



EXAMEN D'ÉVALUATIONS DES RISQUES LIÉS AUX REJETS DE FORAGE DES PROJETS D'EXPLORATION PROPOSÉS PAR BHP CANADA (RÉGION DU BASSIN ORPHAN) ET CHEVRON CANADA LIMITED (PASSE FLAMANDE OUEST)

Contexte

Deux promoteurs du secteur pétrolier et gazier ont proposé d'effectuer des travaux de forage exploratoire dans la région de Terre-Neuve. Plus précisément, BHP Canada propose d'effectuer ses travaux dans la région du bassin Orphan, située à environ 350 km au nord-est de St. John's (T.-N.-L.) et au nord-ouest de la passe Flamande. Chevron Canada Limited propose d'effectuer des travaux de forage exploratoire dans la passe Flamande Ouest, située à environ 500 km au nord-est de St. John's (T.-N.-L.), y compris des portions de la passe Flamande Nord et du nord-ouest du bonnet Flamand. Les deux sociétés ont soumis des études d'impact environnemental (EIE) à l'analyse de l'Agence d'évaluation d'impact du Canada (l'Agence). L'Agence a demandé, dans le cadre du Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH), que Pêches et Océans Canada (MPO) procède à un examen technique de certaines portions des documents de l'EIE, en particulier les évaluations des risques liés aux rejets de forage.

Conformément aux dispositions de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE, 2012)*, le MPO est tenu de fournir de l'information et des avis d'experts ou de spécialistes, relevant de son mandat, sur un projet désigné faisant l'objet d'une évaluation environnementale. Le PPPH prévoit que le Secteur des sciences effectue un examen des données de modélisation de la dispersion des déblais de forage du projet, car cette technique permet de prédire l'importance des effets sur l'habitat benthique ainsi que l'adéquation des mesures d'atténuation proposées. Comme le Secteur des sciences n'était pas tenu d'examiner les EIE associées à ces projets, aucun avis n'a été formulé à leur sujet.

Le Secteur des sciences a reçu les deux documents suivants pour examen :

1. Annexe C – Évaluation des risques liés aux rejets de forage du projet d'exploration de Chevron Canada Limited dans la passe Flamande Ouest (2021-2030).
2. Annexe D – Évaluation des risques liés aux rejets de forage du projet d'exploration de BHP Canada dans la région du bassin Orphan (2019-2028).

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 29 avril 2020 sur l'Examen des évaluations des risques liés aux rejets de forage pour les projets de forage exploratoire proposés par BHP Canada (région du bassin Orphan) et Chevron Canada Limited (ouest de la passe Flamande). Étant donné que les évaluations des risques liés aux deux projets ont été effectuées par le même cabinet d'experts-conseils ([RPS](#)) au moyen de méthodologies et d'analyses très semblables, il a été déterminé qu'un seul processus de réponse des Sciences serait mené pour les deux projets.

Analyse et réponse

À la demande du Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH), les commentaires formulés par le Secteur des sciences du MPO, des régions de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) et des Maritimes (MAR) concernent spécifiquement les rapports d'évaluation des risques liés au forage. Il convient de souligner que l'approche, les modèles et les méthodes utilisés dans les rapports sont identiques. Par conséquent, l'examen est en grande partie identique pour les deux rapports. **Les commentaires généraux et particuliers ci-dessous s'appliquent donc aux deux rapports, sauf indication contraire.** De plus, des commentaires particuliers sur chaque rapport sont également présentés.

