



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2020/041

Région de la capitale nationale

Examen de l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin de 2008

Valerie D. Moulton¹, Andre d'Entremont² et John R. Christian¹

¹ LGL LIMITED environmental research associates
C. P. 13248, Station A 388, route Kenmount
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1B 4A5

² LGL LIMITED environmental research associates
C .P. 205, 8477, Autoroute 3
Mahone Bay (Nouvelle-Écosse) B0J 2E0

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Moulton, V.D., A. d'Entremont et J.R. Christian. 2020. Examen de l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin de 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/041. x + 123 p.

Also available in English :

Moulton, V.D., A. d'Entremont and J.R. Christian. 2020. Review of the Statement of Canadian Practice with Respect to the Mitigation of Seismic Sound in the Marine Environment. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/041. xi + 109 p.

TABLE DES MATIÈRES

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	viii
RÉSUMÉ	x
1.0 INTRODUCTION.....	1
1.1 CONTEXTE.....	1
1.2 OBJECTIFS	1
1.3 APPROCHE.....	2
2.0 APERÇU DE L'ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMQUES EN MILIEU MARIN	2
2.1 APERÇU DE LA RÉGLEMENTATION	3
2.1.1 Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers.....	3
2.1.2 Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers	3
2.1.3 Office national de l'énergie	4
2.2 APERÇU DE L'ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMQUES EN MILIEU MARIN.....	5
2.2.1 Planification des levés sismiques	5
2.2.2 Mesures d'atténuation et surveillance opérationnelles	6
2.2.3 Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées.....	7
3.0 AVIS SCIENTIFIQUES ET LIGNES DIRECTRICES ET APPROCHES COMPLÉMENTAIRES UTILISÉS AU CANADA.....	7
3.1 DOCUMENTS ANTÉRIEURS DU SCCS RELATIFS AUX LEVÉS SISMQUES	8
3.1.1 Efficacité de l'EPC – Recommandations de l'avis scientifique du MPO (MPO 2010b) 9	
3.1.2 Espèces cétacées en péril – Recommandations tirées du document de recherche du MPO (Moors-Murphy et Theriault 2017)	10
3.2 LIGNES DIRECTRICES ET APPROCHES COMPLÉMENTAIRES UTILISÉES AU CANADA.....	11
3.2.1 Zone extracôtère de Terre-Neuve-et-Labrador	12
3.2.2 Zone extracôtère de la Nouvelle-Écosse	13
3.2.3 Partie canadienne de la mer de Beaufort.....	14
4.0 EXAMEN DES PRINCIPALES CONCLUSIONS SCIENTIFIQUES DEPUIS 2004	21
4.1 MAMMIFÈRES MARINS	21
4.1.1 Déficience auditive et effets physiques.....	21
4.1.2 Réponses comportementales	24
4.1.3 Le masquage.....	28
4.1.4 Autres effets physiques	31
4.1.5 Mortalité et échouages	31
4.2 TORTUES MARINES.....	32
4.3 POISSONS ET INVERTÉBRÉS.....	34
4.3.1 Études applicables aux invertébrés et aux poissons marins	34
4.3.2 Études sur les invertébrés marins.....	35
4.3.3 Études sur les poissons marins	37
4.4 TECHNOLOGIE DE DÉTECTION.....	41

5.0 PRATIQUES ET LIGNES DIRECTRICES INTERNATIONALES	42
5.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	43
5.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	43
5.3 ARRÊT DE LA OU DES GRAPPES DE BULLEURS	44
5.4 CHANGEMENTS DE LIGNE ET ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	45
5.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	46
5.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	46
6.0 EXAMEN ET ANALYSE DE L'EPC	56
6.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	56
6.1.1 Article 3 a) à c) : Caractéristiques d'une grappe de bulleurs	56
6.1.2 Article 4 : Éviter les effets néfastes notables	57
6.1.3 Article 5 : Évitement des zones et des périodes clés	57
6.1.4 Autres méthodes de planification	58
6.2 MESURES D'ATTÉNUATION ET SURVEILLANCE OPÉRATIONNELLES	58
6.2.1 Zone de sécurité et activation des bulleurs	58
6.2.2 Arrêt de la grappe ou des grappes de bulleurs	61
6.2.3 Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien	61
6.2.4 Levés en situation de visibilité réduite	62
6.2.5 Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées	63
6.3 OPÉRATIONS DANS LES EAUX COUVERTES DE GLACE ET À PROXIMITÉ DE CELLES-CI	64
6.4 AUTRES	64
7.0 CONCLUSION	65
RÉFÉRENCES CITÉES	65
ANNEXE A : ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMIQUES EN MILIEU MARIN CONTEXTE	85
DÉFINITIONS	85
APPLICATION	86
PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	86
Mesures d'atténuation	86
ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	87
Mesures d'atténuation	87
ARRÊT DE LA OU DES GRAPPES DE BULLEURS	87
Mesures d'atténuation	87
INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	88
Mesures d'atténuation	88
LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	88
Mesures d'atténuation	88
MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	89
Mesures d'atténuation	89

ANNEXE B : DES DOCUMENTS DU SCCS ET DES DOCUMENTS CONNEXES FOURNIS PAR LE MPO	90
ANNEXE C : PRATIQUES ET LIGNES DIRECTRICES INTERNATIONALES	94
1.0 INTRODUCTION.....	94
2.0 ÉTATS-UNIS.....	94
2.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	94
2.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	95
2.3 ARRÊT DES BULLEURS	96
2.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	96
2.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	97
2.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	97
3.0 ROYAUME-UNI.....	99
3.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	99
3.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	100
3.3 ARRÊT DES BULLEURS	101
3.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	101
3.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	103
3.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	103
4.0 AUSTRALIE	104
4.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	104
4.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	105
4.3 ARRÊT DES BULLEURS	106
4.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	106
4.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	106
4.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	107
5.0 NOUVELLE-ZÉLANDE	108
5.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	109
5.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	109
5.3 ARRÊT DES BULLEURS	111
5.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	111
5.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	111
5.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	112
6.0 BRÉSIL	113
6.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	114
6.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	114
6.3 ARRÊT DES BULLEURS	114
6.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	115
6.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	115
6.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	116
7.0 GROENLAND	116
7.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES	117
7.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS	117

7.3 ARRÊT DES BULLEURS	118
7.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN	118
7.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE	119
7.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES	119
8.0 NORVÈGE	120
8.1 ATTÉNUER LES EFFETS POTENTIELS SUR LE POISSON	120
8.2 ATTÉNUER LES EFFETS POTENTIELS SUR LA PÊCHE	120
9.0 RÉFÉRENCES.....	122

LISTE OF FIGURES

Figure 1. Exemple d'aires de rassemblement et d'alimentation de la baleine boréale en 2007, selon les relevés aériens effectués par le MPO les 22 et 23 août 2007 (LGL Limited 2008b). Les lignes grises représentent les lignes de levés sismiques prévus par GXT..... 17

LISTE OF TABLES

Tableau 1. Sommaire des pratiques d'atténuation et de surveillance au Canada qui s ou sont plus précises que les exigences minimales de l'EPC ou qui sont plus précises que ces dernières.....	17
Tableau 2. Le déplacement permanent de seuil pour divers groupes auditifs des mammifères marins (NMFS 2016, 2018) ^a . Les déplacements temporaires de seuil correspondants sont également indiqués.....	23
Tableau 3. Résumé des exigences en matière d'atténuation et de surveillance pour les levés sismiques dans certaines administrations internationales.	48
Tableau 4. Rayons de la zone d'exclusion et de la zone de sécurité pour le programme sismique Hilcorp.....	99

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

~	environ
µPa	micropascal
BACI	Avant, Après – Contrôle, Impact
BOEM	Bureau of Ocean Energy Management
BP	British Petroleum
BRAHSS	Behavioral Response of Australian Humpback Whales to Seismic Surveys
CERE	Comité d'étude des répercussions environnementales
CMCN	Comité mixte pour la conservation de la nature
cum	cumulatif
dB	décibel
dBnps	niveau de pression acoustique
DEWHA	Australian Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts
DOC	New Zealand Department of Conservation
EPC	Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin
GXT	GX Technology
Hz	hertz
IBAMA	Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles
Int.	Intensification
IR	infrarouge
km	kilomètre
kt	nœud
LCEE	<i>Loi canadienne sur l'évaluation environnementale</i>
L-DEO	observatoire terrestre Lamont-Doherty
LEP	<i>Loi sur les espèces en péril</i>
m	mètre
min	minute
MPO	Pêches et Océans Canada
NMFS	National Marine Fisheries Service
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOPSEMA	The Australian National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority
NPD	Norwegian Petroleum Directorate
OCTNLHE	Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers

OCNEHE	Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers
ONE	Office national de l'énergie
OMM	Observateur des mammifères marins
OMMOM	Observateur des mammifères marins et des oiseaux de mer
PRM	point de rapprochement maximal
PSV	profilage sismique vertical
PTS	déplacement permanent de seuil
RADAR	détection et télémétrie par radioélectricité
rms	valeur efficace
s	seconde
SAP	surveillance acoustique passive
SCCS	Secrétariat canadien de consultation scientifique
SEL	niveau d'exposition au bruit
T.-N.-L.	Terre-Neuve-et-Labrador
TTS	déplacement temporaire de seuil
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources
VM	vibrateur marin
VSS	vérification de la source sonore

RÉSUMÉ

En 2008, Pêches et Océans Canada (MPO) a publié l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin (EPC). Les organismes gouvernementaux responsables de la réglementation de l'exploration géophysique à l'aide de sources sismiques (communément appelées « bulleurs » ou « canon à air ») au Canada exigent maintenant la mise en œuvre de l'EPC. L'EPC est en grande partie basé sur le rapport examiné par les pairs, intitulé « Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des ondes sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins » de 2004 ainsi que sur une évaluation d'experts techniques au sujet des meilleures techniques reconnues internationalement pour atténuer les impacts des ondes causées par les levés sismiques en milieu marin connus à cette époque.

L'objectif du présent document est de fournir un aperçu de la documentation et une analyse des données scientifiques récentes (depuis le rapport examiné par les pairs de 2004), des processus connexes du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), des pratiques régionales canadiennes d'atténuation et de surveillance et des lignes directrices et protocoles internationaux pertinents afin de déterminer si l'EPC de 2008 nécessite des mises à jour pour protéger les espèces marines. Après analyse de ces renseignements, nous avons formulé 29 recommandations de modifications à l'EPC de 2008, qui portaient sur tous les articles de celui-ci. Ces recommandations et les raisons qui les sous-tendent ont fait l'objet de discussions lors d'une réunion du SCCS tenue à Halifax (Nouvelle-Écosse) du 28 au 30 mai 2019 et sont incluses en annexe d'un avis scientifique du MPO (MPO 2020).

1.0 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Les effets des ondes sonores en milieu sous-marin sur la faune marine, en particulier les effets des bulleurs (souvent appelés « canon à air ») employés comme sources sismiques sur les mammifères marins, ont suscité un intérêt accru ces dernières décennies. En 2008, Pêches et Océans Canada a publié l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin (MPO de 2008 à l'annexe A). L'EPC a été conçu par les autorités fédérales, provinciales et mixtes responsables de la réglementation et de la gestion des levés sismiques marins au Canada. L'EPC précise les exigences d'atténuation et de surveillance destinées à réduire au minimum l'incidence des sources sismiques sur la faune marine. L'EPC est en grande partie basé sur l'avis examiné par les pairs, intitulé « Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des ondes sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins » de 2004 (MPO 2004) et sur une évaluation réalisée par des experts techniques (y compris l'industrie) concernant les meilleures techniques reconnues internationalement pour atténuer les impacts des ondes causées par les levés sismiques en milieu marin. Depuis la publication de l'EPC, en 2008, de nouveaux documents scientifiques liés aux ondes sismiques ont été publiés, ce qui, dans certaines régions, a entraîné des changements dans les exigences en matière de surveillance et d'atténuation. Il est donc important d'examiner et d'analyser les nouvelles données scientifiques, les lignes directrices et les protocoles afin de déterminer si les mesures d'atténuation actuelles prévues à l'EPC sont adéquates, si elles doivent être améliorées ou mises à jour, ou si de nouvelles mesures doivent être ajoutées. Il s'agit de l'objectif général du présent document de recherche (voir la section 1.2 ci-dessous pour les objectifs particuliers).

L'examen et l'analyse qui figurent au présent document de recherche découlent d'un document de travail (Moulton *et al.*, non publié) préparé pour une réunion du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) sur l'EPC (tenue à Halifax, en Nouvelle-Écosse, du 28 au 30 mai 2019). Les commentaires reçus par les scientifiques du MPO et d'autres experts lors de la réunion du SCCS sur le document de travail ont été pris en compte. Le SCCS a déjà produit des rapports sur la capacité de l'EPC à protéger efficacement la faune marine. La réunion du SCCS de 2014 sur l'Examen des mesures d'atténuation et de surveillance dans le cadre des activités de levés sismiques dans l'habitat d'espèces de cétacés en péril et à proximité de celui-ci (MPO 2015) est particulièrement pertinente. Toutefois, comme les réunions du SCCS et les rapports sur l'EPC ont jusqu'à maintenant porté sur des éléments précis ou sur une faune particulière, certains aspects importants (p. ex. les nouveaux protocoles utilisés dans d'autres régions, les mesures d'atténuation complémentaires et proactives prises par les promoteurs) n'ont pas encore été abordés en détail. De plus, malgré les multiples réunions du SCCS qui ont permis de déterminer les éléments qui pourraient être révisés, l'EPC n'a pas encore été officiellement mis à jour. Le présent rapport, qui s'appuie sur le travail effectué lors des réunions précédentes du SCCS et plus particulièrement sur l'examen de 2014, porte sur l'examen de l'EPC dans le but de déterminer les mesures d'atténuation qui pourraient être améliorées, ajoutées ou mises à jour afin d'améliorer la qualité et la mise en œuvre en général des mesures d'atténuation dans un EPC mis à jour.

1.2 OBJECTIFS

Le présent document de recherche vise à fournir un aperçu de la documentation et une analyse des données scientifiques récentes (depuis l'examen du SCCS de 2004) et des lignes directrices et protocoles pertinents pour l'atténuation des effets potentiels des sources

sismiques afin de déterminer si certaines des mesures d'atténuation actuelles de l'EPC doivent être mises à jour ou si de nouvelles mesures devraient être envisagées pour protéger le milieu marin (c.-à-d. les mammifères marins, les tortues marines, les poissons et les invertébrés). Le rapport contient des recommandations sur la façon dont ces nouvelles informations sont ou pourraient être appliquées en fournissant des exemples, lorsque cela est possible, de meilleures techniques reconnues internationalement pour atténuer les impacts des ondes causées par les levés sismiques en milieu marin.

1.3 APPROCHE

Voici les principales étapes de l'approche adoptée dans le cadre de cet examen :

1. Fournir des aperçus de l'EPC et des documents connexes du SCCS;
2. Cerner les différences régionales en matière de surveillance et d'atténuation des levés sismiques au Canada;
3. Présenter les principales conclusions scientifiques relatives aux effets des sources sismiques sur les mammifères marins, les tortues marines, les poissons et les invertébrés depuis 2004;
4. Faire un résumé de certaines mesures internationales d'atténuation et de surveillance des sources sismiques;
5. Effectuer un examen et une analyse comparative de l'EPC en tenant compte des points 1) à 4);
6. Fournir des recommandations pour la mise à jour de l'EPC.

Pour aider le lecteur, nous avons conservé, dans la mesure du possible, les principaux points d'atténuation et de surveillance ainsi que leur séquence, tels qu'ils sont présentés dans l'EPC. Il est important de noter que le présent document ne se veut pas un examen détaillé de la documentation scientifique concernant les effets des ondes de levés sismiques sur la faune marine, mais vise plutôt à mettre en évidence les principales conclusions qui pourraient influencer les décisions relatives à l'EPC.

Il convient de préciser que la portée des travaux se limite aux levés sismiques (2-D, 3-D et 4-D) et n'inclut pas le profilage sismique vertical (PSS), les levés de trous de forage et les levés de géorisques, qui font généralement appel à un plus petit nombre de sources sismiques et à d'autres types d'équipement de levé. D'autres types de technologie de levés géophysiques, comme une source vidrosismique sur glace (p. ex. LGL Limited 2008a), ne sont pas non plus inclus. De même, la portée des travaux ne comprend pas les pratiques d'atténuation et de surveillance des effets potentiels des levés sismiques sur les pêches commerciales.

