sur l'efficacité de mesures d'atténuation susceptibles d'éviter ou de réduire les effets nocifs cumulatifs sur l'épaulard résident du sud.

Selon un modèle des effets cumulatifs mis au point par Lacy *et al*. (2017), une réduction de 50 % des perturbations acoustiques combinée à une augmentation de 15 % de l'abondance du saumon quinnat permettrait une croissance de 2,3 % de la population d'épaulard résident du sud, qui est l'objectif de rétablissement américain pour cette population (National Marine Fisheries Service 2008).

Ce modèle prévoyait que l'état de référence (observations empiriques de 1976 à 2015) se traduirait par un déclin continu de l'épaulard résident du sud, avec une probabilité de 5 % que la population compte moins de 30 individus dans 100 ans et une probabilité de 0 % d'extinction (tableau 1). Cette tendance négative de la population reflète les pertes d'individus ces dernières années. Un scénario « sans menace anthropique » (niveaux de référence du saumon quinnat, mais pas de bruit, de contaminants, de déversements d'hydrocarbures ou de collisions avec des navires) donnerait un léger taux de croissance de la population et éliminerait la probabilité d'extinction dans 100 ans ou N<30. Les scénarios de « faible développement » et de « développement intensif » ont tous deux permis de prédire une augmentation du taux de déclin de la population, qui était pire pour le scénario de « développement intensif ». Le développement « faible » et « intensif » rehaussait la probabilité de N<30 individus dans 100 ans à 31 % et 70 %, respectivement. La probabilité d'extinction augmentait à 5 % et 25 %, respectivement, pour les deux scénarios (Lacy *et al*. 2017).

Dans les scénarios d'atténuation d'une seule menace, une croissance de la population était prédite pour les scénarios relatifs à l'augmentation des proies, à l'élimination du bruit ou à l'élimination des contaminants. C'est un scénario d'atténuation de plusieurs menaces, avec une augmentation de 30 % de l'abondance des proies et une réduction de 50 % du bruit par rapport aux niveaux de référence, qui a donné la croissance de la population la plus forte (r=0,036, soit un taux de croissance annuelle de 3,6 %) (Lacy *et al*. 2017).

*Tableau 1. Comparaison de la croissance modélisée de la population d'épaulard résident du sud selon différents scénarios concernant la situation de départ et des modifications de l'abondance du saumon quinnat, du bruit, des contaminants, des déversements d'hydrocarbures et des collisions avec des navires (tirée de Lacy et al. 2017). L'état de référence est les taux observés entre 1976 et 2015. Les paramètres modifiés sont exprimés en pourcentage de l'état de référence, sauf indication contraire. Les taux de croissance de la population indiqués d'un * sont les plus élevés pour un éventail de scénarios mis à l'essai (augmentation des proies : de la situation de départ à 130 %; bruit : 0 % à la situation de départ; BPC : 0 % à la situation de départ; saumon quinnat : situation de départ à 130 %, en combinaison avec 50 % du bruit).*

Scénario	Conditions environnementales (en % de l'état de référence)					Taux de croissance de l'épaulard résident du sud (r)
	Saumon quinnat	Bruit	Contaminants (BPC)	Déversements d'hydrocarbures	Collisions avec des navires	
État de référence	État de référence	État de référence	État de référence (2 ppm)	État de référence (0)	État de référence	-0,002
Aucune menace anthropique	État de référence	0 %	0 %	0 %	0 %	+0,019
Faible développement	Parvenir à 75 % en 100 ans	109 %	État de référence	0,21 % (grand déversement) 1,08 % (petit déversement)	1 en 10 ans	-0,008
Développement intensif	Parvenir à 50 % en 100 ans	118 %	État de référence	0,42 % (grand déversement) 2,16 % (petit déversement)	2 en 10 ans	-0,017
Augmentation des proies	130 %	État de référence	État de référence	État de référence	État de référence	+0,025 *
Aucun bruit	État de référence	0 %	État de référence	État de référence	État de référence	+0,017 *
Aucun BPC	État de référence	État de référence	0 %	État de référence	État de référence	+0,004 *
Augmentation des proies et réduction du bruit	130 %	50 %	État de référence	État de référence	État de référence	+0,036 *

Comme l'effet nocif cumulatif non atténué indiqué par le promoteur résulte de l'exposition répétée au bruit sous-marin généré par les navires, les mesures décrites dans les sections précédentes de ce document réduiront également le bruit cumulatif.