Commentaires généraux

Les deux évaluations des risques ont permis d'analyser les simulations des rejets de forage réalisées avec le logiciel MUDMAP de RPS (Spaulding et coll., 1994). Ce modèle sert à prédire le transport, la dispersion et le dépôt des solides et des eaux de forage issus des activités extracôtières. Bien que le modèle semble convenir aux fins visées, il ne permet pas d'analyses stochastiques et de sensibilité. Ces études de sensibilité devraient inclure des paramètres comme la distribution granulométrique des particules, les coefficients de mélange, la fréquence de sortie du modèle et les conditions environnementales (courants, densité de l'eau, etc.). Le modèle et le forage n'ont pas été validés et les résultats se fondent sur une seule analyse utilisant les courants de 2012 (une au printemps et une l'autre à l'été) du modèle de circulation océanique à coordonnée hybride HYCOM. Des questions demeurent sans réponse, notamment une indication claire de la résolution verticale du modèle HYCOM et s'il saisit adéquatement la structure verticale dans les champs courants/densité.

Il est difficile d'évaluer la durée totale des simulations et si elles sont suffisamment longues pour estimer l'accumulation sur le plancher océanique. Il faut des données plus précises pour mieux comprendre les résultats présentés dans les deux rapports. Dans les documents de BHP Canada et de Chevron Canada, il est indiqué que « *il a fallu plusieurs jours pour que toutes les particules se déposent sur le fond marin* ». On estime devoir compter 200 jours pour que les particules fines rejetées à la surface se déposent 500 m plus bas, à raison de 2,37 m/jour. Comme cette valeur correspond aux sites déclarés les moins profonds, la période des simulations doit être prolongée pour les endroits plus profonds. Pour un rejet à 20 m du plancher océanique, il faudrait tout de même compter huit jours pour le dépôt des particules. Des renseignements supplémentaires sont requis sur le devenir de ces particules. Se dispersent-elles à l'extérieur du domaine d'intérêt? Dans l'affirmative, où se déposent-elles et où s'accumulent-elles? Quel volume de dispersion est représenté au tableau 3-1 et comment se compare-t-il au volume rejeté? Les hypothèses formulées sur le devenir des particules doivent être clairement énoncées dans les rapports. Cette lacune est considérée comme étant importante dans la présente étude.

Les deux rapports indiquent que sept années sont analysées; toutefois, l'information présentée révèle que seule l'année 2012 a été utilisée dans la modélisation. Une comparaison est faite avec la période 2006-2012, sans analyse de la période entière de sept ans. L'utilisation d'une seule année dans l'analyse ne donne pas l'assurance que les résultats sont représentatifs. Les observations montrent que la force du courant du Labrador peut varier de plus de 15 % sur une base interannuelle à décennale (p. ex. Cyr *et al.*, 2020). Au lieu de choisir une année donnée, il est préférable d'utiliser une approche « d'ensemble » qui tient compte de chaque année et de calculer des statistiques sur l'épaisseur/l'étendue moyenne de l'aire de sédimentation. Cette approche donnerait beaucoup plus d'assurance que les résultats sont représentatifs.

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Les résultats de cette étude dépendent d'un modèle HYCOM de réanalyse de la circulation océanique mondiale à 1/12 de degré. Les rapports ne parlent pas de l'exactitude de ce modèle pour la région d'étude. Des affirmations comme « *les données utilisées sont suffisantes pour ce type de modélisation* » [traduction libre] sont faites sans référence ni justification à l'appui. A-t-on évalué l'exactitude de ce modèle pour la région? « Le modèle *HYCOM utilise les projections de Mercator entre 78°S et 47°N et une parcelle bipolaire pour les régions au nord du 47°N afin d'éviter les problèmes de calcul associés à la convergence des méridiens au pôle* » (extrait du manuel HYCOM, cité dans les rapports). [traduction libre] Les simulations se situent tout juste au nord du 47°N. Cette correction ou ce regroupement de quadrillages ont-ils une incidence sur la qualité du forçage des courants à cette latitude? Veuillez indiquer ce qui a présidé au choix de ce modèle plutôt que des autres produits de réanalyse disponibles (p. ex. modèle de réanalyse mondial à 1/12 de degré 1993-2018 du CMEMS).