Au total, 29 recommandations ont été formulées en vue d'apporter des changements à l'EPC. Ces recommandations ont été incluses dans le document de travail préparé pour la réunion du SCCS et sont fournies en annexe des avis scientifiques du MPO (MPO xxxx).

2.0 APERÇU DE L'ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMQUES EN MILIEU MARIN

Au Canada, trois principales zones extracôtières ont été régulièrement explorées au cours des dernières années pour trouver des débouchés dans le secteur pétrolier et gazier au moyen de levés sismiques : les zones extracôtières de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), les zones extracôtières de la Nouvelle-Écosse et la partie canadienne de la mer de Beaufort. Avant la publication de l'EPC, chacune de ces trois régions canadiennes avait mis en œuvre les

pratiques d'atténuation et de surveillance déterminées au cours des processus d'évaluation environnementale. Depuis la publication de l'EPC, en 2008, chaque région a au minimum adapté les exigences de l'EPC (voir la section 2.2 pour un résumé) par l'entremise de différents organismes de réglementation et processus régionaux d'obtention de permis (voir la section 2.1). De même, il existe des disparités régionales dans la façon dont l'EPC a été mis en œuvre et dans les pratiques d'atténuation et de surveillance qui ont dépassé les exigences minimales de l'EPC (voir la section 3.2).

2.1 APERÇU DE LA RÉGLEMENTATION

À l'heure actuelle, l'EPC s'applique à tous les levés sismiques qui utilisent une grappe de bulleurs dans les eaux marines canadiennes (voir le point n° 1 de l'EPC). Il ne s'applique pas aux eaux marines et aux lacs recouverts de glace ni aux parties non estuariennes des rivières (point n° 2 de l'EPC).

Il existe au Canada trois principaux organismes de réglementation qui réglementent les levés sismiques effectués pour l'exploration pétrolière et gazière et qui administrent l'EPC : Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTNLHE), Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers (OCNEHE) et Office national de l'énergie (ONE). Les trois organismes exigent la mise en œuvre et le respect de l'EPC. Pour les levés sismiques effectués à d'autres fins (p. ex. cartographie hydroacoustique par un organisme gouvernemental, recherche universitaire d'événements de glaciation), le MPO applique ou exige l'utilisation de l'EPC (MPO 2007). De plus, le MPO (comme d'autres organismes fédéraux) fournit des conseils scientifiques et de gestion des évaluations environnementales sur les levés sismiques relevant de l'OCTNLHE, de l'OCNEHE et de l'ONE et, dans certains cas, contribue activement à la conception de programmes de surveillance et d'atténuation pour les levés sismiques. Les lois canadiennes pertinentes qui régissent les espèces marines et le son en milieu marin comprennent la *Loi sur les pêches*, la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) et la *Loi sur les océans*.

2.1.1 Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers

L'OCTNLHE réglemente l'industrie pétrolière et gazière des zones extracôtières de T.-N.-L. au nom du gouvernement du Canada et du gouvernement provincial. Une évaluation environnementale est requise avant qu'une autorisation visant un programme géophysique puisse être délivrée et pour permettre à l'OCTNLHE de s'acquitter de ses responsabilités aux termes de l'alinéa 138(1)b) de la *Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada — Terre-Neuve-et-Labrador* et de l'alinéa 134(1)b) de la *Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada — Terre-Neuve-et-Labrador (Lois de mise en œuvre)*. L'OCTNLHE a inclus l'EPC dans ses lignes directrices relatives aux programmes géophysiques, géologiques, environnementaux et géotechniques (2018), indiquant que les exploitants devraient mettre en œuvre les mesures d'atténuation énumérées dans l'EPC. L'autorisation visant le programme géophysique requise pour effectuer des levés sismiques stipule que l'exploitant doit mettre en œuvre ou faire mettre en œuvre les mesures d'atténuation décrites dans toute évaluation environnementale. Plusieurs mesures d'atténuation régulièrement mises en œuvre au large de T.-N.-L. dépassent les exigences minimales énoncées dans l'EPC.

2.1.2 Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers

L'OCNEHE réglemente l'industrie pétrolière et gazière des zones extracôtières de la Nouvelle-Écosse au nom du gouvernement du Canada (Ressources naturelles Canada) et du gouvernement provincial (ministère de l'Énergie et des Mines de la Nouvelle-Écosse). Comme à T.-N.-L., une évaluation environnementale est requise avant qu'une autorisation visant un travail

géophysique puisse être délivrée aux termes de l'alinéa 142(1)b) de la *Loi de mise en œuvre de l'Accord Canada — Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers*. L'OCNEHE reconnaît et exige la mise en œuvre de l'EPC dans le cadre de son processus d'approbation des évaluations environnementales pour s'assurer que les mesures d'atténuation sont mises en œuvre. L'autorisation visant un travail géophysique requise pour effectuer des levés sismiques stipule que l'exploitant doit mettre en œuvre les mesures d'atténuation et les engagements énoncés dans l'évaluation environnementale concernant ses activités géophysiques. Plusieurs mesures d'atténuation régulièrement mises en œuvre au large de la Nouvelle-Écosse dépassent les exigences minimales indiquées dans l'EPC.

2.1.3 Office national de l'énergie

Les activités de levés sismiques sont réglementées par l'ONE en vertu de la *Loi sur les opérations pétrolières au Canada* et du *Règlement sur les études géophysiques liées à la recherche du pétrole et du gaz au Canada* connexe. La compétence réglementaire de l'ONE en matière d'activités pétrolières et gazières s'applique aux zones extracôtières des Territoires du Nord-Ouest, du Nunavut, du Yukon, de la Colombie-Britannique, de la baie de Fundy, de la baie d'Hudson, de la baie James et de certaines parties du golfe du Saint-Laurent. Les entreprises qui proposent de mener des activités sismiques maritimes dans ces zones doivent demander à l'ONE une autorisation pour réaliser des travaux géophysiques. Selon l'ONE, les demandes d'autorisation doivent préciser les mesures d'atténuation et justifier toute modification ou variation apportées à celles figurant dans l'EPC. Ces exigences visent à compléter les processus d'évaluation environnementale existants, y compris ceux définis dans les revendications territoriales réglées comme la Convention définitive des Inuvialuit pour la partie canadienne de la mer de Beaufort.

Partie canadienne de la mer de Beaufort

Le Comité d'étude des répercussions environnementales (CERE) est un comité consultatif chargé d'examiner tous les projets proposés prévus sur les terres ou dans les eaux domaniales de la région désignée des Inuvialuit, laquelle comprend la partie canadienne de la mer de Beaufort. Lorsqu'une présélection a lieu, les responsabilités du CERE sont énoncées au paragraphe 11(17) de la Convention définitive des Inuvialuit. Si le CERE détermine que le projet peut avoir un « impact négatif important », la description du projet (c.-à-d. le document d'évaluation environnementale) sera renvoyée au Bureau d'examen des répercussions environnementales ou à un autre processus équivalent d'examen environnemental en vue d'une évaluation et d'un examen publics conformément à l'article 11(19, 20, 29).

L'ONE est l'autorité gouvernementale compétente pour autoriser le développement au sens de la Convention définitive des Inuvialuit. L'ONE est également tenu d'examiner les répercussions environnementales relevant de sa compétence pour approuver l'aménagement aux termes de la *Loi sur les opérations pétrolières au Canada* et des règlements applicables. La *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* révisée de 2012 (LCEE de 2012) est entrée en vigueur le 6 juillet 2012. Le *Règlement désignant les activités concrètes* énumère les activités physiques qui nécessitent une évaluation environnementale selon la nouvelle *Loi*. Les levés sismiques maritimes ne sont pas inclus dans la liste, de sorte qu'aucune évaluation environnementale n'est actuellement requise aux termes de la LCEE de 2012¹. Avant l'adoption des modifications à la LCEE de 2012, une évaluation environnementale au niveau de l'examen préalable était requise aux termes de la *Loi*.

¹ En août 2019, la LCEE de 2012 a été abrogée et la [Loi sur l'évaluation d'impact](#) est entrée en vigueur.

Le rôle principal de l'ONE depuis l'entrée en vigueur de la LCEE de 2012 consiste en l'examen et en la délivrance de l'autorisation pour mener des travaux géophysiques, y compris la réglementation des aspects du projet liés à la sécurité. De plus, l'ONE² peut soumettre des demandes d'information concernant la description de projet du CERE.

2.2 APERÇU DE L'ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMIQUES EN MILIEU MARIN

L'EPC est divisé en mesures d'atténuation visant la planification et en exigences opérationnelles d'atténuation et de surveillance. Il comprend également des dispositions permettant la mise en œuvre de mesures d'atténuation supplémentaires ou la modification des mesures opérationnelles et de planification existantes si le processus d'évaluation environnementale établit qu'il est nécessaire de le faire.

2.2.1 Planification des levés sismiques

L'EPC décrit les mesures d'atténuation minimales à prendre à l'étape de la planification de levés sismiques (articles 3 à 5 de l'EPC). Bien qu'elles ne soient pas explicitement énoncées dans la cette section de l'EPC, bon nombre des mesures d'atténuation de la planification mises en évidence ci-dessous seraient identifiées dans le cadre du processus d'évaluation environnementale pour des levés sismiques. Cette démarche nécessiterait l'apport du MPO, d'autres organismes de réglementation pertinents et d'intervenants.

- **Caractéristiques d'une grappe de bulleurs** : Les promoteurs des activités sismiques doivent utiliser la quantité minimale d'énergie acoustique, minimiser la propagation horizontale de l'énergie acoustique et minimiser la quantité d'énergie à des fréquences supérieures à celles requises aux fins du levé sismique (article 3).
- **Effets indésirables importants au niveau de la population** : doivent être évités sur toute espèce marine (article 4).
- **Mammifère marin et tortue marine inscrits à l'annexe 1 de la LEP** : indiqués comme étant en voie de disparition ou menacés, ne doivent pas être déplacés pendant la reproduction, l'alimentation et l'allaitement, ni détournés des voies de migration connues (articles 5a, b). De même, il faut éviter les effets néfastes notables sur ces individus (article 4).
- **Groupes de mammifères marins** : ne doivent pas être déplacés pendant la reproduction, l'alimentation et l'allaitement, ni détournés des corridors de migration connus si l'on sait qu'il n'y a pas d'autres zones disponibles ou qu'en utilisant d'autres zones, ces mammifères marins subiraient des effets néfastes notables (articles 5d, e).
- **Agrégation de poissons frayant** : ne doivent pas être dispersés à partir d'une zone de frai connue (article 5c).
- **Agrégation de poissons migrateurs** : ne doivent pas être détournés des voies de migration connues si l'on sait qu'il n'y a pas d'autres voies disponibles ou qu'en utilisant d'autres voies, l'agrégation du poisson entraînerait des effets néfastes notables (article 5e).

² En août 2019, la [Loi sur la Régie canadienne de l'énergie](#) est entrée en vigueur et a remplacé la *Loi sur l'Office national de l'énergie*.

2.2.2 Mesures d'atténuation et surveillance opérationnelles

Zone de sécurité et activation des bulleurs

L'EPC établit une zone de sécurité minimale, qui sert de base à la surveillance des mammifères marins et des tortues marines par les observateurs des mammifères marins et aux mesures d'atténuation connexes.

- **Établissement de la zone de sécurité** : une zone de sécurité d'au moins 500 m (rayon) mesurée à partir du centre de la grappe de bulleurs doit être établie (article 6a).
- **Surveillance visuelle de la zone de sécurité** : doit être effectuée par un observateur des mammifères marins qualifié pendant toute la période de 30 minutes précédant le démarrage des grappes de bulleurs (article 6bi). À tout autre moment, la ou les grappes de bulleurs respecteront les exigences minimales pour une évaluation environnementale en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (article 6bii).
- **Retardement de l'intensification des grappes de bulleurs** : si la ou les grappes de bulleurs sont inactives depuis plus de 30 minutes, elles peuvent être activées seulement si l'observateur des mammifères marins n'a pas détecté visuellement depuis au moins 30 minutes un cétacé ou une tortue marine; un mammifère marin inscrit à l'annexe 1 de la LEP (espèce en voie de disparition ou menacés); ou tout autre mammifère marin faisant partie d'une espèce pour laquelle il pourrait y avoir des effets néfastes notables au cours du processus d'évaluation environnementale.
- **Intensification** : la grappe de bulleurs devrait être graduellement activée sur une période minimale de 20 minutes, préférablement en commençant par la plus petite source sismique, puis en ajoutant progressivement d'autres sources sismiques jusqu'à ce que le niveau sonore complet soit atteint (article 7b).

Arrêt de la ou des grappes de bulleurs

Si l'observateur des mammifères marins détecte un mammifère marin ou une tortue marine inscrit à l'annexe 1 de la LEP (espèces désignées comme étant en voie de disparition ou menacées; article 8a) ou tout autre mammifère marin ou tortue marine qui a été identifié par le processus d'évaluation environnementale comme étant une espèce pour laquelle il pourrait y avoir des effets néfastes notables, les grappes de bulleurs doivent être arrêtées immédiatement (article 8b).

Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien

Pendant les changements de ligne, l'exploitant peut fermer toutes les sources sismiques ou utiliser un seul bulleur (article 9). Si l'exploitant utilise un seul bulleur pendant les changements de ligne, la zone de sécurité doit faire l'objet d'une surveillance visuelle et des arrêts doivent être effectués conformément à l'article 8 de l'EPC. L'EPC précise qu'aucune procédure d'intensification (article 7 de l'EPC) n'est requise lors de la transition entre l'utilisation d'un seul bulleur et le début du levé sismique.

Levés en situation de visibilité réduite

L'EPC exige l'utilisation d'une technologie de détection des cétacés (comme la surveillance acoustique passive [SAP]) pendant la surveillance de 30 minutes avant l'intensification lorsque la zone de sécurité n'est pas complètement visible et lorsque la zone de levé sismique se

trouve dans l'habitat essentiel³ pour un cétacé émettant des vocalisations inscrit comme espèce menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la LEP. Une technologie de détection des cétacés serait également requise dans les zones où l'on s'attend à ce qu'un cétacé émettant des vocalisations soit rencontré si cette espèce, comme prévu au cours du processus d'évaluation environnementale, peut subir des effets néfastes notables.

Selon l'EPC, si la technologie de détection des cétacés comme la SAP est utilisée pendant la surveillance effectuée avant l'intensification alors toute signature vocale ou tout autre critère de reconnaissance identifié doit être considéré comme étant celui qui déclencherait l'arrêt des sources sismiques. De même, si la technologie de détection des cétacés ne permet pas de déterminer que des cétacés se trouvent à l'extérieur de la zone de sécurité, l'intensification ne peut pas commencer avant que la vocalisation non identifiée des cétacés ait cessé d'être détectée depuis au moins 30 minutes.

2.2.3 Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées

L'EPC comprend également des dispositions permettant la mise en œuvre de mesures d'atténuation supplémentaires ou la modification des mesures d'atténuation existantes si un tel besoin est cerné pendant le processus d'évaluation environnementale. Plus précisément, cette section de l'EPC vise à traiter :

- Les effets négatifs chroniques ou cumulatifs potentiels des éléments suivants : les réseaux de grappes de bulleurs multiples activés en même temps, et les levés sismiques menés en parallèle avec d'autres activités susceptibles d'avoir un effet négatif sur la qualité de l'environnement marin;
- Les variations de la propagation du son (vraisemblablement, des cas de forte variation bien que l'EPC ne soit pas explicite) dans la colonne d'eau;
- Les niveaux sonores nettement supérieurs ou inférieurs à la moyenne provenant des grappes de bulleurs;
- Les espèces pour lesquelles il y a lieu de s'inquiéter.

Ces mesures doivent atteindre un niveau de protection équivalent ou supérieur à celui des mesures existantes dans l'EPC et, si des technologies ou des méthodes de recharge sont proposées, elles doivent être évaluées dans le cadre du processus d'évaluation environnementale.