Relation entre la vitesse et le tonnage du navire et l'ampleur / l'étendue du bruit sous-marin

La réduction du bruit à large bande qui est fonction de la vitesse du navire est généralement comprise entre 0,5 et 1,5 dB par nœud pour toutes les classes de navires (MPO 2017b). Les études montrent aussi que la classe du navire est plus importante que sa taille pour définir le niveau de bruit, bien que la plupart des différences observées entre le bruit produit par les diverses classes navires soient biaisées par la vitesse (McKenna *et al.* 2012, McKenna *et al.* 2013, Simard *et al.* 2016, Veirs *et al.* 2016).

La taille du navire ne semble pas associée linéairement au bruit produit. McKenna *et al*. (2012) ont estimé les niveaux à la source de différents types de navires, d'après les niveaux reçus

mesurés à partir des navires en transit, et ont constaté qu'ils varient entre 181,3 dB et 182,7 dB pour les pétroliers dont la longueur est comprise entre 228 et 229 m à une vitesse de 15 nœuds. Ces niveaux étaient semblables à ceux relevés pour les porte-véhicules, mais inférieurs à ceux des vraquiers (187,4 dB).

Simard *et al*. (2016) ont signalé d'importantes variations des niveaux de source sonore de plus de 25 dB pour les navires commerciaux d'une longueur allant de 200 à 250 m. En 2013, McKenna *et al.* ont étudié la variation de la production de bruit sous-marin par les porte-conteneurs en fonction de la vitesse, de la longueur, de la jauge brute et du tirant d'eau (le tirant d'eau, la longueur et le tonnage étaient liés de façon linéaire et amalgamés en longueur) et ont constaté que pour des navires de la même longueur, les grandes différences étaient peut-être dues à la vitesse. La longueur était encore considérée comme un facteur de prédiction de la production de bruit, mais à une résolution beaucoup plus faible (seules les différences de taille très importantes étaient de bons facteurs de prédiction des différences de bruit).

Les différences de charge influent également sur le bruit généré par un navire donné. Il n'est toutefois pas immédiatement évident si des charges plus légères provoqueront moins ou davantage de bruit. Des charges plus légères entraînent un tirant d'eau moins profond et un apport énergétique réduit dans la turbine pour faire avancer le navire, ce qui devrait réduire le bruit. Cependant, avec un tirant d'eau moins profond, la turbine à hélice est plus proche de la surface ou pourrait même affleurer, ce qui donne un transfert d'énergie et une cavitation moins efficaces et peut augmenter la production de bruit et produire du bruit dans d'autres fréquences acoustiques.

Les niveaux de source sonore d'un navire résultent de complexes processus multifactoriels qui dépendent de la turbine à hélice, des machines, du montage des machines et de la conception de la coque (Baudin et Mumm 2015; Ross 1976; Wagstaff 1973); la vitesse et le tonnage du navire sont les deux seuls paramètres qui jouent un rôle dans la définition du champ sonore global du navire.

Pour résumer, compte tenu des variations importantes du bruit produit par des navires de longueur et jauge brute identiques, il ne serait pas très utile de prendre des mesures d'atténuation portant sur la restriction de la taille des pétroliers, à moins d'envisager de grandes différences de taille des navires du projet. En outre, l'effet des mesures d'atténuation fondées sur la limitation de la taille des seuls navires du projet risque d'être masqué par le bruit relatif produit par les autres navires commerciaux circulant dans les mêmes eaux que les pétroliers.

Sources d'incertitude

L'évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation visant à réduire les impacts des navires du projet sur l'épaulard résident du sud a été menée en tenant compte des incertitudes majeures qui entourent l'information disponible. Voici quelques exemples :

- Incertitudes liées aux données disponibles sur l'épaulard résident du sud;
- Incertitude relative aux pertes de propagation du bruit à des fréquences plus élevées;
- Incertitude concernant l'efficacité du ralentissement des pétroliers Aframax pour atténuer les décès dus à des collisions avec un navire; et,
- Incertitude quant au degré de fiabilité de la détection en temps réel qui serait nécessaire et au délai de notification requis pour permettre aux navires d'initier efficacement les mesures d'atténuation en temps réel.