Les zones touchées par le forage et les échelles de longueur spatiale sont inférieures à 2 km environ alors que la résolution du modèle HYCOM est d'environ 7 km. On suppose que le modèle MUDMAP possède une résolution nettement plus fine que 7 km et il est important de le mentionner dans le rapport. Il faut fournir plus de détails sur le modèle MUDMAP, y compris les paramètres de résolution.

Le choix d'un horaire de sortie quotidien pour le courant n'est pas justifié. Il est recommandé d'utiliser une fréquence de sortie plus élevée dans les simulations du devenir des particules les erreurs s'accumulant avec le temps, en particulier dans des régions comme la zone couverte par le projet, caractérisée par des mouvements (p. ex. vents, marées, oscillations inertielles) de fréquence élevée. Les deux rapports indiquent que la région possède « *des systèmes frontaux et des contre-courants extrêmement dynamiques et variables* » et que les vents génèrent « *environ 10 % de la variabilité des courants* ». [traduction libre] Une fréquence quotidienne pourrait être justifiée par une étude de sensibilité comparant les résultats entre les sorties sur une base horaire et quotidienne.

À plusieurs endroits dans les deux rapports, il est mentionné que les simulations MUDMAP utilisent les conditions environnementales du modèle océanique qui inclut les courants et la densité, mais seuls les courants font l'objet d'une discussion détaillée. La densité de la colonne d'eau change tout au long de l'année. Par conséquent, des énoncés comme « *les résultats prévus s'appliquent à l'extérieur de cette fenêtre* » [traduction libre] ne sont pas valides. Une analyse détaillée de la structure de densité du modèle océanique est nécessaire pour étayer cette affirmation. De plus, les vitesses de sédimentation ont été tirées d'une étude réalisée dans le golfe du Mexique, qui présente une stratification de la densité très différente de celle de la zone couverte par le projet. Ces vitesses de sédimentation s'appliquent-elles aux zones couvertes par le projet? Il faut une justification plus détaillée.

Les deux documents indiquent que « *Les rejets modélisés dans cette étude peuvent être considérés comme représentatifs des autres rejets potentiels dans la zone couverte par le projet* ». [traduction libre] Cet énoncé n'est pas fondé, car les évaluations des deux projets donnent des résultats différents avec une approche similaire et concernent la même zone couverte par le projet. Ces énoncés devraient être quantifiés et fondés sur les résultats des études.

Dans l'ensemble, les paramètres de mélange posent des problèmes importants. La détermination des paramètres de mélange est sans doute l'une des plus grandes sources d'incertitude en modélisation numérique. Les chiffres fournis ici sont K_h (axe horizontal) = 2,0 m²/s et K_z (axe vertical) = 10⁻³ m²/s. Le rapport affirme que ces valeurs se fondent sur « *le jugement professionnel et l'expérience antérieure* » et qu'elles « *représentent*

les conditions typiques du milieu hauturier ». [traduction libre] Ces énoncés posent plusieurs problèmes.