Enfin, l'EPC précise que lorsqu'un seul bulleur est utilisé et que l'intensification, qui consiste à activer de plus en plus de sources sismiques, ne s'applique pas, il faut accroître graduellement le niveau sonore dans la mesure où cela est techniquement réalisable.

3.0 AVIS SCIENTIFIQUES ET LIGNES DIRECTRICES ET APPROCHES COMPLÉMENTAIRES UTILISÉS AU CANADA

Comme nous l'avons mentionné précédemment, depuis la publication de l'EPC, en 2008, le MPO a examiné périodiquement la capacité de l'EPC d'atténuer efficacement les effets des levés sismiques sur la faune marine, y compris les espèces en péril. Les principales recommandations et conclusions de ces processus sont examinées ici. L'annexe B fournit une

³ L'habitat essentiel est l'habitat qui est nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce en voie de disparition, menacée ou disparue, inscrite à la liste de l'annexe 1 de la LEP, et qui est désigné comme tel dans le programme de rétablissement ou dans un plan d'action relatif à cette espèce.

liste de citations du SCCS et des rapports connexes établis par le MPO relativement à l'EPC. Nous privilégions les documents qui se rapportent directement aux objectifs du présent rapport et qui ont été publiés après l'EPC (c.-à-d. après 2008; voir la section 3.1).

L'EPC fournit des directives sur les exigences minimales de surveillance et d'atténuation pour les levés sismiques dans les eaux marines. Différentes régions du Canada ont modifié ou amélioré les mesures d'atténuation et de surveillance, qui sont importantes à examiner et à prendre en compte dans l'analyse présentée dans le présent rapport. Un résumé pour la zone extracôtière de T.-N.-L., la zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse et la partie canadienne de la mer de Beaufort est fourni à la section 3.2.

3.1 DOCUMENTS ANTÉRIEURS DU SCCS RELATIFS AUX LEVÉS SISMIQUES

Depuis la publication de l'EPC, le MPO a lancé trois initiatives principales visant à déterminer si les mesures d'atténuation et la surveillance prévues dans l'EPC visaient à protéger la faune marine :

1. En 2008, le MPO a entrepris des examens de la documentation portant sur les publications (depuis 2004) concernant les effets du son des bulleurs sur les poissons et les invertébrés (Payne *et al.* 2008) et les mammifères marins (Abgrall *et al.* 2008). Ces documents ont servi de base à un atelier scientifique national en 2008 (MPO 2010a). De plus, Harwood *et al.* (2008) et Nichol et Ford (2008) ont fourni des documents de travail mettant l'accent sur l'atténuation des ondes sismiques pour les mammifères marins. L'objectif global de l'atelier était de déterminer si le rapport du SCCS sur l'état de l'habitat intitulé « Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés et les mammifères marins » (MPO 2004) devait être mis à jour. On a conclu qu'il n'était pas nécessaire de modifier le Rapport sur l'état des habitats à ce moment-là, car tout changement dans les avis antérieurs serait mineur. Nous n'avons pas examiné ces documents parce que les principaux ouvrages scientifiques publiés depuis 2004 sont résumés à la section 4.0.
2. Le résultat du point 1) a été une directive visant à examiner l'efficacité des mesures d'atténuation opérationnelle pour les mammifères marins dans l'EPC par rapport aux conditions environnementales. Un atelier national a eu lieu et plusieurs publications ont été préparées, notamment Harwood *et al.* (2009), Joynt et Harwood (2009), Lawson (2009), Moulton *et al.* (2009), Nichol (2009) et Simard (2009). Les principales recommandations découlant de l'atelier et des publications à l'appui ont été énoncées dans un avis scientifique intitulé « Directives relatives à l'efficacité des mesures d'atténuation des effets potentiels des ondes sismiques sur les mammifères marins » (MPO 2010b). Les principales recommandations du présent document d'orientation sont résumées à la section 3.1.1.
3. Le MPO s'est également penché sur l'efficacité de l'EPC à répondre aux exigences de la LEP pour les cétacés en ce qui concerne la façon d'éviter les répercussions interdites par la LEP relatives à l'abattage, aux dommages et au harcèlement des espèces désignées comme étant en voie de disparition ou menacées et de la destruction de leur habitat essentiel. Une réunion du SCCS a eu lieu en mars 2014 et les conclusions ont été résumées dans l'avis scientifique intitulé « Examen des mesures d'atténuation et de surveillance dans le cadre des activités de levés sismiques dans l'habitat d'espèces de cétacés en péril et à proximité de celui-ci » (MPO 2015). Le rapport de Moors-Murphy et Theriault (2017), qui analyse les mesures d'atténuation et de surveillance des levés sismiques relatives aux espèces de cétacés en péril, est particulièrement pertinent. Il est résumé à la section 3.1.2.

3.1.1 Efficacité de l'EPC – Recommandations de l'avis scientifique du MPO (MPO 2010b)

Les recommandations suivantes ont été formulées à partir de l'avis scientifique du MPO (MPO 2010b).

Planification des levés sismiques

Les caractéristiques d'amplitude et de fréquence de la grappe de bulleurs doivent être modélisées de manière à minimiser la puissance de sortie de la source sismique, tout en atteignant les objectifs géophysiques du levé sismique. De plus, l'avis soulignait qu'une bonne planification devrait empêcher ou réduire les répercussions sur les fonctions vitales des mammifères marins. Lorsqu'il manque de données au sujet des fonctions vitales, il est possible de minimiser les effets en évitant les concentrations de mammifères marins, dans l'espace et dans le temps.

Mesures d'atténuation et surveillance opérationnelles

Zone de sécurité

Des modèles de propagation sonore doivent être utilisés pour établir des zones de sécurité pour les mammifères marins à l'étape de planification d'un levé sismique, le cas échéant. Les seuils acoustiques que le MPO recommande comme fondement de la zone de sécurité n'ont pas été définis.

Observateur des mammifères marins (OMM)

- La formation et les qualifications de l'OMM devraient être normalisées.
- Le nombre d'OMM en surveillance simultanément devrait être maximisé, sous réserve de la logistique opérationnelle.
- Une durée maximale de surveillance et un nombre total d'heures de travail par jour devraient être fixés.
- Préciser que lorsque les OMM sont en service, ils n'ont pas d'autre tâche à accomplir.
- Établir clairement que l'OMM peut déterminer quand les conditions environnementales nuisent à sa capacité d'assurer une surveillance efficace.
- Les OMM doivent être positionnés au point d'observation sécuritaire le plus élevé, sans obstruction à une visibilité à 360 degrés autour du bâtiment.
- Un équipement optique de haute qualité est requis.
- L'enregistrement et la déclaration des données doivent être normalisés et les ensembles de données de l'OMM archivés dans un endroit unique auquel les parties intéressées ont accès.

Surveillance acoustique passive

- Un réseau de SAP devrait permettre de détecter une vaste gamme de fréquences et de caractéristiques des vocalisations des mammifères marins.
- Pour réduire l'influence du bruit anthropique (c.-à-d. le son des navires et de l'air) sur un système de SAP; remorquer le réseau de SAP d'un navire de garde à une grande distance du navire de la source sismique; utiliser des récepteurs directionnels et le traitement des signaux; utiliser des récepteurs fixes ou dérivants reliés à la surface à des distances éloignées de la source d'ondes sismiques.

-
- La localisation des vocalisations par rapport à la zone de sécurité pourrait être améliorée en remorquant deux batteries d'hydrophone à partir du navire sismique.
 - Des procédures normalisées et des lignes directrices sont requises, qui comprennent des définitions des rôles et des responsabilités de l'exploitant du système de SAP.
 - Le niveau d'expérience des exploitants du système de SAP est déterminant. Il existe actuellement un bassin très limité de personnes expérimentées, surtout à l'échelle locale.
 - La capacité pourrait être augmentée par la formation et par la normalisation de l'équipement, des configurations et des interfaces utilisateurs (particulièrement pour le déploiement de la SAP mobile).

Intensification

- Dans la mesure du possible, lors des étapes de planification d'un levé sismique, établir une intensification progressive prédéterminée du niveau de source sonore propre au projet.
- Déterminer si la zone de sécurité pendant l'intensification doit être de la même taille que pendant l'exploitation. Si la zone de sécurité est supérieure à 500 m, la zone d'exclusion de la surveillance préalable à l'intensification doit être d'au moins 500 m, mais ne doit pas nécessairement être de la même taille que la zone de sécurité du volume total de la grappe de bulleurs.
- Mener une enquête détaillée sur la façon dont la durée et la position de la surveillance préalable à l'intensification devraient être liées à l'intensification et à la vitesse du navire ainsi qu'à la profondeur de l'eau (les espèces qui plongent plus profondément ou plus longtemps).
- Des efforts périodiques sont nécessaires pour consolider les données de l'OMM. Ces données doivent être examinées et utilisées pour mettre à jour ou modifier les lignes directrices et les normes opérationnelles (c.-à-d. l'intensification) de concert avec les examens du cadre de réglementation.
- La détection de pinnipèdes dans la zone de sécurité pendant la surveillance préalable à l'intensification devrait entraîner le retardement de l'intensification.

3.1.2 Espèces cétacées en péril – Recommandations tirées du document de recherche du MPO (Moors-Murphy et Theriault 2017)

Les objectifs de l'examen de Moors-Murphy et Theriault (2017) consistaient à déterminer si les mesures d'atténuation prévues dans l'EPC sont susceptibles d'éviter les répercussions interdites par la LEP sur les cétacés inscrits à l'annexe de la *Loi*, à cerner les lacunes statistiques et les problèmes connexes, et à recommander des mesures d'atténuation supplémentaires ou modifiées qui devraient être envisagées. En résumé, à la lumière d'un examen des principales conclusions scientifiques et compte tenu de l'efficacité des mesures d'atténuation, il a été conclu que même si la plupart des mesures d'atténuation dans l'EPC réduisent la probabilité d'effets interdits par la LEP⁴, la plupart des mesures ne tiennent pas compte adéquatement des effets potentiels au-delà de la zone de sécurité (c.-à-d. les réactions et les changements comportementaux dans l'habitat essentiel). Les recommandations suivantes concernant les mesures d'atténuation opérationnelles ont été formulées :

⁴ La LEP interdit l'abattage, le harcèlement, la capture ou la prise d'individus menacés ou en voie de disparition, ou la destruction de leur habitat essentiel.

-
- La zone de sécurité devrait être la plus préventive des valeurs suivantes : un rayon de 500 m ou un rayon déterminé à l'aide de modèles de propagation du son fondés sur les meilleures données disponibles et la science pour un seuil acoustique prédéterminé (qui n'a pas été établi). Le rayon de la zone de sécurité doit être vérifié (vérification de la source sonore) au moyen de mesures sur le terrain.
 - L'utilisation d'outils de surveillance combinés devrait être conçue pour maximiser la probabilité de détection des espèces inscrites sur la liste de la LEP. Une association de plusieurs outils (qui ne se limite pas aux OMM et à la SAP) peut être nécessaire pour atteindre les probabilités de détection cible souhaitées (qui n'ont pas été établies).
 - Dans les zones où la répartition des cétacés de plongée profonde inscrits à l'annexe de la LEP se chevauche, la surveillance de préalable à l'intensification devrait être d'au moins 60 minutes plutôt que de 30 minutes, comme c'est habituellement le cas.
 - L'arrêt immédiat de la grappe de bulleurs devrait avoir lieu lorsqu'un mammifère marin ou une tortue marine (répertorié comme espèce en voie de disparition ou menacée à l'annexe 1 de la LEP) est détecté dans la zone de sécurité ou est sur le point d'entrer dans la zone de sécurité. Cela s'appliquerait à tous les outils de surveillance (p. ex. OMM, SAP ou autre).
 - La grappe de bulleurs devrait être arrêtée complètement uniquement pendant les changements de ligne ou l'entretien opérationnel si la zone de sécurité peut être surveillée efficacement, sinon un seul bulleur devrait être exploité, ou l'exploitation devrait être retardée jusqu'à ce que la zone de sécurité puisse être surveillée efficacement.
 - Un seul bulleur devrait être utilisé lors des changements de ligne si la zone de sécurité ne peut pas être surveillée efficacement.
 - L'intensification devrait se faire après qu'un seul bulleur a été utilisé entre les lignes de levés sismiques.

De plus, des recommandations ont été formulées au sujet des aspects de planification de l'EPC, notamment :

- L'étendue géographique et temporelle des levés sismiques devrait être réduite au minimum dans la mesure du possible pour éviter les habitats essentiels identifiés de cétacés menacés ou en voie de disparition, lorsque de telles espèces sont attendues dans la zone.
- Des levés sismiques devraient être planifiés pour éviter les dommages et le harcèlement des individus et la destruction de l'habitat essentiel des mammifères marins menacés et en voie de disparition.
- Des études s'appuyant sur des levés présismiques devraient être effectuées pour les espèces inscrites à l'annexe de la LEP si la zone de levé sismique chevauche l'aire de répartition d'une espèce inscrite à l'annexe de la LEP et si les profils de répartition à plus petite échelle ne sont pas bien connus. Ces études permettraient d'évaluer la présence des espèces et de mieux comprendre la probabilité de déplacer ou de détourner des individus.

3.2 LIGNES DIRECTRICES ET APPROCHES COMPLÉMENTAIRES UTILISÉES AU CANADA

Les trois régions du Canada où des levés sismiques ont eu lieu au cours des dernières années ont mis en œuvre des mesures d'atténuation supplémentaires et améliorées, dont on juge qu'elles assurent une protection qui dépasse les exigences minimales de l'EPC. Les modifications régionales des mesures d'atténuation pour les levés sismiques au large de

Terre-Neuve-et-Labrador, au large de la Nouvelle-Écosse et dans la partie canadienne de la mer de Beaufort sont examinées aux sections de 3.2.1 à 3.2.3, respectivement, et résumées dans le tableau n° 1. L'examen présenté ici porte sur les levés sismiques effectués à des fins d'exploration pétrolière et gazière.

3.2.1 Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador

Depuis la publication de l'EPC, des levés sismiques au large de Terre-Neuve ont eu lieu chaque année, parfois avec plusieurs levés sismiques simultanés au cours d'une même année. Voici une liste de mesures d'atténuation, dont la plupart sont de nature opérationnelle, ayant été mises en œuvre régulièrement pour les levés sismiques effectués par l'industrie pétrolière et gazière qui dépassent les exigences minimales de l'EPC ou qui sont plus précises que ces dernières.

- Aucune source sismique n'a été autorisée à l'extérieur de la zone du projet identifiée au cours du processus d'évaluation environnementale réglementé par l'OCTNLHE.
- La zone de sécurité comprend la zone de 500 m (c.-à-d. le rayon) autour du centre des sources sismiques. Pour certains levés sismiques, la zone de sécurité comprenait également une zone de 500 m centrée sur l'emplacement de l'OMM sur le pont du navire de la source sismique. Si l'OMM estime qu'il y a une possibilité raisonnable qu'un animal observé à 500 m devant ou sur les côtés du navire se retrouve plus tard à moins de 500 m des sources sismiques, alors les mesures d'atténuation appropriées seraient mises en œuvre.
- La période d'intensification habituelle utilisée est de 30 minutes plutôt que le minimum de 20 minutes prévu à l'EPC.
- L'intensification doit être retardée si des mammifères marins ou des tortues marines sont détectés à l'intérieur de la zone de sécurité ou à l'approche de celle-ci plutôt que seulement les cétacés et tortues marines, comme le prévoit actuellement l'EPC.
- Les procédures d'intensification doivent être mises en œuvre lorsque les sources sismiques sont arrêtées depuis 20 minutes ou plus.
- Si un seul bulleur est utilisé pendant les changements de ligne, une intensification de 30 minutes doit être effectuée avant le début de la prochaine ligne de levé. Toutefois, la surveillance préalable à l'intensification de 30 minutes n'est pas requise.
- Des arrêts doivent avoir lieu si une espèce considérée comme en voie de disparition ou menacée inscrite à l'annexe 1 de la LEP, une tortue marine ou une baleine à bec sont détectées dans la zone de sécurité ou sont sur le point d'y entrer. Il est à noter les arrêts pour toute baleine à bec sont requis depuis 2017.
- La SAP n'a été utilisée que récemment (en 2018 par un exploitant sismique) comme outil de surveillance des cétacés durant les périodes d'obscurité et les périodes de faible visibilité. L'engagement d'utiliser la SAP a été pris par l'exploitant sismique pendant le processus d'évaluation environnementale. L'intensification devait être retardée si une vocalisation des cétacés était détectée à l'intérieur de la zone de sécurité pendant la surveillance préalable à l'intensification de 30 minutes, et un arrêt devait avoir lieu en cas de détection de cétacés émettant des vocalisations à l'intérieur de la zone de sécurité. [Comme indiqué dans l'EPC, la technologie de détection des cétacés, comme la SAP, est requise uniquement pendant la surveillance préalable à l'intensification si le levé sismique a lieu dans l'habitat essentiel d'un cétacé (inscrit à l'annexe 1 comme espèce en voie de disparition ou menacée) ou dans

une zone utilisée par un cétacé où des effets néfastes notables ont été prévus dans le processus d'évaluation environnementale.]