Conclusions

- Le détournement d'une partie du trafic du détroit de Haro dans celui de Rosario réduira les impacts sur l'épaulard résident du sud dans les habitats essentiels du détroit de Haro, mais les augmentera ailleurs. De plus, les contraintes physiques liées au détroit de Rosario limitent le type et la taille des navires qui peuvent l'emprunter.
- Une réduction de la vitesse d'un navire entraîne généralement une augmentation de la **durée** de l'exposition au bruit, mais une réduction du **niveau** total de bruit et peut également abaisser le risque de collisions mortelles avec un navire pour les grandes baleines. L'efficacité d'une réduction de la vitesse des navires en tant que mesure d'atténuation visant à réduire les niveaux sonores dépendra des caractéristiques de la flotte, des caractéristiques de la propagation des sons du navire et de la modification ou non des profils de transit (comme le déplacement des couloirs de navigation ou la formation de convois).
- Les modifications de la conception des navires sont peut-être les mesures les plus efficaces pour réduire le champ de leur bruit sous-marin. La propreté et un bon entretien de la turbine à hélice, ainsi que la propreté de la coque, font également une grande différence.
- Le plus souvent, l'observation à bord des mammifères marins à l'aide de technologies visuelles ou acoustiques ne permettrait pas de déterminer avec un niveau de confiance raisonnable la présence ou l'absence d'épaulards résidents du sud dans la zone située devant un pétrolier en transit de manière à offrir un niveau acceptable d'atténuation du risque de collision avec un navire. On recommande que les observateurs de mammifères marins se coordonnent avec les réseaux d'observation des baleines afin d'être avertis à l'avance de la présence d'épaulards résidents du sud à proximité de la zone de construction, afin de faciliter la mise en œuvre de mesures d'atténuation comme un ralentissement.
- Des analyses de la viabilité de la population montrent qu'il est théoriquement possible de compenser les effets de la circulation maritime en augmentant l'abondance du saumon quinnat, sa disponibilité et sa facilité d'accès dans les principales zones d'alimentation de l'épaulard résident du sud. Cependant, du fait de la complexité des interactions entre les agents de stress, il n'est pas possible à l'heure actuelle de fournir des renseignements fiables sur l'augmentation exacte de l'abondance des proies requise pour compenser les autres effets nocifs.
- La mise en œuvre d'un système de notification en temps réel de la présence de baleines pourrait permettre de prendre plus tôt d'autres mesures d'atténuation, comme un ralentissement du navire, mais uniquement si la détection en temps réel est fiable toute l'année et si les notifications peuvent parvenir à temps aux navires.
- La création de zones silencieuses ou « interdites », en permanence ou en fonction des saisons, dans certains habitats essentiels, est plus ou moins réalisable dans les zones confinées des îles Gulf. De plus, le son se propage loin et il faut effectuer des études approfondies pour déterminer la taille d'une telle zone de manière à avoir une incidence sensible.
- La restriction de la circulation des navires commerciaux la nuit peut être une mesure d'atténuation utile s'il est prouvé que les épaulards résidents du sud se nourrissent autant la

nuit que le jour. Cependant, la restriction du trafic nocturne entraînera une augmentation des niveaux sonores pendant la journée.