- Tout d'abord, ces jugements devraient s'appuyer sur une documentation revue par les pairs.
- Deuxièmement, le coefficient de diffusion horizontale (K_h), un paramètre utilisé pour paramétrer les processus horizontaux se produisant à une échelle plus petite que la résolution du modèle (p. ex. contre-courants, tourbillons, fronts, etc.), dépend fortement du quadrillage du modèle et de sa résolution d'entrée. Pourtant, les rapports ne contiennent pas d'information sur la résolution du modèle (quadrillage, pas de temps). Par exemple, une étude de Bourgault *et al.* (2014) indique que, dans la mesure du possible, les courants horaires combinés à la diffusion turbulente basée sur le gradient (p. ex. modèles de type Smagorinsky) devraient être utilisés dans les zones très dynamiques pour modéliser la dispersion des traceurs. Lorsque cela n'est pas possible (p. ex. avec l'usage de moyennes de courants), les auteurs ont constaté qu'un coefficient K_h d'environ $10^2 \text{ m}^2/\text{s}$ concordait mieux avec leurs observations. Cette dernière valeur est supérieure de deux ordres de grandeur à celle utilisée dans l'étude; il faut donc clarifier l'approche actuelle.
- Troisièmement, l'énoncé indiquant que la valeur K_z utilisée représente « un milieu marin profond » est invalide. [traduction libre] Il existe beaucoup d'ouvrages indiquant que la valeur K_z utilisée ici est probablement d'un à deux ordres de grandeur supérieure aux mesures faites dans l'océan profond (environ $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ avant 1 000 m et environ $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ après) (voir par exemple Waterhouse *et al.*, 2014). Quelles sont les conséquences de cette surestimation?
- Enfin, compte tenu des incertitudes associées à ces paramètres, une analyse de sensibilité **doit** être effectuée afin de déterminer leur incidence sur les résultats (p. ex. comment la modification d'un paramètre par un ordre de grandeur influencerait sur la zone touchée par une couche d'une certaine épaisseur, etc.). Ce dernier élément est essentiel pour générer divers scénarios réalistes et assurer la confiance dans le modèle.

Enfin, les rapports sont difficiles à analyser parce qu'il est impossible de retracer du texte dans le fichier électronique présenté (.pdf) et de copier-coller du texte. En outre, certaines abréviations ne sont pas définies (WBM, PSD), ce qui rend le texte difficile à comprendre par le lecteur peu familier. Veuillez dresser la liste complète des abréviations utilisées dans les documents et de leur signification.

Commentaires particuliers sur les deux rapports

Distribution granulométrique des particules pour les simulations (Chevron – tableau 2.4; BHP – tableau 2.3) : Comment ces valeurs sont-elles obtenues? Une distribution unique est utilisée au lieu de diverses possibilités, ce qui ne convient pas. Une analyse de sensibilité devrait être effectuée, une démarche de grande importance lorsqu'il est mentionné par la suite que « *La mesure dans laquelle les fluides et déblais de forage rejetés s'accumulent sur le fond marin est essentiellement régie par les vitesses de sédimentation des particules, lesquelles sont fonction de la taille et de la densité...* ». [traduction libre]

Section 1.2 des deux rapports : La description du courant du Labrador est incomplète. La figure 1-2 ne reflète pas les courants observés. Wang *et al.* (2015) décrivent le système de courant dans la région comme suit : « *Les principaux mouvements sur le plateau de Terre-Neuve sont le courant du Labrador côtier (CLC) descendant, qui longe la côte, le courant du Labrador extracôtier (CLE), qui suit le rebord continental, et les écoulements qui empruntent*

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

fosses et canyons en direction de la mer ». [traduction libre] Vous trouverez plus de détails sur ces courants dans Wang *et al.* (2015).

De plus, le CLE et le courant de l'Atlantique-Nord charrient des masses d'eau d'origines différentes. Le CLE transporte la masse d'eau de débordement du détroit du Danemark (DSOW, Denmark Strait Overflow Water), la masse d'eau de la mer du Labrador (EML) et la masse d'eau de débordement de la ride Islande–Ecosse (ISOW, Iceland Scotland Overflow Water), du nord jusqu'à la région du bonnet Flamand, tandis que le courant de l'Atlantique-Nord charrie les masses d'eau chaude et saline du Gulf Stream venues du sud.

Les statistiques sur les vitesses de modèle sont présentées aux figures 1-6, 1-7 et 1-8 et indiquent la moyenne et le 95^e centile. Il semble que le 5^e centile soit plus pertinent pour cette étude parce que des courants plus lents se traduiraient par une plus forte sédimentation dans la zone couverte par l'étude.