- Les levés sismiques simultanés doivent être effectués à une distance de séparation minimale de 30 km. Cette distance de séparation minimale est utilisée depuis 2017, bien que la mesure de la séparation ne soit pas fondée sur des données.

3.2.2 Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse

Depuis la publication de l'EPC, deux levés sismiques ont eu lieu au large de la Nouvelle-Écosse (tous deux à large azimuth et faisant appel à plusieurs navires de source sismique) : Shell en 2013 et British Petroleum (BP) en 2014 (LGL 2013, 2014). Voici une liste des mesures d'atténuation mises en œuvre pour ces deux levés sismiques récents et qui dépassent les exigences minimales de l'EPC, ou qui sont plus précises que ces dernières.

Planification des levés sismiques

- Aucune activité de source sismique n'était permise à l'extérieur de la zone du projet indiquée dans l'évaluation environnementale pour le levé sismique de l'industrie. Cela comprenait une mention spéciale pour éviter la zone d'alevinage de l'aiglefin 5 dans l'évaluation environnementale de BP.
- Même si la zone du projet de Shell (qui comprenait les concessions d'exploration; la profondeur de l'eau d'environ 500 m à plus de 4 000 m) ne chevauchait pas l'habitat essentiel de la baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) (la distance de séparation minimale était de 41 km), il a été reconnu dans l'évaluation environnementale qu'il y avait encore un potentiel d'effets de perturbation sur les baleines noires dans l'habitat essentiel du bassin Roseway en raison des ondes sismiques. Shell s'est engagée à acquérir des données sismiques uniquement dans les zones de levé les plus proches du bassin Roseway, dans la période saisonnière de juillet à septembre, lorsque la propagation du son dans les eaux de plateau moins profondes du bassin Roseway est beaucoup moins importante que lors des levés sismiques effectués en avril, mai et juin, période durant laquelle la propagation du son était plus élevée. Il convient de noter que les résultats de la modélisation acoustique de précaution ont permis de prédire des niveaux sonores maximaux d'environ 120 à 130 dB_{rms} dans l'habitat essentiel du bassin Roseway en fonction de l'emplacement de la grappe de bulleurs dans la zone de levé sismique de Shell en 2013 (LGL 2013).

Mesures d'atténuation et surveillance opérationnelles

Zone de sécurité et activation des bulleurs

- La zone de sécurité utilisée pour les arrêts était fondée sur la modélisation acoustique de la grappe de bulleurs. Shell a utilisé une zone de sécurité de 1 000 m (selon le critère de 180 dB_{rms}) et BP a utilisé une zone de sécurité de 600 m (selon le critère du National Marine Fisheries Service [NOAA 2013] de déplacement temporaire de seuil (TTS) pour les cétacés de basse et moyenne fréquence, c.-à-d. un niveau d'exposition au bruit supérieur ou égal à 183 dB).

⁵ La zone d'alevinage de l'aiglefin est une zone de conservation de 13 700 km² qui est située sur le banc d'Émeraude et le banc Western (MPO 2003). Il sert de zone de frai pour le poisson de fond et se caractérise par une grande richesse des espèces benthiques et une grande diversité des poissons.

- La durée de la surveillance préalable à l'intensification était habituellement de 30 minutes, mais elle a été portée à 60 minutes si une baleine à bec était détectée à l'intérieur de la zone de sécurité.
- Dans le cas de Shell, l'intensification devait être retardée si des cétacés et des tortues marines inscrits à l'annexe 1 de la LEP ou toute autre baleine ou tortue marine étaient détectés dans le rayon de 1 000 m de la zone de sécurité ou si d'autres espèces de mammifères marins (dauphins, phoques) étaient détectés dans le rayon de 500 m de la zone de sécurité. Dans le cas de BP, l'intensification a été retardée pour l'ensemble des cétacés et des tortues marines détectés à l'intérieur de la ZNS de 600 m.
- Le délai d'intensification était de 30 minutes à moins qu'une baleine à bec (annexe 1 de la LEP, ce qui comprend les baleines à bec communes et les baleines à bec de Sowerby) ait été détectée dans la zone de sécurité pendant la surveillance préalable à l'intensification; dans ce cas, un délai de 60 minutes était nécessaire.
- L'intensification était de 20 minutes (BP) ou de 30 minutes (Shell).

Arrêt des bulleurs

- Shell a considéré que les espèces visées par l'arrêt étaient les cétacés et les tortues marines inscrits à l'annexe 1 de la LEP ainsi que toutes les autres espèces de baleines à fanons et de tortues marines. Pour sa part, BP a considéré que les espèces visées par l'arrêt étaient les cétacés et les tortues marines inscrits à l'annexe 1 de la LEP ainsi que les baleines à bec et à fanons dont l'espèce ne pouvait être identifiée.

Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien

- Les sources sismiques ont été arrêtées pendant les changements de ligne.

Levés en situation de visibilité réduite

- La SAP a été utilisée pour surveiller la vocalisation des mammifères marins dans la zone de sécurité pendant la période de surveillance préalable à l'intensification et pendant les périodes où la zone de sécurité complète n'était pas visible. Il est à noter qu'à la suite d'une vérification de l'OCNEHE et du MPO, des ajustements ont été apportés à la configuration de la surveillance acoustique passive afin d'accroître la probabilité de détecter et d'identifier les appels à basse fréquence du rorqual commun et du rorqual bleu.

Depuis les programmes sismiques de Shell et de BP, l'OCNEHE et le MPO ont collaboré à la préparation d'une ébauche de lignes directrices améliorées sur l'atténuation des levés sismiques pour la population de baleines à bec communes de la plate-forme néo-écossaise.

3.2.3 Partie canadienne de la mer de Beaufort

La partie canadienne de la mer de Beaufort fournit un habitat estival important pour les baleines boréales (*Balaena mysticetus*) et les bélugas (*Delphinapterus leucas*). Les bélugas sont une importante espèce de subsistance pour les Inuvialuit. Par conséquent, des mesures améliorées de planification et d'atténuation opérationnelles ont été mises en œuvre pour réduire au minimum les effets des levés sismiques sur les baleines boréales et les bélugas et, indirectement, sur la chasse de subsistance dans la région désignée des Inuvialuit pendant de nombreuses années, y compris avant la publication de l'EPC. Nous reconnaissons ici les mesures d'atténuation et de surveillance mises en œuvre dans la partie canadienne de la mer Beaufort avant, pendant et après la publication de l'EPC. Plus précisément, nous nous sommes concentrés sur le programme d'atténuation et de surveillance de 2008 mis en œuvre pour le levé sismique 2D de GX Technology, mené en 2008 (LGL 2008b; Harris *et al.* 2008; Harwood *et al.* 2009). Le programme d'atténuation et de surveillance de GXT en 2008 est représentatif de

ceux réalisés en 2006, 2007, 2010 et 2012 par la même entreprise (Holst et al. 2018). Il convient de noter que la stratégie d'atténuation dans la partie canadienne de la mer de Beaufort a été planifiée, mise en œuvre et mise à jour annuellement, et qu'elle surpassait, à de nombreux égards, les exigences minimales énoncées dans l'EPC.

Planification des levés sismiques

En 2008, plusieurs mesures de planification géographique et temporelle ont été mises en œuvre par GXT avec l'aide du MPO ainsi que d'autres organismes de réglementation et intervenants locaux, dont le CERÉ, le Conseil inuvialuit de gestion du gibier et les comités de chasseurs et de trappeurs, les comités de chasseurs et de trappeurs de la région désignée des Inuvialuit.

- L'acquisition de données sismiques a été planifiée de manière à ce qu'aucune ligne de levé près des principales zones de chasse au béluga ne soit acquise avant que la majeure partie de la chasse ne soit terminée. Le promoteur a communiqué étroitement avec les communautés pour connaître l'état de la chasse.
- Les levés sismiques sont demeurés éloignés des zones de gestion des bélugas (classée 1A), tandis que la chasse aux bélugas était active (c.-à-d., environ 19 km au point de rapprochement maximal) et ont été synchronisés bien après le pic de la saison de chasse aux bélugas, qui est habituellement achevée à 90 % la troisième semaine de juillet. Une distance de 22 km de la rive pour toutes les lignes sismiques a également été mise en place afin d'éviter toute interférence avec les activités de récolte des ressources côtières. La zone de gestion des bélugas 1A, qui comprend la [zone de protection marine de Tarium Niryutait](#), est une des zones clés de récolte du béluga pour les [chasseurs inuvialuit](#).

Des aires d'alimentation des baleines boréales ont été définies chaque saison et ont nécessité des mesures d'atténuation particulières (pour obtenir plus de renseignements, consulter la section Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées ci-dessous).

Mesures d'atténuation et surveillance opérationnelles

Zone de sécurité et activation des bulleurs

La taille de la zone de sécurité a été déterminée au moyen de la modélisation acoustique et des mesures subséquentes de VSS ont été prises sur le terrain (durant chaque saison de levés sismiques). La profondeur de l'eau, le type de fond et le volume de la grappe de bulleurs ont tous influé sur la taille de la zone de sécurité. La taille était fondée sur un seuil de niveau sonore de 180 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$. Le seuil de 180 dB a été utilisé pour les cétacés, car il était également utilisé à l'époque par le NMFS des États-Unis (Southall et al., 2007). La taille de la zone de sécurité pour les cétacés variait de 500 à 2 500 m, selon la profondeur de l'eau et d'autres paramètres physiques (Zykov *et al.*, 2007; MacGillivray *et al.*, 2008). Une zone de sécurité à 190 dB a été utilisée pour les ours polaires (*Ursus maritimus*) nageant. On note que l'intensification n'a pas été retardée pour les phoques.

Pendant les heures de clarté, les OMM ont effectué des surveillances au moins 30 minutes avant le début d'une intensification. [À noter que la grappe de bulleurs ne pouvait pas être intensifiée après un arrêt complet si la zone de sécurité n'était pas visible, par exemple, pendant la nuit ou dans le brouillard.] Si les sources sismiques étaient silencieuses pendant plus de 20 minutes et qu'une baleine ou un ours polaire était aperçu à l'intérieur ou à l'approche de la zone de sécurité concernée, les sources sismiques n'étaient pas activées tant que l'animal n'avait pas quitté la zone de sécurité, ou que l'animal n'avait pas été aperçu de nouveau pendant 30 minutes.

Les sources sismiques de la grappe ont été graduellement intensifiées sur une période d'environ 30 minutes. L'intensification après un arrêt pouvait commencer uniquement 1) après que la baleine ou l'ours polaire ait été observé à l'extérieur de la zone de sécurité ou 2) après qu'aucune baleine ou aucun ours polaire n'ait été vu dans les 30 minutes suivant l'arrêt.

Arrêt des grappes de bulleurs

Si une baleine (ou un ours polaire dans l'eau) était observée à l'intérieur de la zone de sécurité ou sur le point d'y entrer (voir ci-dessus), les OMM déclenchaient un arrêt de la grappe de bulleurs. Des arrêts devaient être effectués pour les baleines boréales, les bélugas et les baleines grises (*Eschrichtius robustus*), ainsi que pour les ours polaires, même si ces espèces ne figuraient pas à la liste des espèces en voie de disparition ou menacées de l'annexe 1 de la LEP. Les sources sismiques n'ont pas été arrêtées pour les phoques.

Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien

Les sources sismiques étaient souvent arrêtées au moment de passer d'une ligne sismique à l'autre. Comme la grappe de bulleurs ne pouvait être intensifiée après un arrêt complet si la zone de sécurité n'était pas entièrement visible, la plus petite source sismique de la grappe a été activée lorsque la reprise des levés sismiques était prévue pendant une période de faible visibilité (p. ex. obscurité ou brouillard).

Opérations en situation de visibilité réduite

L'activité des sources sismiques n'était pas permise dans les aires d'alimentation des baleines boréales connues pendant les périodes où la zone de sécurité n'était pas complètement visible. La SAP n'a pas été utilisée dans la partie canadienne de la mer de Beaufort parce que la technologie en était encore à l'étape de la recherche et du développement et qu'elle était jugée inefficace par les intervenants régionaux. L'intention explicite était de maximiser le nombre d'OMM à bord en utilisant le plus efficacement possible l'espace limité des postes d'amarrage des navires.

Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées

Il n'était pas possible d'effectuer des levés sismiques dans les aires d'alimentation des baleines boréales connues, présumées ou probables pendant les périodes d'obscurité ou lorsque la visibilité était faible (c.-à-d. que la zone de sécurité n'était pas complètement visible). Pour faciliter la mise en œuvre de cette mesure d'atténuation, il a fallu 1) définir les aires d'alimentation des baleines boréales (c.-à-d. quelle densité de baleines boréales constitue un regroupement), 2) documenter la répartition en temps réel des baleines boréales dans ces zones et dans la région, et 3) utiliser les données de répartition disponibles pour déterminer l'emplacement et l'étendue géographique des aires d'alimentation des baleines boréales.

Des aires d'alimentation des baleines boréales ont été définies pour chaque année durant lesquelles des levés sismiques devaient être effectués (voir la figure 1 pour un exemple). En 2008 (ainsi qu'en 2007, en 2009 et en 2010), le MPO a effectué des levés aériens dans une grande partie du sud de la partie canadienne de la mer de Beaufort pour documenter la répartition des baleines boréales (avec une partie du financement fourni par l'exploitant sismique). Les aires d'alimentation des baleines boréales délimitées ont été transmises aux OMM à bord du navire sismique en août. Les OMM appliquaient les mesures d'atténuation propres aux aires d'alimentation des baleines boréales lorsqu'il y avait acquisition de données sismiques (p. ex. Harris *et al.* 2009; Joynt et Harwood 2009).

Les mesures d'atténuation propres aux aires d'alimentation des baleines boréales comprenaient :

- au moins deux OMM pour surveiller simultanément pendant les périodes où les sources sismiques étaient actives;
- aucune opération de source sismique n'était permise lorsque, de l'avis d'un OMM en service, la zone de sécurité n'était pas complètement visible (p. ex. en cas de brouillard ou d'obscurité);
- la grappe de bulleurs était arrêtée si, de l'avis d'un OMM en service, l'état de la mer était tel que les baleines boréales ne pouvaient être facilement détectées dans la zone de sécurité.