- Le remplacement des premiers 10 % (ou un autre pourcentage) des navires les plus bruyants d'une classe de navires donnée par des navires dont les niveaux sonores correspondent aux 10 % les plus silencieux de la même classe permettrait de limiter l'impact sonore dans les habitats essentiels. Cependant, à moins de réglementer les pétroliers Aframax directement associés au projet d'agrandissement de Trans Mountain, il sera difficile à mettre en application.
- Compte tenu des variations importantes du bruit produit par des navires de longueur et jauge brute identiques, il ne serait pas très utile de prendre des mesures d'atténuation portant sur la restriction de la taille des pétroliers, à moins d'envisager de grandes différences de taille des navires du projet. En outre, l'effet d'une mesure d'atténuation fondée sur la limitation de la taille des navires du projet serait masqué par le bruit beaucoup plus grand produit par les autres navires commerciaux circulant dans les mêmes eaux que les pétroliers. En particulier, les grands porte-conteneurs voyageant à plus grande vitesse à proximité des pétroliers masqueraient le bruit de ceux-ci.
- Comme l'effet nocif cumulatif non atténué indiqué par le promoteur résulte de l'exposition répétée au bruit sous-marin généré par les navires, les mesures décrites dans les sections précédentes de ce document réduiront également le bruit total de toute la navigation commerciale. Selon un modèle des effets cumulatifs élaboré par Lacy *et al.* (2017), il faudrait réduire le bruit par rapport aux niveaux de référence pour maintenir les niveaux de population actuels de l'épaulard résident du sud, à moins d'améliorer également l'abondance des proies et de réduire les niveaux de contaminants.
- Il convient aussi de tenir compte des effets possibles sur d'autres espèces au moment d'envisager des approches d'atténuation, notamment sur d'autres espèces menacées connues pour être sensibles au bruit à basse fréquence des navires, comme le rorqual bleu et le rorqual commun.

Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Andrea Locke	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Harald Yurk	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Svein Vagle	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Thomas Doniol-Valcroze	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Linda Nichol	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Eddy Kennedy	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
John Holmes	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Jack Lawson	Secteur des sciences du MPO, région de Terre-Neuve
Florian Aulanier	Secteur des sciences du MPO, région du Québec
Angelia Vanderlaan	Secteur des sciences du MPO, région des Maritimes
John Ford	Externes
March Klaver	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Tracey Sandgathe	Programme de protection des pêches du MPO, région du Pacifique
Alston Bonamis	Programme de protection des pêches du MPO, région du Pacifique

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Kim Houston	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Lesley MacDougall	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

21 Octobre, 2018

Sources de renseignements

Baldacci, A., Carron, M., Portunato, N. 2005. Infrared detection of marine mammals. NATO Undersea Research Centre Technical Report SR-443. NATO Undersea Research Centre, New York, New York, USA.

Baudin, E., Mumm, H. 2015. AQUO/SONICS EU project report: Guidelines for regulation on UW noise from commercial shipping.

Branstetter, B.K., St Leger, J., Acton, D., Stewart, J., Hauser, D., Finneran, J.J., Jenkins, K. 2017. Killer whale (*Orcinus orca*) behavioural audiograms. J. Acous. Soc. of Amer.

Chion, C., Lagrois, D., Dupras, J., Turgeon, S., McQuinn, I.H., Michaud, R., Parrott, L. 2017. Underwater acoustic impacts of shipping management measures: Results from a social-ecological model of boat and whale movements in the St. Lawrence River Estuary (Canada). Ecol. Model., 354, 72-87.

Clark, C.W., Charif, R.A. 1998. Acoustic monitoring of large whales to the west of Britain and Ireland using bottom-mounted hydrophone arrays, October 1996 - September 1997. Rep. from Bioacoust. Res. Prog., Cornell Lab. Ornithol., Ithaca, NY, for Joint Nature Conserv. Commit., Aberdeen, Scotland. JNCC Rep. 281.

Cominelli, S., Devillers, R., Yurk, H., MacGillivray, A., McWhinnie, L., Canessa, R. 2018. Noise exposure from commercial shipping for the southern resident killer whale population. Mar. Pollut. Bull., 136, pp.177-200.

Conn, P.B., Silber, G.K. 2013. Vessel speed restrictions reduce risk of collision-related mortality for North Atlantic right whales. Ecosphere 4(4): 1-15.

ECHO. 2017. ECHO Program. An Evaluation of Vessel Quieting Design, Technology and Maintenance Options. January 2017.

ECHO. 2018. ECHO Program. Voluntary Vessel Slowdown Trial Summary Findings. June 2018.

Félix, F., Van Waerebeek, K. 2005. Whale mortality from ship strikes in Ecuador and west Africa. Lat. Am. J. Aquat. Mamm. 4(1): 55-60.