Figure 1-2 des deux rapports : Cette figure représente principalement les courants de surface. Les courants profonds, particulièrement dans la région du bonnet Flamand, sont différents de ceux de surface. La flèche direction est-nord vers le sud-est du bonnet Flamand n'est pas correcte; il faudrait inclure le courant cyclonique autour du bonnet Flamand et la faire tourner en direction est vers cet endroit. La figure 1 dans Wang *et al.* (2015) représente bien le système du courant du Labrador.

Figure 1-3 des deux rapports : Les deux documents indiquent que « *Les rejets modélisés dans cette étude peuvent être considérés comme représentatifs des autres rejets potentiels dans la zone couverte par le projet étant donné que les profondeurs des sites (500 à 1 500 m) sont semblables à celles d'autres sites potentiels dans la zone couverte par l'étude* », [traduction libre] mais la figure indique le contraire. Il serait utile de bien délimiter la zone couverte par le projet sur la carte. En outre, une indication de la superficie de cette zone permettrait de déterminer dans quelle mesure le modèle HYCOM saisit bien la zone couverte par le projet.

Section 2.1 des deux rapports : L'affirmation : « *Le modèle MUDMAP ne tient pas compte de la remise en suspension et du transport des solides précédemment rejetés; par conséquent, il fournit une estimation prudente des dépôts de fond potentiels.* » [traduction libre] L'emploi du mot « prudent » n'est pas fondé ici. L'estimation pourrait être prudente en ce qui concerne la quantité totale déposée, car on peut supposer que la remise en suspension pourrait favoriser le transport de plus fortes quantités de sédiments à l'extérieur du domaine. Toutefois, les processus près du fond peuvent aussi favoriser un remaniement sédimentaire et modifier la couche d'épaisseur maximale ou la surface maximale touchée, formant comme des dunes sur le fond. En d'autres termes, le modèle n'est pas en mesure de représenter l'empilement des matériaux et la modification possible de l'épaisseur des dépôts.

Section 2.3 des deux rapports : « *Les tendances des courants pour les deux périodes modélisées de 2012 étaient conformes à la tendance générale observée sur sept ans et ont donc été jugées convenir à toute la période de modélisation* ». [traduction libre] Comment en est-on venu à cette décision? Pourquoi cette analyse n'est-elle pas présentée dans la section 1.2?

Section 2.4 des deux rapports : Les documents indiquent que « *Compte tenu de l'absence de données d'échantillonnage locales, une distribution granulométrique représentative fondée sur les valeurs publiées par Brandsma et Smith (1999)* ». [traduction libre] Le document de Brandsma et Smith (1999) ne figure pas dans la liste des références. Cette référence semble être un rapport industriel inaccessible d'Exxon. Comment ces données sont-elles

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

représentatives de la région de la passe Flamande? De plus, la vitesse de sédimentation dépend de la densité de l'eau, qui varie d'une région à l'autre en fonction de la profondeur. Une analyse de sensibilité est nécessaire pour s'assurer que les vitesses de référence d'une autre région du monde sont représentatives.

Chevron – Tableaux 2-4 et 2-5; BHP – Tableaux 2.3 et 2.4 : Un tableau compte six classes granulométriques, tandis que l'autre en compte dix, ce qui crée de la confusion et devrait être corrigé ou clarifié.

Section 2.5.1 – Effet de la sédimentation et seuils : La référence à Cordes *et al.* (2016) devrait être incluse en plus de celle d'Ellis *et al.*, 2012.

Commentaires sur le rapport de Chevron Canada Limited

Page 5 : Le segment « *épaisseur maximale de 2.38 km²* » [traduction libre] est-il dans les bonnes unités? Ne faudrait-il pas plutôt employer les mm?

Section 1.1, paragraphe 1 : Ligne 5 – Le mot « Profondeur » devrait être remplacé par « profondeurs de » [traduction libre].

Ligne 8 : Il faut ajouter l'unité « m » après 400-2,500.

Ligne 9 : Il y aurait lieu de reformuler la phrase pour en clarifier le sens.