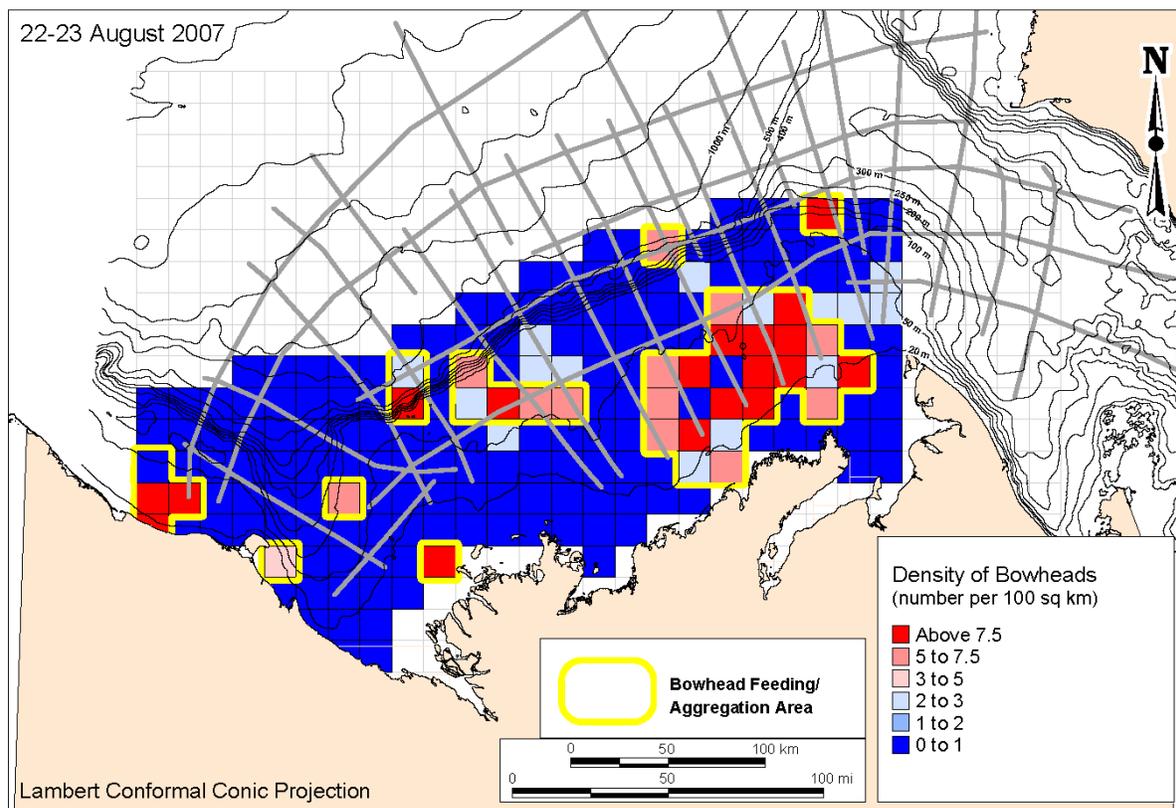


Figure 1. Exemple d'aires de rassemblement et d'alimentation de la baleine boréale en 2007, selon les relevés aériens effectués par le MPO les 22 et 23 août 2007 (LGL Limited 2008b). Les lignes grises représentent les lignes de levés sismiques prévus par GXT.

Tableau 1. Sommaire des pratiques d'atténuation et de surveillance au Canada qui s'ou sont plus précises que les exigences minimales de l'EPC ou qui sont plus précises que ces dernières.

Élément de l'EPC	Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador de 2008 à aujourd'hui	Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse (en 2013 et 2014)	Partie canadienne de la mer de Beaufort (en 2008)
Planification des levés sismiques	Aucune activation de la source sismique à l'extérieur de la zone du projet n'est indiquée dans le processus	Aucune activation de la source sismique à l'extérieur de la zone du projet n'est indiquée dans le processus	Mesures relatives à la planification spatiale et temporelle :

Élément de l'EPC	Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador de 2008 à aujourd'hui	Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse (en 2013 et 2014)	Partie canadienne de la mer de Beaufort (en 2008)
	<p>d'évaluation environnementale.</p>	<p>d'évaluation environnementale.</p> <p>Aucun essai de source sismique ni activation de source sismique entre les lignes dans la zone d'alevinage de l'aiglefin.</p> <p>Les levés sismiques dans les zones les plus proches de l'habitat essentiel de la baleine noire de l'Atlantique Nord se limitaient aux périodes où la propagation du son était réduite.</p> <p>Un plan d'atténuation et de surveillance des mammifères marins et des tortues marines avec l'approbation réglementaire de l'OCNEHE et du MPO était nécessaire.</p>	<p>Retarder le début des levés sismiques pour ne pas interférer avec la récolte primaire de subsistance des bélugas;</p> <p>Éviter la zone de gestion des bélugas 1A lorsque la chasse au béluga était active;</p> <p>Utilisation d'une zone tampon de 22 km à partir de la côte pour ne pas interférer avec les activités de récolte des ressources côtières;</p> <p>Détermination des aires d'alimentation des baleines boréales, qui ont nécessité des mesures d'atténuation particulières (voir ci-après).</p> <p>Des mesures d'atténuation et de surveillance pour les mammifères marins étaient requises avec l'approbation du MPO (au niveau régional).</p>
<p>Zone de sécurité et activation des bulleurs</p>	<p>Utilisation d'une zone de sécurité d'un rayon de 500 m à partir du centre de la grappe de bulleurs. Pour certains levés sismiques, la zone de sécurité comprenait également une zone de 500 m centrée sur l'emplacement de l'OMM sur le pont du navire de la source sismique.</p> <p>Surveillance visuelle et acoustique (en 2018 par un exploitant sismique) de la zone de sécurité et des eaux adjacentes pendant au moins</p>	<p>Zone de sécurité basée sur la modélisation acoustique en utilisant un seuil soit supérieur à 180 dB (valeur efficace) ou soit supérieur à 183 dB (niveau d'exposition au bruit). La zone de sécurité s'étendait de 600 à 1 000 m.</p> <p>Surveillance visuelle et acoustique de la zone de sécurité et des eaux adjacentes pour les cétacés pendant au moins 30 minutes avant l'intensification.</p>	<p>Zone de sécurité fondée sur la modélisation acoustique en utilisant un seuil de 180 dB (valeur efficace). La zone de sécurité s'étendait de 500 à 2 500 m.</p> <p>Surveillance visuelle de la zone de sécurité et des eaux adjacentes pour les cétacés et les ours polaires pendant au moins 30 minutes avant l'intensification.</p>

Élément de l'EPC	Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador de 2008 à aujourd'hui	Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse (en 2013 et 2014)	Partie canadienne de la mer de Beaufort (en 2008)
	<p>30 minutes avant l'intensification.</p> <p>L'intensification est retardée d'au moins 30 minutes pour tous les mammifères marins et les tortues marines détectées dans la zone de sécurité.</p> <p>La durée du retard de l'intensification est augmentée à un minimum de 60 minutes pour toutes les baleines à bec détectées dans la zone de sécurité.</p> <p>Intensification sur une période de 30 minutes.</p>	<p>L'intensification est retardée d'au moins 30 minutes pour tous les cétacés et tortues marines détectés dans la zone de sécurité.</p> <p><i>Ou</i></p> <p>L'intensification est retardée d'au moins 30 minutes pour les dauphins et les phoques détectés dans une zone de sécurité de 500 m.</p> <p>La durée du retard de l'intensification a été augmentée à un minimum de 60 minutes pour les baleines à bec (annexe 1 de la LEP).</p> <p>Intensification sur une période de 20 à 30 minutes.</p> <p>Le MPO a examiné des données récapitulatives sur les compétences des OMM dans son avis à l'OCNEHE, pendant le processus d'examen réglementaire.</p>	<p>L'intensification est retardée d'au moins 30 minutes si le cétacé ou l'ours polaire (dans l'eau) est aperçu à l'intérieur ou à l'approche de la zone de sécurité.</p> <p>Intensification sur une période de 30 minutes.</p> <p>4 OMM sur le navire de la source sismique et</p> <p>2 OMM sur le navire de soutien.</p>
<p>Arrêt de la ou des grappes de bulleurs</p>	<p>Arrêt immédiat chaque fois qu'un mammifère marin inscrit à l'annexe 1 de la LEP (en voie de disparition, menacé), une espèce de tortue marine ou une baleine à bec est détecté dans la zone de sécurité.</p>	<p>Arrêt immédiat chaque fois qu'un mammifère marin inscrit à l'annexe 1 de la LEP (les mammifères en voie de disparition, menacés et préoccupants) ou une tortue marine est détecté dans la zone de sécurité.</p> <p>Variabilité dans d'autres situations d'arrêt :</p> <p>Tous les cétacés à fanons;</p> <p>Toutes les tortues marines;</p>	<p>Arrêt immédiat chaque fois qu'une baleine ou un ours polaire (dans l'eau) est observé visuellement à l'intérieur ou à l'approche de la zone de sécurité.</p> <p>Tout arrêt dû à l'observation d'une baleine ou d'un ours polaire (dans l'eau) dans la zone de sécurité doit être suivi d'une période de fin d'alerte de 30 minutes, puis d'une</p>

Élément de l'EPC	Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador de 2008 à aujourd'hui	Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse (en 2013 et 2014)	Partie canadienne de la mer de Beaufort (en 2008)
		Cétacés à fanons non identifiés, Baleines à bec non identifiées.	intensification normale complète.
Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien	Aucune opération avec des sources sismiques à l'extérieur de la zone de projet n'a été déterminée dans le cadre du processus d'évaluation environnementale. Mise en œuvre de l'intensification après les périodes d'utilisation d'un seul bulleur pendant les changements de ligne.	Aucune opération avec des sources sismiques à l'extérieur de la zone de projet n'a été déterminée dans le cadre du processus d'évaluation environnementale. Aucune utilisation des sources sismiques pendant les changements de ligne.	Les sources sismiques s'arrêtent habituellement pendant les changements de ligne, à moins qu'on ne s'attende à ce que la mise en marche ait lieu pendant une période de mauvaise visibilité; dans ce cas, un seul bulleur (plus petit volume) est activé.
Opérations en situation de visibilité réduite	Jusqu'en 2018, la SAP n'était pas utilisée. La SAP a été utilisée pendant les périodes où la zone de sécurité n'est pas complètement visible et pendant la surveillance préalable à l'intensification, jusqu'à présent seulement en 2018 ⁶ .	La SAP a été utilisée pendant les périodes de mauvaise visibilité (c.-à-d. quand la zone de sécurité n'était pas entièrement visible). L'utilisation d'un réseau d'hydrophones plus long était nécessaire pour accroître la probabilité de détection des appels à basse fréquence par des baleines à fanons, notamment le rorqual bleu et le rorqual commun.	L'activité des sources sismiques n'était pas permise dans les aires d'alimentation des baleines boréales désignées où la zone de sécurité n'était pas complètement visible.
Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées	Afin de réduire au minimum les effets cumulatifs possibles, il faut maintenir une distance de séparation minimale de 30 km pour les levés sismiques.	Utilisation de dispositifs de protection des tortues sur les bouées de queue de la flûte sismique pour réduire au minimum les risques d'empêchement.	Les aires d'alimentation des baleines boréales ont été déterminées au moyen de levés aériens. Quand des opérations avaient lieu dans une aire de

⁶ La SAP a depuis été utilisée en 2019 par un exploitant sismique au large des T.-N.-L.

Élément de l'EPC	Zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador de 2008 à aujourd'hui	Zone extracôtière de la Nouvelle-Écosse (en 2013 et 2014)	Partie canadienne de la mer de Beaufort (en 2008)
			rassemblement des baleines boréales : <ul style="list-style-type: none"> • il fallait qu'au moins deux observateurs de mammifères marins soient de service simultanément pendant l'activité sismique; • aucune activité sismique n'était permise lorsque la zone de sécurité n'était pas complètement visible (p. ex. pendant le brouillard ou l'obscurité); • la grappe de bulleurs était arrêtée si, de l'avis d'un OMM en service, l'état de la mer était tel que les baleines boréales ne pouvaient être facilement détectées.

4.0 EXAMEN DES PRINCIPALES CONCLUSIONS SCIENTIFIQUES DEPUIS 2004

La documentation scientifique concernant les effets des ondes de levés sismiques sur les mammifères marins, les tortues marines, les poissons et les invertébrés a déjà été examinée lors de l'élaboration de l'EPC. Voici trois examens importants portant sur l'EPC : MPO (2004), Abgrall *et al.* (2008), et Payne *et al.* (2008). Dans les sous-sections qui suivent, nous mettrons l'accent sur les principales conclusions scientifiques depuis 2004, qui sont directement liées aux mesures de gestion prévues dans l'EPC.

4.1 MAMMIFÈRES MARINS

Notre examen de la documentation scientifique sur les mammifères marins et des études sismiques connexes indique qu'il y a eu près de 300 publications depuis 2004. Les principales conclusions relatives à l'EPC, fondées sur le jugement professionnel, sont présentées ci-dessous. De plus, le MPO a expressément demandé que les renseignements sur la réponse des mammifères marins aux levés sismiques effectués dans la glace soient inclus.

4.1.1 Déficience auditive et effets physiques

Étant donné que la mise en œuvre d'arrêts (et de retardements de l'intensification) pour les mammifères marins détectés dans une zone de sécurité vise à réduire au minimum la probabilité d'une déficience auditive, le document d'orientation du NMFS des États-Unis sur les seuils acoustiques pour l'apparition de déplacements temporaires et permanents de seuil (PTS) de l'audition des mammifères marins (NMFS 2016, 2018) est particulièrement pertinent aux fins

du présent rapport. La prochaine section contient des précisions sur le contexte et un examen du NMFS (2016, 2018). Il est important de noter que le Canada n'a pas officiellement adopté de seuils pour la déficience auditive chez les mammifères marins (ou autres animaux marins).

Une déficience auditive temporaire ou permanente est possible lorsque les mammifères marins sont exposés à des sons très forts. Le déplacement temporaire du seuil a été démontré et étudié chez certains odontocètes et pinnipèdes captifs exposés à des sons forts (dans Southall *et al.* 2007, 2019; Finneran 2015). Toutefois, il n'y a pas eu de documentation ou d'études particulières sur le déplacement temporaire de seuil ni sur les dommages auditifs permanents, c'est-à-dire le déplacement permanent de seuil (PTS), chez des mammifères marins en liberté exposés à des séquences d'impulsions de source sismique dans des conditions de terrain réelles. De telles expériences sont très difficiles à entreprendre, particulièrement pour les cétacés de grande taille. Jusqu'à l'été 2016, la politique du NMFS concernant l'exposition des mammifères marins à des sons de forte intensité indiquait que les cétacés et les pinnipèdes ne devaient pas être exposés à des sons impulsifs supérieurs ou égaux à 180 et 190 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ respectivement (NMFS 1995, 2000). Toutefois, ces critères ont été établis avant qu'il y ait des renseignements sur les niveaux minimaux de son reçu nécessaires pour causer une déficience auditive chez les mammifères marins. Les niveaux 180 et 190 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ n'ont pas été considérés comme les niveaux au-dessus desquels le déplacement temporaire de seuil pourrait se produire. Il s'agissait plutôt des niveaux reçus au-dessus desquels, selon un groupe de spécialistes en bioacoustique réunis par le NMFS avant que les mesures du déplacement temporaire de seuil pour les mammifères marins commencent à être disponibles, on ne pouvait pas être certain qu'il n'y aurait pas d'effets nuisibles, auditifs ou autres, sur les mammifères marins. Depuis, Southall *et al.* (2007) ont formulé des recommandations concernant différents critères scientifiques d'exposition aux sons pour les mammifères marins et des procédures de pondération en fonction de la fréquence. Ces recommandations n'ont jamais été officiellement adoptées par le NMFS aux fins des processus réglementaires ou des programmes d'atténuation associés aux levés sismiques.

En juillet 2016, le NMFS a publié de nouvelles directives techniques pour évaluer les effets du son anthropique sur l'ouïe des mammifères marins (NMFS 2016), en tenant compte de certaines des recommandations de Southall *et al.* (2007), ainsi que de celles présentées par Finneran (2016). Les seuils d'apparition des déplacements permanents de seuil (blessures) pour les espèces de mammifères marins ont été révisés dans les nouvelles directives. Les nouveaux critères d'exposition au son pour les mammifères marins tiennent compte des nouvelles données scientifiques disponibles sur le déplacement temporaire de seuil, de la compensation prévue entre le déplacement temporaire de seuil et le déplacement permanent de seuil (PTS), des différences dans les fréquences acoustiques auxquelles les différents groupes de mammifères marins sont sensibles (p. ex. les pondérations de fréquence pour divers groupes de mammifères marins, compte tenu de leur largeur fonctionnelle), et d'autres facteurs pertinents. Pour les sons impulsifs, comme les impulsions de source sismique, les nouvelles directives intègrent les fonctions de pondération auditive des mammifères marins et une double mesure du niveau d'exposition au bruit cumulatif (SEL_{cum} sur 24 heures) et du niveau de pression acoustique de pointe ($\text{dBnps}_{\text{plat}}$). On suppose que l'apparition du déplacement permanent de seuil est de 15 dB ou 6 dB plus élevé que le déplacement temporaire de seuil lorsque l'on tient compte respectivement du SEL_{cum} et du $\text{dBnps}_{\text{plat}}$. Des seuils différents ont été établis pour les divers groupes auditifs, y compris les cétacés de basse fréquence (p. ex. les baleines à fanons), les cétacés de moyenne fréquence (p. ex. la plupart des delphinidés et des baleines à bec), les cétacés de haute fréquence (p. ex. le marsouin et le cachalot nain et le cachalot pygmée), les phocidés et les otariidés sous l'eau (tableau 2). À l'heure actuelle, ces seuils servent de base à l'établissement des rayons de sécurité (arrêt) pour les levés sismiques menés dans des zones sous juridiction américaine. Le NMFS (2016, 2018)

indique que la plus grande distance entre les deux critères (SEL_{cum} ou $dBnps_{plat}$ de pointe) doit être utilisée comme rayon de sécurité. Il faut reconnaître qu'un certain nombre de limites et d'incertitudes sont associées à ces critères de blessures (Southall *et al.*, 2007). Les degrés faibles ou modérés de déplacement temporaire de seuil, jusqu'à au moins 30 dB d'élévation du seuil, ne sont pas considérés comme une blessure (Southall *et al.* 2007; Le Prell 2012); au-delà de ce niveau, le TTS peut se classer en déplacement permanent de seuil (PTS) (Le Prell 2012).