Heise, K.A., Barrett-Lennard, L.G., Chapman, N.R., Dakin, D.T., Erbe, C., Hannay, D.E., Merchant, N.D., Pilkington, J.S., Thornton, S.J., Tollit, D.J., Vagle, S., Veirs, V.R., Vergara, V., Wood, J.D., Wright, B.M., Yurk, H. 2017. Proposed Metrics for the Management of Underwater Noise for Southern Resident Killer Whales Coastal Ocean Report Series (2), Ocean Wise, Vancouver, 31 pp.

Hilborn, R., Cox, S.P., Gulland, F.M.D., Hankin, D.G., Hobbs, N.T., Schindler, D.E., Trites, A.W. 2012. The Effects of Salmon Fisheries on Southern Resident Killer Whales: Final Report of the Independent Science Panel. Prepared with the assistance of D.R. Marmorek and A.W. Hall, ESSA Technologies Ltd., Vancouver, B.C. for National Marine Fisheries Service (Seattle. WA) and Fisheries and Oceans Canada (Vancouver. BC). xv + 61 pp. + Appendices.

Jensen, A.S., Silber, G.K. 2003. Large whale ship strike database. U.S. Department of Commerce. NOAA Tech. Memo. NMFS-OPR-25. 37 p.

Kite-Powell, H.K., Knowlton, A., Brown, M. 2007. Modeling the effect of vessel speed on right whale ship strike risk. NOAA. Project report for NOAA/NMFS Project NA04NMF47202394. 8 p.

Lacy, R.C., Williams, R., Ashe, E., Balcomb, K.C., Brent, L.J.N., Clark, C.W., Croft, D.P., Giles, D.A., MacDuffee, M., Paquet, P.C. 2017. Evaluating anthropogenic threats to endangered killer whales to inform effective recovery plans. Scientific Reports 7: 14119. DOI: 10.1038/S41598-017-14471-0

Lagueux, K.M., Zani, M.A., Knowlton, A.R., Kraus, S.D. 2011. Response by vessel operators to protection measures for right whales Eubalaena glacialis in the southeast US calving ground. Endang. Species Res., 14(1), pp. 69-77.

Laist, David, Knowlton, Amy, Pendleton, Daniel. 2014. Effectiveness of mandatory vessel speed limits for protecting North Atlantic right whales. Endang. Species Res. 23: 133-147. 10.3354/esr00586.

Matkin, C.O, Moore, M.J., Gulland, F.M.D. 2017. Review of Recent Research on Southern Resident Killer Whales (SRKW) to Detect Evidence of Poor Body Condition in the Population. Independent Science Panel Report to the SeaDoc Society. 3 pp. + Appendices. DOI:10.1575/1912/8803

McKenna, M.F., Ross, D., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A., 2012. Underwater radiated noise from modern commercial ships. J. Acoust. Soc. Am., 131(1), pp. 92-103.

McKenna, M.F., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A. 2013. Relationship between container ship underwater noise levels and ship design, operational and oceanographic conditions. Scientific reports, 3, p. 1760.

Morano, J.L., Rice, A.N., Tielens, J.T., Estabrook, B.J., Murray, A., Roberts, B.L., Clark, C.W. 2012. Acoustically detected year-round presence of right whales in an urbanized migration corridor. Conserv. Biol. 26(4): 698-707.

MPO. 2015a. Examen du caractère suffisant de l'information sur les effets du bruit sous-marin sur les mammifères marins et le risque potentiel de collisions avec des navires en raison du transport maritime, présentée dans la demande d'installation relative au projet d'agrandissement de Trans Mountain. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/007.

MPO. 2015b. Examen technique des effets prévus et des mesures d'atténuation proposées du bruit sous-marin et des collisions avec des navires sur les mammifères marins présentés dans la demande d'installation de décembre 2013 relative au projet d'agrandissement de Trans Mountain et dans ses documents connexes. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/022.

MPO. 2017a. Désignation des habitats d'importance particulière pour les épaulards (*Orcinus orca*) résidents au large de la côte Ouest du Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/011.