Section 3.1, paragraphe 1 : Le segment « *Based off the depth at ...* » doit se lire « Based on the depth at ... » [erreur typographique on anglais].

Figure 3-1 et figure 3-2 : À la section 1.2, il a été démontré que les courants présentent un manque général de saisonnalité du moins au site 1, comme l'illustre la figure 1-4. Toutefois, la figure 3-1 montre clairement que l'existence d'une saisonnalité a une incidence sur le dépôt des boues et des déblais de forage rejetés. Il est difficile de comprendre comment les courants estivaux et printaniers peuvent engendrer de telles différences importantes. La partie supérieure des figures 3-1 et 3-2 indique que les courants sont très faibles l'été. Le bas des figures 3-1 et 3-2 décrit bien les courants de la région. Le promoteur devrait réexaminer les simulations.

Section 4 – Conclusion : « *Bien que la modélisation de la dispersion a ciblé la période de forage la plus probable pour le projet (juillet-août), ainsi qu'une autre campagne (octobre à novembre) choisie en raison de ses différences par rapport à la campagne cible, les résultats prévus peuvent s'appliquer à l'extérieur de cet intervalle de temps* ». [traduction libre] Comme la différence entre le printemps et l'été est déjà significative, est-il juste de dire que les résultats s'appliqueraient à d'autres périodes sans évaluation?

Commentaires sur le rapport de BHP Canada

Section 4 – Conclusion : « *La modélisation de la dispersion a ciblé la période de forage la plus probable pour le projet (juillet-août), ainsi qu'une autre campagne (octobre à novembre) choisie en raison de ses différences par rapport à la campagne cible pour que les résultats prévus puissent s'appliquer à l'extérieur de cet intervalle de temps* ». [traduction libre] À l'instar du rapport de Chevron, il n'est pas juste de dire que les résultats s'appliquent à d'autres périodes sans évaluation. De plus, la « différence par rapport à la campagne cible » n'a pas été évaluée.

Conclusions générales

Les deux rapports prévoient un seuil de concentration sans effet de 6,5 mm (Smit *et al.*, 2008). Toutefois, aucun des scénarios présentés ne dépassait les seuils. Étant donné que ce seuil

d'absence d'effet semble important et n'a pas été dépassé dans l'étude de ces scénarios, il convient de rappeler certaines hypothèses ayant mené à ce résultat :

1. La distribution granulométrique des déblais de forage est inconnue (selon la section 2.4). On a choisi d'utiliser une distribution unique (plutôt que diverses possibilités), voir le tableau 2.4. Le recours à cette distribution n'a pas été justifié. Cette distribution contient une grande fraction (60-70 % de particules fines de limon/argile) qui ne sédimente probablement jamais dans le modèle et ne contribue donc pas à l'accumulation étudiée. Il est suggéré d'étudier d'autres scénarios avec différentes distributions représentant diverses possibilités.
2. Les coefficients de diffusion verticale utilisés dans le modèle (K_z mentionné ci-dessus) sont peut-être d'un à deux ordres de grandeur supérieurs à ce qui est mesuré en eau profonde. En termes numériques, cela a pour effet de maintenir les particules dans la colonne d'eau et de ralentir leur sédimentation. L'emploi d'un paramètre plus approprié pourrait augmenter la sédimentation.
3. La floculation et l'agglomération des particules fines ne sont pas prises en compte dans le modèle. Bien qu'il soit difficile à modéliser, on sait que ce processus augmente les vitesses de sédimentation des particules (par formation de plus gros agrégats). Si ce processus était pris en compte, on observerait une plus forte sédimentation.
4. Une seule analyse a été effectuée par saison en utilisant les courants de 2012 seulement (des courants qui *n'ont pas été validés* par des observations). Comment savoir qu'il ne s'agit pas seulement d'une coïncidence et que l'utilisation des courants d'une autre année modifierait la distribution? Il est recommandé de procéder à une analyse stochastique (par reprise des mêmes scénarios sous diverses conditions).
5. Dans le rapport de Chevron, les boues sont rejetées à 20 m du plancher océanique et à 5 m sous la surface de la mer, mais dans celui de BHP, elles le sont à 5 m du plancher océanique et à 10 m sous la surface de la mer. Cette différence est-elle liée à des formes différentes de puits/foreuse ou s'agit-il d'un choix arbitraire? Quelle est la sensibilité des résultats par rapport à ces choix? Il faut expliquer pourquoi les points de rejet se situent à des profondeurs différentes.