Tableau 2. Le déplacement permanent de seuil pour divers groupes auditifs des mammifères marins (NMFS 2016, 2018)^a. Les déplacements temporaires de seuil correspondants sont également indiqués.

Groupe auditif	Cétacé basse fréquence	Cétacé moyenne fréquence	Cétacé haute fréquence	Phocidés et pinnipèdes sous l'eau	Otariidés et pinnipèdes ^b sous l'eau
Déplacement permanent de seuil (PTS)					
Seuil du SEL_{cum} (dB)	183	185	155	185	203
Seuil du $dBnps_{plat}$ de pointe (dB)	219	230	202	218	232
Déplacement temporaire de seuil (TTS)					
Seuil du SEL_{cum} (dB)	168	170	140	170	188
Seuil du $dBnps_{plat}$ de pointe (dB)	213	224	196	212	226

^a Depuis la publication des nouvelles directives techniques par le NMFS (2016, 2018), Southall *et al.* (2019) ont fourni des recommandations scientifiques à jour concernant les critères d'exposition au bruit pour les conséquences sur l'ouïe. Les valeurs du déplacement permanent de seuil demeurent inchangées comparativement à celles présentées par le NMFS (2016, 2018) et Finneran (2016), mais comprennent tous les mammifères marins et une nouvelle classification des groupes auditifs.

^b En plus des otariidés, les morses, les ours polaires et les loutres de mer font partie dans ce groupe.

Le déplacement temporaire de seuil est la forme la plus légère de déficience auditive qui peut survenir pendant l'exposition à un son fort (Kryter 1985). Dans le cas d'un déplacement temporaire de seuil, le seuil d'audition augmente et un son doit être plus fort pour être entendu. Il s'agit d'un phénomène temporaire et (surtout lorsqu'il est léger) n'est pas considéré comme représentant un dommage physique ou une « blessure » (Southall *et al.* 2007; Le Prell 2012). L'apparition d'un déplacement temporaire de seuil est plutôt considérée comme un indicateur que, si l'animal est exposé à des niveaux plus élevés de son, des dommages physiques sont possibles. Toutefois, des recherches ont démontré que l'exposition au son peut causer une dégénérescence neuronale cochléaire, même lorsque les changements de seuil et les dommages aux cellules auditives internes sont réversibles (Kujawa et Liberman 2009; Liberman 2016). Ces constatations ont soulevé certains doutes quant à savoir si le déplacement temporaire de seuil devrait continuer d'être considéré comme un effet non assimilable à une blessure (Weilgart, 2014; Tougaard *et al.*, 2015, 2016).

Afin de fournir un contexte, les plages prévues pour des seuils de déclenchements de déplacement permanent de seuil (d'après le NMFS 2018) pour une grappe de bulleurs récemment modélisé (5 085 po³; niveau de source de 235 dB re 1 μPa_{rms}) au large de Terre-Neuve étaient inférieures à la distance de zone de sécurité minimale actuelle de 500 m dans l'EPC (Zykov 2018). Deux sites (profondeur d'eau de 500 m et de 1 180 m) ont été modélisés dans la région de Sackville Spur (c.-à-d. au nord de Flemish Pass) à deux périodes différentes

de l'année. Les niveaux sonores estimés de la grappe de bulleurs (5 085 po³) étaient supérieurs au seuil de blessures de pointe (début du déplacement permanent de seuil) pour la plupart des groupes de mammifères marins se trouvant à moins de 40 m de la grappe. On prévoyait que les niveaux sonores diminueraient pour se situer en deçà du seuil de blessure de pointe pour les cétacés qui entendent les hautes fréquences légèrement plus loin (c.-à-d. à moins de 190 m de la grappe de bulleurs). Compte tenu de la mesure du SEL_{cum} pour les blessures, une fois de plus, il faudrait que la plupart des mammifères se trouvent et demeurent près de la grappe de bulleurs, soit à une distance inférieure à 40 m et jusqu'à 160 m, pour, en théorie, subir des lésions auditives (déplacement permanent de seuil). Cela suppose également que les mammifères marins se trouvent à l'intérieur de ces zones de la grappe de bulleurs pendant une période de 24 heures. Ce scénario est peu probable, particulièrement dans le cas d'une source sonore en mouvement. De même, la modélisation acoustique de cinq grappes de bulleurs (allant de 4 808 à 6 420 po³ et avec une source ayant un niveau compris entre 235 et 247 dB re 1 µPa_{rms}) devant fonctionner pour la zone extérieure du plateau continental de l'Atlantique Sud et du centre des États-Unis prévoyait que le déplacement permanent de seuil pour divers groupes de mammifères marins se situait généralement bien à l'intérieur de l'isoplèthe radiale de 500 m sur la base de la pression de pointe (NOAA 2018). L'exception concernait les cétacés à haute fréquence et, par conséquent, le NMFS exigeait une plus grande zone de sécurité (1 500 m) pour ce groupe de mammifères marins.

Nowacek *et al.* (2013) ont déclaré qu'il existe suffisamment de données scientifiques pour conclure que les sources sismiques ont une faible probabilité de nuire directement à la majeure partie de la vie marine, sauf à proximité de la source, où des blessures physiques peuvent survenir. Plusieurs aspects des mesures de surveillance et d'atténuation qui sont maintenant souvent mises en œuvre dans le cadre de projets de levés sismiques visent à détecter les mammifères marins qui se trouvent près de la grappe de bulleurs et pour éviter de les exposer à des impulsions sonores qui pourraient, du moins en théorie, causer une déficience auditive. En outre, de nombreux cétacés et pinnipèdes (de façon limitée) évitent la zone où les niveaux de son de source sismique sont suffisamment élevés pour qu'une déficience auditive puisse survenir. Dans ces cas, le fait que les animaux eux-mêmes évitent la zone réduira ou (fort probablement) empêchera la possibilité d'une déficience auditive.

4.1.2 Réponses comportementales

Depuis 2004, au moins 139 nouvelles publications présentent des informations sur les comportements attribuables aux ondes de levés sismiques sur les mammifères marins. Les nouvelles publications appuient généralement les conclusions antérieures concernant la réaction des baleines à fanons, des odontocètes et des pinnipèdes au son d'une source sismique. Les réponses au son de sources sismiques des mammifères marins, le cas échéant, dépendent de nombreux facteurs, notamment l'espèce, l'activité en cours (p. ex. la migration, l'alimentation), le degré de maturité et l'expérience (Southall *et al.* 2007; Weilgart 2007; Ellison *et al.* 2012). La plupart des mammifères marins (c.-à-d. les espèces pour lesquelles des données sont disponibles) évitent au moins de façon localisée les grappes de bulleurs, certaines espèces évitant une zone à des distances allant de 20 à 30 km dans certaines situations (p. ex. les baleines boréales en migration; Miller *et al.* 1999; Richardson *et al.* 1999). Plusieurs études ont souligné que si une source sonore déplace les mammifères marins d'une importante zone d'alimentation ou de reproduction pendant une période prolongée, les répercussions sur les individus et les populations pourraient être importantes (Lusseau et Bejder 2007; Weilgart 2007; New *et al.* 2013; Nowacek *et al.* 2015; Forney *et al.* 2017). Cela n'a pas été démontré pour les levés sismiques, mais peu d'études, voire aucune, ont examiné directement cette question en ce qui concerne les sons de source sismique. Il convient de souligner que le seuil actuel du NMFS pour le harcèlement de niveau B (comportement) à partir

du son pulsé est de 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{\text{rms}}$ bien que ce critère devrait également être révisé à l'avenir (Scholik-Schlomer 2015). Même si ce critère n'a pas été adopté officiellement au Canada (et qu'il ne comporte aucun autre critère comportemental), il est utilisé régulièrement comme guide dans les évaluations environnementales des levés sismiques au Canada pour prévoir les réactions comportementales des mammifères marins. Comme les réponses comportementales, y compris celles au son de source sismique, sont très liées au contexte et ne sont pas systématiquement associées aux niveaux reçus, certains auteurs ont formulé des recommandations sur différentes approches d'évaluation des réponses comportementales (p. ex. Gomez *et al.* 2016; Harris *et al.* 2017). Par exemple, Gomez *et al.* (2016) ont recommandé une approche dichotomique (réponse/absence de réponse) qui peut représenter une mesure de l'impact en matière de perte et de dégradation de l'habitat.

Baleines à fanons

Les baleines à fanons ont généralement tendance à éviter les sources sismiques en exploitation, mais les rayons d'évitement sont assez variables. On signale souvent que les baleines ne réagissent pas manifestement aux impulsions de source sismique à des distances supérieures à quelques kilomètres, même si les niveaux sonores des impulsions de source sismique demeurent bien supérieurs au niveau de bruit ambiant à des distances beaucoup plus longues. Toutefois, les études réalisées depuis la fin des années 1990 sur les rorquals à bosse et les baleines boréales en migration montrent des réactions, y compris l'évitement, qui vont parfois à des distances plus grandes que celles décrites précédemment. Les distances d'évitement dépassent souvent les distances auxquelles les observateurs sur les navires peuvent voir des baleines, de sorte que les observations à partir du navire de la source sismique peuvent être biaisées. Des observations sur des zones plus vastes pourraient être nécessaires pour déterminer la gamme des effets potentiels de certains levés sismiques de grande envergure pour lesquelles les effets sur les cétacés peuvent s'étendre sur des distances considérables (Bain et Williams 2006; Moore et Angliss 2006). Au besoin, des observations à plus longue portée peuvent parfois être obtenues au moyen de levés aériens systématiques ou d'observations aériennes du comportement (p. ex. Miller *et al.* 2005; Yazvenko *et al.* 2007a,b) ou par le recours à des observateurs sur un ou plusieurs navires de support travaillant en coordination avec les navires sismiques (p. ex. Smultea *et al.* 2004; Johnson *et al.* 2007). Toutefois, la présence d'autres navires près du navire sismique peut, au moins à certains moments, réduire la visibilité des cétacés à partir du navire sismique (Beland *et al.*, 2009), ce qui complique l'interprétation des données d'observation.

Certaines baleines à fanons montrent une tolérance considérable aux impulsions sismiques. Toutefois, lorsque les impulsions sont suffisamment fortes, l'évitement ou d'autres changements de comportement deviennent évidents. Comme la réactivité est variable et que les réponses deviennent moins évidentes lorsque le niveau sonore reçu diminue, il est difficile de déterminer la distance maximale (ou le niveau sonore minimal reçu) à laquelle les réactions au bruit sismique deviennent évidentes et, par conséquent, combien de baleines sont touchées. La réactivité dépend de la situation (Richardson *et al.* 1995; Ellison *et al.* 2012).

Parmi les études comportementales qui étudient la réponse des mysticètes aux levés sismiques effectués depuis 2004, l'étude pluriannuelle « Behavioral Response of Australian Humpback Whales to Seismic Surveys » (BRAHSS – la réponse comportementale des rorquals à bosse australiens concernant les levés sismiques) fournit une analyse détaillée sur la réponse des rorquals à bosse aux ondes de levés sismiques (p. ex. Cato *et al.* 2013). L'étude BRAHSS a été menée sur des rorquals à bosse sur les côtes est et ouest de l'Australie lors de leurs migrations vers le sud en septembre et octobre, de 2010 à 2014. Le schéma expérimental était assez complexe, avec des groupes expérimentaux et des groupes témoins, une analyse de l'efficacité statistique avant l'essai, une gamme d'expositions sonores et un plan d'intensification en quatre

étapes (Cato *et al.* 2013). Le schéma expérimental est passé de l'utilisation d'un seul bulleur (20 po³) en 2010 à une grappe sismique commerciale entièrement opérationnelle comprenant une procédure d'intensification en 2014. Dunlop *et al.* (2015) ont signalé que les rorquals à bosse réagissaient au navire exploitant la source sismique unique en diminuant leur temps de plongée et leur vitesse de migration vers le sud. Toutefois, les mêmes réponses ont été obtenues durant les essais de contrôle sans source sismique active, ce qui donne à penser que les rorquals à bosse réagissaient au navire de la source sismique plutôt qu'à la source sismique même. Une intensification n'était pas plus efficace pour inciter les rorquals à bosse à s'éloigner du navire comparativement à une source constante à un niveau de bruit plus élevé de 140 po³, bien qu'une augmentation par rapport à la distance de la grappe de bulleurs ait été constatée dans les deux cas (Dunlop *et al.* 2016a). On a également remarqué un évitement lorsqu'aucune source sismique n'était opérationnelle, ce qui indique que la présence du navire lui-même avait un effet sur la réaction (Dunlop *et al.* 2016a,b). Dans l'ensemble, les résultats ont montré que les rorquals à bosse étaient plus susceptibles d'éviter les sources sismiques actives (de 20 po³ et de 140 po³) dans un rayon de 3 km et aux niveaux reçus d'au moins 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ (Dunlop *et al.* 2017a). Les réactions à l'intensification et à l'utilisation d'une grappe de 3 130 po³ ont entraîné des changements de comportement plus importants chez les rorquals à bosse comparativement aux petites grappes (Dunlop *et al.* 2016c). Les rorquals à bosse ont diminué le nombre de leur migration vers le sud ou ont dévié de leur trajectoire, évitant ainsi la grappe active, lorsqu'ils se trouvaient à moins de 4 km de la grande source sismique active, où les niveaux reçus étaient inférieurs à 130 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ (Dunlop *et al.* 2017 b, 2018). Ces résultats sont conformes à ceux d'études antérieures (p. ex. McCauley *et al.* 2000). Toutefois, certains individus n'ont pas manifesté de comportements d'évitement même à des niveaux allant de 160 à 170 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ (Dunlop *et al.* 2018). En outre, même dans les cas où il n'y a pas d'évitement ou de changement manifeste de l'activité à la suite d'une exposition à des impulsions sonores provenant d'opérations sismiques à distance, il y a parfois des changements subtils dans le comportement (p. ex. cycles surface-respiration-plongée) qui ne sont mis en évidence que grâce à une analyse statistique détaillée (p. ex. Richardson *et al.* 1986; Gailey *et al.* 2007).

Les résultats obtenus par Moulton et Holst (2010) ont montré que, pendant les opérations avec un seul bulleur et pendant l'intensification, les baleines bleues étaient vues beaucoup plus loin du navire que pendant les périodes sans source sismique. Comme le démarrage d'un seul bulleur équivaut au début d'une intensification, cela donne à penser que les baleines à fanons commenceront à s'éloigner au cours des premières étapes d'une intensification. Toutefois, il y aura probablement des variations (c.-à-d. espèces, contexte) dans la réponse des baleines à fanons à l'intensification.