MPO. 2017b. Évaluation des preuves scientifiques à l'appui de la probabilité d'efficacité des mesures d'atténuation des niveaux de bruit dus aux navires subis par les épaulards résidents du Sud. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/041.

MPO. 2017c. L'épaulard résident du sud : Un examen scientifique de l'efficacité des mesures de rétablissement pour trois populations de baleines en péril. 84 p.

MPO. 2018. Information scientifique à l'appui des consultations sur les mesures de gestion des pêches au saumon quinnat de la Colombie-Britannique (2018). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2018/035.

National Marine Fisheries Service. 2008. Recovery Plan for Southern Resident Killer Whales (*Orcinus orca*) National Marine Fisheries Service Northwest Region, Seattle, WA.

Nichol, L.M., Wright, B.M., O'Hara, P., Ford, J.K.B. 2017. Assessing the risk of lethal ship strikes to humpback (*Megaptera novaeangliae*) and fin (*Balaenoptera physalus*) whales off the west coast of Vancouver Island, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/007. vii + 33 p.

Pace, R.M. 2011. Frequency of whale and vessel collisions on the US Eastern seaboard: Ten years prior and two years post ship strike rule. U.S. Department of Commerce, Northeast Fisheries Science Center Ref. Doc. 11-15. Disponible auprès de : National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1026.

Pine, M.K., Hannay, D.E., Insley, S.J., Halliday, W.D., Juanes, F. (2018). Assessing vessel slowdown for reducing auditory masking for marine mammals and fish of the western Canadian Arctic. Mar. Pollut. Bull., 135, 290-302.

Ross, D. 1976. Mechanics of Underwater Noise. Pergamon, New York. pp. 272-287.

Silber, G.K., Slutsky, J., Bettridge, S. 2010. Hydrodynamics of a ship/whale collision. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 391(1-2): 10-19.

Simard, Y., Roy, N., Gervaise, C., Giard, S. 2016. Analysis and modelling of 255 source levels of merchant ships from an acoustic observatory along St. Lawrence Seaway. J. Acoust. Soc. Am. 140(3), 2002-2018.

Trans Mountain Pipeline ULC. 2013. Trans Mountain Expansion Project – An Application Pursuant to Section 52 of the National Energy Board Act, Volume 8A - Marine Transportation. Submitted to the Secretary of The National Energy Board.

Trites, A.W., Rosen, D.A.S. (éd.). 2018. Availability of Prey for Southern Resident Killer Whales. Technical Workshop Proceedings. November 15-17, 2017. Marine Mammal Research Unit, Institute for the Oceans and Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C., 64 pages.

van der Hoop, J.M., Vanderlaan, A.S.M., Taggart, C.T. 2012. Absolute probability estimates of lethal vessel strikes to North Atlantic right whales in Roseway Basin, Scotian Shelf. Ecol. Appl. 22(7): 2021-2033.

Vanderlaan, A.S.M., Taggart, C.T. 2007. Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. Mar. Mammal Sci. 23(1): 144-156.

Vanderlaan, A.S.M, Taggart, C.T. 2009. Ships voluntarily alter course to protect endangered whales. Conserv. Biol. 23(6): 1467-1474.

Vanderlaan, A.S.M., Taggart, C.T., Serdynska, A.R., Kenney, R.D., Brown, M.W. 2008. Reducing the risk of lethal encounters: vessels and right whales in the Bay of Fundy and on the Scotian Shelf. Endang. Spec. Res. 4: 283-297.

Veirs, S.R., Veirs, V.R. 2011. Masking of southern resident killer whale signals by commercial ship noise. J. Acoust. Soc. Am. 129(4): 2606.

Veirs, S., Veirs, V., Wood, J.D. 2016. Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales. PeerJ, 4, p. e1657.

Wagstaff. 1973. RANDI: Research Ambient Noise Directionality Model. Undersea Surveillance and Ocean Sciences Department.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2018

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2018. Examen technique : efficacité potentielle des mesures d'atténuation pour réduire les impacts des navires du projet sur l'Epaulard Résident du Sud. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2018/050.

Also available in English:

DFO. 2018. Technical review: potential effectiveness of mitigation measures to reduce impacts from project-related marine vessels on Southern Resident Killer Whales. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2018/050.