Il importe de procéder à des analyses de sensibilité et à une validation rigoureuses dans toute étude comme celles présentées dans les deux rapports. En outre, les hypothèses doivent être clairement formulées et étayées par une documentation scientifique. Les rapports étaient déficients à cet égard et doivent être revus pour s'assurer que le processus décisionnel s'appuie sur la meilleure information disponible.

Collaborateurs

Nom	Organisation
Frédéric Cyr	MPO – Secteur des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador
Nancy Soontiens	MPO – Secteur des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador
Zeliang Wang	MPO – Sciences (région des Maritimes)
Sara Lewis	MPO – Secteur des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador
Nadine Wells	MPO – Secteur des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador
Kimberly Keats	MPO – Gestion des écosystèmes (région de Terre-Neuve-et-Labrador)

Approuvé par

Jackie Janes
Directrice régionale des Sciences - Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
Le 12 mai 2020

Sources de renseignements

- Bourgault, D., Cyr, F., Dumont, D., and A. Carter. 2014. Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the Old Harry prospect. *Environmental Research Letters*, 9(5), 054001.
- Cordes, E.E., Jones, D.O.B., Schlacher, T.A., Amon, D.J., Bernardino, A.F., Brooke, S., Carney, R., DeLeo, D.M., Dunlop, K.M., Escobar-Briones, E., Gates, A.R., Génio, L., Gobin, J., Henry, L-A., Herrera, S., Hoyt, S., Joye, M., Kark, S., Mestre, N.C., Metaxas, A., Pfeier, S., Sink, K., Sweetman, A.K., and U. Whitte. 2016. [Environmental Impacts of the Deep-Water Oil and Gas Industry: A Review to Guide Management Strategies](#). *Front. Environ. Sci.* 4:58.
- Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., and D. Senciall. 2020. [Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2018](#). DFO Can.Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/018. iv + 48 p.
- Spaulding, M.L., Isaji, T., and E. Howlett. 1994. MUDMAP: A model to predict the transport and dispersion of drill muds and production water. Applied Science Associates, Inc, Narragansett, RI.
- Waterhouse, A.F., MacKinnon, J.A., Nash, J.D., Alford, M.H., Kunze, E., Simmons, H.L., Polzin, K.L., St. Laurent, L.C., Sun, O.M., Pinkel, R., Talley, L.D., Whalen, C.B., Huussen, T.N., Carter, G.S., Fer, I., Waterman, S., Garabato, A.C.N., Sanford, T.B., and C.M. Lee. 2014. [Global patterns of Diapycnal Mixing from Measurements of the Turbulent Dissipation Rate](#). *Journal of Physical Oceanography*, 44(7), 1854-1872.
- Wang, Z., I. Yashayaev, and B. Greenan. 2015. Seasonality of the inshore Labrador current over the Newfoundland shelf, *Continental Shelf Research*, 100:1-10.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's, NL A1C 5X1

Téléphone : 709-772-8892

Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2020. Examen des évaluations des risques liés aux rejets de forage des projets d'exploration proposés par BHP Canada (région du bassin Orphan) et Chevron Canada Limited (passe Flamande Ouest). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/036.

Also available in English:

DFO. 2020. Review of Drill Release Risk Assessments for Exploration Drilling Projects proposed by BHP Canada (Orphan Basin Region) and Chevron Canada Limited (West Flemish Pass). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2020/036.