Les données sur les réactions à court terme des cétacés à des sons impulsifs n'indiquent pas nécessairement des répercussions à long terme ou biologiquement importantes. On ne sait pas si les sons impulsifs affectent le taux de reproduction ou la distribution et l'utilisation de l'habitat dans les jours ou les années suivantes. Castellote *et al.* (2012) ont signalé que les rorquals communs évitaient leur possible zone hivernale pendant une longue période (au moins 10 jours) après la fin des opérations sismiques dans la mer Méditerranée. Cependant, les baleines grises ont continué de migrer annuellement le long de la côte ouest de l'Amérique du Nord malgré une exploration sismique intermittente (et un important trafic maritime) dans cette région depuis des décennies (dans l'annexe A de Malme *et al.* 1984; Richardson *et al.* 1995), et la population a augmenté considérablement au cours des dernières décennies (Allen et Angliss, 2013). La population de baleines grises de l'ouest du Pacifique ne semblait pas affectée par un levé sismique dans sa zone d'alimentation au cours d'une année antérieure (Johnson *et al.* 2007). De même, les baleines boréales ont continué de se rendre dans l'est de la mer de Beaufort chaque été malgré les travaux d'exploration sismique effectués durant l'été

et l'automne pendant de nombreuses années, et leur nombre a considérablement augmenté (Allen et Angliss 2013). Des baleines boréales ont également été observées durant des jours ou des semaines dans leur aire d'alimentation estivale, dans des zones exposées à répétition à des sons provenant d'impulsions sismiques (Harris *et al.* 2007). Toutefois, on ne sait généralement pas si les mêmes baleines boréales ont été impliquées dans ces observations répétées (au cours des années visées et entre les années visées) dans des zones exposées de façon répétée.

Pirotta *et al.* (2018) ont utilisé un modèle d'état dynamique du comportement et de la physiologie pour évaluer les conséquences des perturbations (p. ex. levés sismiques) sur les baleines (dans ce cas, les baleines bleues). Ils ont constaté que l'impact d'une perturbation intense et localisée (p. ex. des levés sismiques) dépendait de la réaction comportementale de la baleine. Les baleines qui demeuraient dans la zone touchée risquaient plus de diminuer leur chance de reproduction que les baleines qui évitaient la perturbation. Les perturbations constantes, mais plus faibles (p. ex. le trafic maritime) semblent avoir moins d'effet sur les chances de reproduction. Néanmoins, en l'absence de certaines circonstances inhabituelles, les antécédents de coexistence entre les levés sismiques et les baleines à fanons suggèrent que de brèves expositions à des impulsions sonores provenant d'un seul levé sismique sont peu susceptibles d'entraîner des effets de perturbation prolongés.

Odontocètes

Les dauphins et les marsouins sont souvent vus par des observateurs à bord des navires sismiques actifs, parfois à faible distance (p. ex. à la proue). Toutefois, certaines études menées près du Royaume-Uni, de Terre-Neuve et de l'Angola, dans le golfe du Mexique et au large de l'Amérique centrale ont révélé une tendance d'évitement localisée (Holst *et al.* 2005a, 2006; Stone et Tasker 2006; Weir 2008; Barkaszi *et al.* 2009; Holst 2009; Richardson *et al.* 2009; Moulton et Holst 2010; Stone 2015). Le béluga est une espèce qui (du moins parfois) évite les navires sismiques sur de longues distances. Des levés aériens effectués en été dans le sud-est de la mer de Beaufort ont révélé que les taux de détection de bélugas étaient beaucoup plus faibles à des distances de 10 à 20 km qu'à des distances de 20 à 30 km d'une grappe de bulleurs en exploitation (Miller *et al.* 2005). Le nombre réduit d'observations de béluga par les OMM sur le navire semble confirmer qu'il y a eu une forte réaction d'évitement de la grappe de bulleurs de 2 250 po³. Des études de surveillance sismique plus récentes dans la même région ont confirmé que l'effet de déplacement apparent sur les bélugas s'est étendu plus loin que dans le cas d'autres petits odontocètes exposés à des impulsions de source sismique (p. ex. Harris *et al.* 2007). En revanche, les études récentes montrent peu de signes de réactions visibles des cachalots aux impulsions de source sismique, contrairement aux observations antérieures (Gordon *et al.* 2006; Stone et Tasker 2006; Winsor et Mate 2006; Jochens *et al.* 2008; Weir 2008; Barkaszi *et al.* 2009; Miller *et al.* 2009; Moulton et Holst 2010; Stone 2015).

Il n'y a presque pas de données spécifiques sur les réponses des baleines à bec aux levés sismiques, mais étant donné leurs réactions aux navires, il est probable que la plupart, sinon la totalité, des espèces affichent un comportement d'évitement. Les observations faites à partir de navires sismiques au large du Royaume-Uni de 1994 à 2010 ont indiqué que les taux de détection des baleines à bec étaient beaucoup plus élevés lorsque les sources sismiques ne fonctionnaient pas que lorsqu'une grande grappe était en service; toutefois, la taille des échantillons était petite (Stone 2015). Des détections (acoustiques ou visuelles) de baleines à bec communes ont été faites à partir de navires sismiques au cours de récents levés sismiques dans la région de l'Atlantique Nord-Ouest pendant des périodes avec et sans exploitation de source sismique (Moulton et Miller 2005; Potter *et al.* 2007; Moulton et Holst 2010). De même, d'autres études visuelles et acoustiques ont révélé que certaines baleines à bec communes

demeuraient dans la zone générale et continuaient de produire des clics à haute fréquence lorsqu'elles étaient exposées à des impulsions sonores provenant de levés sismiques distants (Laurinolli et Cochrane 2005; Simard *et al.* 2005).

Dans l'ensemble, les réactions des odontocètes aux grandes grappes de bulleurs sont variables et, du moins pour les delphinidés et certains marsouins, semblent être confinées à un rayon plus petit que celui observé pour certains mysticètes. Toutefois, d'autres données semblent indiquer que certaines espèces d'odontocètes, y compris les bélugas, pourraient être plus réceptives que prévu en raison de leur faible audition des basses fréquences. Des réactions à de plus grandes distances peuvent être particulièrement probables lorsque les conditions de propagation du son sont propices à la transmission des composantes à haute fréquence du son de la source sismique vers l'endroit où se trouvent les animaux (DeRuiter *et al.* 2006; Goold et Coates 2006; Tyack *et al.* 2006a; Potter *et al.* 2007).

Pinnipèdes

La surveillance visuelle à partir de navires sismiques n'a révélé qu'un léger évitement (le cas échéant) des sources sismiques, ou changements dans le comportement des pinnipèdes (Miller *et al.* 2005; Funk *et al.* 2010; Hannay *et al.* 2011; Stone 2015). Ces études montrent que de nombreux pinnipèdes n'évitent pas la zone située à moins de quelques centaines de mètres d'une grappe de bulleurs en exploitation. Toutefois, d'après les études portant sur un échantillon de grande taille ou les observations provenant d'un navire de surveillance distinct ou par radiotéléométrie, il est évident que certains phocidés évitent localement des sources sismiques d'exploitation (p. ex. Thompson *et al.* 1998). La nature limitée de cette tendance à l'évitement est préoccupante. Elle laisse entendre que l'on ne peut pas compter sur les pinnipèdes pour s'éloigner un peu, ou beaucoup, avant de recevoir des niveaux de bruit d'un navire de levé sismique qui approche et qui pourrait causer une déficience auditive.

Mammifères marins dans les eaux couvertes de glace

L'information disponible au sujet de la réaction des mammifères marins aux levés sismiques effectués dans les eaux recouvertes de glace est limitée. La surveillance des mammifères marins effectuée dans le cadre de levés sismiques en 2D de 2009 à 2011 dans des eaux recouvertes de glace au large du nord-est du Groenland fournit des renseignements limités (Jones *et al.* 2009; Lang et Mactavish 2011; Mactavish et Lang 2011). Dans les régions où la glace est épaisse, on a observé régulièrement des pinnipèdes (phoque à capuchon, phoque du Groenland, phoque barbu, phoque annelé et morse) et des ours polaires sur la glace, et les taux et distances de détection documentés par les OMM ne différaient pas considérablement durant les périodes où il y avait ou non activité de la source sismique. Dans les zones où la concentration de glace était moindre, les cétacés (rorqual bleu, rorqual commun, rorqual boréal, petit rorqual et baleine à bec commune) ont été observés en petit nombre. Il n'y avait aucune indication claire que les cétacés étaient perturbés par les opérations des sources sismiques. Dans l'ensemble, le faible nombre d'observations de cétacés (en particulier pendant les périodes non sismiques) justifie une certaine prudence dans les conclusions à tirer pour déterminer si les mouvements et le comportement initial des mammifères marins indiquent qu'ils évitent les sources sismiques. Dans le cas des pinnipèdes, de nombreux individus ont d'abord été observés sur la glace et le comportement qu'ils ont manifesté peut-être en réponse aux repères visuels du navire sismique et à la présence d'un brise-glace ou du son à l'extérieur de l'eau par rapport au son de la source sismique.

4.1.3 Le masquage

Le masquage est l'occultation des sons d'intérêt par des sons parasites, généralement à des fréquences comparables. L'introduction d'un son sous-marin réduira, par le masquage, la

distance de communication efficace d'une espèce de mammifères marins si la fréquence de la source est proche de celle utilisée comme signal par le mammifère marin, et si le son anthropique est présent pendant une fraction importante du temps (Clark *et al.* 2009; Jensen *et al.* 2009; Gervaise *et al.* 2012; Hatch *et al.* 2012; Rice *et al.* 2014; Erbe *et al.* 2016; Tenessen et Parks 2016; Jones *et al.* 2017; Putland *et al.* 2017; Cholewiak *et al.* 2018; Dunlop 2018). À l'inverse, s'il y a peu ou pas de chevauchement entre le son introduit et les fréquences utilisées par l'espèce, la communication ne devrait pas être perturbée. De plus, si le son introduit n'est présent que rarement, la communication ne devrait être que peu ou pas perturbée. Outre la fréquence et la durée du son de masquage, l'intensité, le schéma temporel et l'emplacement du son introduit jouent également un rôle dans l'étendue du masquage (Branstetter *et al.* 2013, 2016; Finneran et Branstetter 2013; Sills *et al.* 2017). Les répercussions biologiques d'une perte d'espace de communication, dans la mesure où cela se produit, sont inconnues.

Le rapport cyclique des sources sismiques est faible; les sons des sources sismiques sont pulsés, avec des intervalles assez calmes entre les impulsions. Dans la plupart des cas, les sons puissants émis par une source sismique ne seront reçus que pendant une courte période (<1 s), ces impulsions sonores étant séparées par au moins plusieurs secondes de silence relatif, et plus longtemps dans le cas de levés à pénétration profonde ou de levés par réfraction. Une seule grappe de bulleurs causerait un fort masquage lorsque les conditions de propagation sont telles que le son de chaque impulsion de source sismique se répercute fortement et persiste pendant une grande partie ou la totalité de l'intervalle jusqu'à l'impulsion suivante (p. ex. Simard *et al.* 2005; Clark et Gagnon 2006). Les situations où la réverbération est forte et prolongée sont rares, mais il y a de plus en plus d'indications que cela pourrait être plus préoccupant pour les mammifères marins qu'on ne le pensait auparavant, en particulier si l'on tient compte de la tenue simultanée de multiples levés sismiques. La réverbération entraîne souvent une légère élévation du niveau de bruit de fond entre les impulsions de la source sismique (p. ex. Gedamke 2011; Guerra *et al.* 2011, 2016; Klinck *et al.* 2012; Guan *et al.* 2015) et, dans une certaine mesure, cette faible réverbération réduit probablement la portée de détection des appels et autres sons naturels. Guerra *et al.* (2016) ont signalé que les niveaux de bruit ambiant entre les impulsions sismiques étaient élevés en raison de la réverbération à une distance de 50 km de la source sismique. Sur la base de mesures en eaux profondes de l'océan Austral, Gedamke (2011) a estimé que la légère élévation des niveaux de bruit de fond pendant les intervalles entre les impulsions réduisait l'espace de communication du rorqual bleu et du rorqual commun de 36 à 51 % lorsqu'un levé sismique était en cours à une distance comprise entre 450 et 2 800 km. Selon la modélisation préliminaire, Wittekind *et al.* (2016) ont indiqué que les sons de source sismique peuvent réduire la portée de communication des rorquals bleus et des rorquals communs situés à 2 000 km de la source sismique. Nieu Kirk *et al.* (2012) et Blackwell *et al.* (2013) ont relevé le potentiel de masquage des levés sismiques sur les grandes baleines.

Bien que les effets de masquage des sons pulsés sur les appels des mammifères marins et autres sons naturels devraient être limités, il existe peu d'études spécifiques sur le sujet. Certaines baleines continuent d'appeler en présence d'impulsions sismiques, et on peut souvent entendre des appels de baleines entre les impulsions sismiques (p. ex. Nieu Kirk *et al.* 2004, 2012; Smultea *et al.* 2004; Holst *et al.* 2005a,b, 2006, 2011; Dunn et Hernandez 2009; Thode *et al.* 2012; Bröker *et al.* 2013; Cerchio *et al.* 2014; Sciacca *et al.* 2016). Toutefois, certaines de ces études ont trouvé des preuves de réduction des appels (ou du moins de réduction des taux de détection des appels) en présence d'impulsions sismiques. Un rapport indique que les rorquals communs appelants répartis dans une partie de l'Atlantique Nord sont restés silencieux pendant une période prolongée commençant peu après le début d'un levé sismique dans la région (Clark et Gagnon 2006). Ce document ne permet pas de déterminer avec certitude si les baleines ont cessé d'appeler à cause du masquage ou s'il s'agissait d'une

réponse comportementale qui ne concernait pas directement le masquage. En outre, les baleines boréales de la mer de Beaufort diminuent apparemment leur taux d'appel en réponse aux opérations sismiques, bien que les déplacements hors de la zone contribuent également au plus faible taux de détection des appels (Blackwell *et al.* 2013, 2015). Par contre, Di Iorio et Clark (2010) ont constaté que les rorquals bleus dans l'estuaire du Saint-Laurent avaient augmenté leurs taux d'appel pendant les opérations d'une source sismique à faible énergie. L'étinceleur utilisé pendant l'étude émettait des fréquences comprises entre 30 et 450 Hz avec un niveau de source relativement faible de 193 dB re 1 $\mu\text{Pa}_{(\text{pointe})}$. Il existe des preuves montrant que le chant des rorquals communs enregistré en Méditerranée avait une largeur de bande plus faible pendant les périodes où il y avait des sons de source sismique que pendant celles où il n'y en avait pas (Castellote *et al.* 2012).

Des études récentes sur les cachalots ont montré que ces derniers continuaient à appeler en présence d'impulsions sismiques (Smultea *et al.* 2004; Holst *et al.* 2006, 2011; Jochens *et al.* 2008; Nieukirk *et al.* 2012). Parsons *et al.* (2006) ont noté que les sons émis par les sources sismiques ne devraient pas causer un masquage important des appels des cachalots étant donné la nature intermittente des impulsions des sources sismiques. (Toutefois, on peut s'attendre à un certain masquage limité en raison des effets de réverbération, comme indiqué ci-dessus.) On entend aussi souvent des dauphins et des marsouins appeler pendant l'activité des sources sismiques (Gordon *et al.* 2004; Smultea *et al.* 2004; Holst *et al.* 2005a,b, 2011; Potter *et al.* 2007). Les effets de masquage des impulsions sismiques devraient être négligeables dans le cas des petits odontocètes, étant donné la nature intermittente des impulsions sismiques et le fait que les sons importants pour eux se situent principalement à des fréquences beaucoup plus élevées que les composantes dominantes des sons des sources sismiques.

Les pinnipèdes, les siréniens et les loutres de mer ont la meilleure sensibilité auditive ou produisent la plupart de leurs sons à des fréquences plus élevées que les composantes dominantes du son de sources sismiques, mais il y a un certain chevauchement dans les fréquences des impulsions de source sismique et de leurs appels. Sills *et al.* (2017) ont signalé que les sons de source sismique enregistrés à 1 km de la source peuvent avoir masqué la détection des sons de basse fréquence par des phoques annelés et tachetés complètement au début (200 ms initiales) de l'impulsion de source sismique lorsque l'amplitude du signal est variable. Ghaul et Reichmuth (2016) ont rapporté que l'ouïe des loutres de mer est très sensible sous l'eau entre 8 et 16 kHz. Cependant, leur audition n'est pas spécialisée pour détecter les sons dans le bruit de fond. Toutefois, la nature intermittente des impulsions de source sismique réduit probablement le potentiel de masquage.

On sait que certains cétacés augmentent le niveau de source de leurs appels, modifient leur fréquence de pointe ou modifient autrement leur comportement vocal en réponse à un bruit accru (Nieukirk *et al.* 2005; Scheifele *et al.* 2005; Parks *et al.* 2007, 2009, 2011, 2012, 2016a,b; Hanser *et al.* 2009; Holt *et al.* 2009; Di Iorio et Clark 2010; McKenna 2011; Castellote *et al.* 2012; Melcón *et al.* 2012; Risch *et al.* 2012; Tyack et Janik 2013; Luís *et al.* 2014; Sairanen 2014; Blackwell *et al.* 2015, 2017; Papale *et al.* 2015; Bittencourt *et al.* 2016; Dahlheim et Castellote 2016; Gospić et Picciulin 2016; Heiler *et al.* 2016; Martins *et al.* 2016; O'Brien *et al.* 2016; Robertson *et al.* 2017; Fernet *et al.* 2018; Tsujii *et al.* 2018). Cependant, Holt *et al.* (2015) ont signalé que les modifications de vocalisation peuvent avoir augmenté les besoins énergétiques de certains mammifères marins. En fin de compte, les « coûts » biologiques potentiels de ces changements dans les vocalisations sont inconnus. Les mammifères marins disposent de mécanismes qui améliorent la capacité de détection des signaux en présence de sons, notamment la diminution spatiale du masquage, la diminution de

la co-modulation du masquage, ainsi que la stratégie d'écoute en creux (voir Erbe *et al.* 2016 pour un aperçu).

4.1.4 Autres effets physiques

Des problèmes physiques non auditifs peuvent également se produire chez les mammifères marins exposés à de fortes pulsations sonores sous-marines. Les différents problèmes physiologiques non auditifs ou les blessures qui pourraient (en théorie) se produire comprennent le stress⁷, les troubles neurologiques, la formation de bulles de gaz et les dommages aux organes ou aux tissus qui en découlent, résultant d'un changement de comportement en plongée en réponse à une exposition acoustique. On sait très peu de choses sur la possibilité que les ondes de levés sismiques (ou d'autres types de son sous-marin puissants) puissent avoir des effets physiologiques non auditifs chez les mammifères marins et aucune nouvelle étude dirigée n'a été réalisée sur ce sujet depuis 2004. De tels effets, s'ils se produisaient, se limiteraient probablement principalement à de courtes distances et à des activités qui s'étendent sur une longue période. Les données disponibles ne permettent pas de déterminer un niveau d'exposition précis au-dessus duquel on peut s'attendre à des effets non auditifs (Southall *et al.* 2007), ni de prévoir de façon quantitative le nombre (le cas échéant) de mammifères marins qui pourraient être touchés de cette façon.

4.1.5 Mortalité et échouages

Il n'y a pas de preuve concluante d'échouage ou de mort de cétacés en mer suite à une exposition à des levés sismiques. Dix cas d'échouages dans la zone générale où un levé sismique était en cours ont conduit à des spéculations concernant un lien possible entre les levés sismiques et les échouages (Castellote et Llorens 2016). Les trois cas d'échouage de baleines à bec qui coïncidaient avec des levés sismiques et d'échouage à proximité d'exercices navals impliquant l'utilisation de sonars à moyenne fréquence suggèrent qu'il faut être prudent dans la conduite de levés sismiques dans les zones occupées par des baleines à bec jusqu'à ce qu'on en sache plus sur les effets des levés sismiques sur ces espèces (Hildebrand 2005; Castellote et Llorens 2016). Les impulsions sismiques et les signaux des sonars à moyenne fréquence sont très différents, et certains mécanismes par lesquels on a supposé que les sons des sonars affectent les baleines à bec sont peu susceptibles de s'appliquer aux impulsions des sources sismiques. Les sons produits par les grappes de bulleurs sont des impulsions à large bande dont la plus grande partie de l'énergie est inférieure à 1 kHz. Les sonars navals à fréquence moyenne habituels émettent des sons non impulsionsnels à des fréquences de 2 à 10 kHz, généralement avec une bande passante relativement étroite en une fois (bien que la fréquence puisse changer au fil du temps). Par conséquent, il n'est pas approprié de supposer que les effets des levés sismiques sur les baleines à bec ou d'autres espèces seraient les mêmes que les effets apparents du sonar naval. L'un des mécanismes hypothétiques par lesquels les sonars navals conduisent à des échouages pourrait, en théorie, s'appliquer également aux levés sismiques : si les sons forts amènent parfois les espèces qui plongent en profondeur à modifier leurs cycles surface-plongée de manière à provoquer la formation de bulles dans les tissus, ce mécanisme hypothétique pourrait s'appliquer aux levés sismiques

⁷ La réponse au stress physiologique chez les mammifères marins est complexe et mal comprise. Plusieurs variables qui peuvent être mesurées dans la graisse, le sang et les matières fécales peuvent servir d'indicateurs du niveau de stress chez les mammifères marins, notamment le cortisol, l'hormone adrénocorticotrope et l'aldostérone (voir Champagne *et al.* 2018).

ainsi qu'aux sonars navals à moyenne fréquence. Cependant, il n'y a pas de preuve précise de ce phénomène lors de l'exposition à des impulsions de source sismique.

4.2 TORTUES MARINES

Il y a eu beaucoup moins d'études sur les effets du son de source sismique (ou de tout type de son) sur les tortues marines par rapport aux mammifères marins, et on sait peu de choses sur les niveaux sonores qui provoqueront ou non divers types de réactions comportementales (Nelms *et al.* 2016). À titre de rappel, les données limitées disponibles indiquent que la gamme de fréquences de la meilleure sensibilité auditive des tortues marines s'étend d'environ 100 à 700 Hz (Bartol et Ketten 2006; Ketten et Bartol 2006; Yudhana *et al.* 2010a,b; Martin *et al.* 2012; Piniak *et al.* 2012a,b; 2016; Lavender *et al.* 2014), ce qui recoupe largement les fréquences dominantes produites par les impulsions de source sismique. Compte tenu de cela, et des niveaux d'énergie élevés des impulsions de la source sismique, nous pouvons conclure que les tortues marines entendent ces sons. On a émis l'hypothèse que les tortues marines pourraient être moins exposées au bruit des sources sismiques parce qu'elles passent généralement beaucoup de temps près de la surface de l'eau. Les niveaux de réception des sons sous-marins à basse fréquence diminuent près de la surface en raison des phénomènes de relâchement de la pression et d'interférence qui se produisent à la surface et près de celle-ci (Urick 1983; Richardson *et al.* 1995; Potter *et al.* 2007).

Depuis 2004, des données sur le comportement des tortues marines à proximité des opérations des sources sismiques ont été recueillies dans le cadre de programmes de surveillance et d'atténuation des mammifères marins et des tortues marines associés à diverses opérations sismiques dans le monde. La conclusion générale est que certaines tortues marines présentent des changements de comportement ou de l'évitement dans une zone localisée autour d'un navire de levé sismique en activité, bien que des tortues aient également été observées à l'intérieur d'un rayon de 100 m d'une grappe de bulleurs en activité lors de levés effectués à partir de navires (voir Holst *et al.* 2006; Weir 2007; Holst et Smultea 2008; DeRuiter et Doukara 2012).

Par exemple, au cours de six levés de grande source (de 3050 à 8760 po³) et de petite source (de 75 à 1350 po³) réalisés par l'observatoire terrestre Lamont-Doherty (L-DEO) entre 2003 et 2005, le point de rapprochement maximal moyen des tortues était plus proche en période non sismique qu'en période sismique : 139 m par rapport à 228 m et 120 m par rapport à 285 m, respectivement (Holst *et al.* 2006). Lors d'un levé sismique de grande source réalisé par l'observatoire terrestre Lamont-Doherty au large de la côte Pacifique de l'Amérique centrale en 2008, le taux d'observation des tortues pendant les périodes non sismiques était sept fois supérieur à celui des périodes sismiques (Holst et Smultea 2008). En outre, les distances des tortues observées à partir du navire sismique étaient beaucoup plus éloignées de la grappe de bulleurs en activité (moyenne de 159 m, $n = 77$) que lorsque les sources sismiques étaient arrêtées (moyenne de 118 m, $n = 69$; test de Mann-Whitney, P inférieur à 0,001) (Holst et Smultea 2008). Lors d'un autre levé réalisé par l'observatoire terrestre Lamont-Doherty dans le Pacifique tropical oriental en 2008, le taux d'observation des tortues pendant les périodes non sismiques était 1,5 fois supérieur à celui des périodes sismiques. Cependant, les tortues étaient généralement observées plus près de la grappe de bulleurs lorsqu'elle était en fonctionnement, mais cette différence n'était pas statistiquement significative (Hauser *et al.* 2008).

Weir (2007) a fait état du comportement des tortues marines à proximité d'activités d'exploration sismique en Angola, en Afrique de l'Ouest. Au total, 240 tortues marines ont été observées pendant 676 h de surveillance en mer, principalement pour les mesures d'atténuation associées aux mammifères marins. Des grappes de bulleurs ayant des volumes totaux de 5 085 et 3 147 po³ ont été utilisées à différents moments durant le programme sismique. Les tortues

marines avaient tendance à être légèrement plus près de la source sismique et à des taux d'observation deux fois plus élevés, durant les périodes non sismiques par rapport aux périodes sismiques (Weir 2007). Cependant, il n'y a pas eu de différence significative dans la distance médiane des observations de tortues par rapport aux grappes pendant les périodes non sismiques par rapport aux périodes sismiques, avec des moyennes de 743 m ($n = 112$) et 779 m ($n = 57$). DeRuiter et Doukara (2012) ont observé qu'un petit nombre de tortues caouannes se prélassant ($n = 6$ sur 86 tortues dont le comportement a été observé) ont manifesté une réaction apparente de sursaut immédiatement après une impulsion de source sismique. Les tortues en plongée (49 des 86 individus) ont été observées à des distances allant de 50 à 839 m du centre de la grappe de bulleurs. Le niveau sonore estimé à la distance médiane de 130 m était de 191 dB re 1 μ Pa (pointe). Ces observations ont été faites pendant environ 150 h de surveillance à partir d'un navire sismique utilisant activement une grappe de bulleurs (2 440 po³) au large de l'Algérie. Aucun effort d'observation correspondant n'a été effectué pendant les périodes où la grappe de bulleurs était inactive (DeRuiter et Doukara 2012).

Au large du nord-est du Brésil, 46 tortues marines ont été observées entre juin 2002 et août 2003 pendant 2 028 h de surveillance à partir de navire sismique utilisant de 4 à 8 sources sismiques GI (Parente *et al.* 2006). Bien qu'un peu plus de tortues marines aient été observées durant des périodes non sismiques (0,075 tortue par heure) que durant des périodes sismiques (0,054 tortue par heure), les taux d'observation n'étaient pas statistiquement significatifs. Il n'y avait pas de données détaillées sur le comportement durant les opérations sismiques (Parente *et al.* 2006). De Gurjão *et al.* (2005) ont laissé entendre que les tortues marines avaient peut-être fait preuve d'un certain évitement dans le cadre d'un levé sismique mené au large de l'état de Bahia, au Brésil, de janvier à mai 2002.

Peu d'études ont étudié directement la perte d'audition ou la perte d'audition induite par le son chez les tortues marines (Nelms *et al.* 2016). Il existe très peu de données sur la perte auditive temporaire et aucune sur la perte auditive permanente ou les blessures chez les tortues marines exposées à des impulsions de source sismique. Bien que des renseignements soient disponibles sur les effets de l'exposition aux sons provenant d'une seule source sismique sur les tortues marines captives, les conséquences acoustiques à long terme (le cas échéant) d'une activité sismique marine à grande échelle sur les tortues marines en liberté sont inconnues. Pour les sons impulsifs comme ceux provenant de sources sismiques, la Marine des États-Unis (2017) a proposé des seuils de déplacement permanent de seuil de 204 dB de niveau d'exposition au bruit cumulé et de 232 dB_{de pointe}.

Bien qu'il soit possible que l'exposition aux sons de source sismique cause la mortalité ou des blessures mortelles dans les tortues marines à proximité de la source, cela n'a pas été démontré et semble peu probable (Popper *et al.* 2014), d'autant plus qu'elles semblent très résistantes aux explosions (Ketten *et al.* 2005, dans Popper *et al.* 2014). Néanmoins, Popper *et al.* (2014) ont présenté des critères de mortalité et de blessure mortelle pour les sources sismiques de 210 dB de niveau d'exposition au bruit cumulé ou supérieur à 207 dB_{de pointe}; toutefois, ces critères reposaient en grande partie sur les effets des sons de battage de pieux sur les poissons.

L'empêchement des tortues dans les équipements sismiques et les collisions avec les navires pendant les opérations de prospection sismique sont également possibles, mais ne semblent pas être courants. Les entreprises géophysiques utilisent couramment des dispositifs d'exclusion des tortues pour réduire au minimum le risque d'empêchement. Les effets les plus importants sont susceptibles de se produire si les opérations sismiques ont lieu dans ou près des zones où les tortues se rassemblent, et aux saisons où elles s'y regroupent. Toutefois, il

n'existe pas de données précises qui démontrent les conséquences de telles opérations sismiques sur les tortues marines.

4.3 POISSONS ET INVERTÉBRÉS

Depuis la première analyse documentaire réalisée pour l'EPC en 2004, des progrès notables ont été réalisés dans la compréhension des effets potentiels de l'exposition aux ondes sismiques sur les invertébrés et les poissons marins. Les sections qui suivent résument les principaux ajouts aux ouvrages scientifiques depuis 2004.

Malgré les nouveaux renseignements obtenus depuis 2004, les données requises pour recommander des modifications ou des ajouts à l'EPC en ce qui concerne les invertébrés marins et les poissons sont toujours manquantes. Bon nombre des études sur les invertébrés et les poissons dont il est question ci-dessous ne sont pas représentatives de l'exposition de ces animaux à des sources sismiques sonores dans des conditions naturelles. Toutefois, étant donné l'absence d'études scientifiques sur ce sujet dans des conditions naturelles, les études ont été incluses dans le présent document. Les mesures d'atténuation actuelles consistant à éviter les zones de frai et les couloirs de migration restent quelque peu inapplicables étant donné le manque de données empiriques nécessaires pour décrire les aspects géographiques et temporels des zones de frai et des couloirs de migration importants. Bien qu'il existe des données sur l'emplacement des zones de frai et des couloirs de migration pour certaines espèces d'invertébrés et de poissons, nombre de ces données ont été recueillies quelque temps avant les changements récemment observés dans le milieu marin (par exemple, la température de l'eau et les courants).

4.3.1 Études applicables aux invertébrés et aux poissons marins

Une plus grande attention scientifique a récemment été accordée à la composante de mouvement des particules du son sous-marin, y compris le son des sources sismiques, en ce qui concerne son incidence sur les invertébrés marins et les meilleurs moyens de la mesurer pendant l'expérimentation (voir Nedelec *et al.* 2016; Roberts *et al.* 2016; Roberts et Elliott 2017; Popper et Hawkins 2018). Toutefois, la recherche à ce sujet en est à ses débuts et on en sait beaucoup moins sur les interactions entre cette composante des sons sous-marins et les invertébrés et les poissons marins, particulièrement du point de vue des effets du mouvement des particules sur ces types de biotes.

Parsons *et al.* (2015) ont cerné les principales lacunes dans les données pour comprendre les effets du son sous-marin sur les invertébrés et les poissons marins, fournissant ainsi un guide solide pour les études futures. Les priorités en matière de recherche établies au moyen de l'analyse des lacunes sont les suivantes :

- Décrire les paysages sonores;
- Décrire la façon dont les invertébrés et les poissons détectent le mouvement des particules (p. ex. variation du mécanisme, sensibilité au mouvement des particules, effets mesurables de l'exposition au mouvement des particules pour le mouvement des particules dans l'eau et dans le substrat);
- Décrire les mesures concrètes d'atténuation;
- Décrire le son reçu d'une manière cohérente (par exemple, par des mesures).

De nombreux documents de synthèse ont été publiés sur les répercussions potentielles des levés sismiques sur les invertébrés et les poissons marins, et sur la meilleure façon d'étudier

ces effets [p. ex., Carroll *et al.* 2017; Hawkins et Popper 2016]. Voici certaines des principales recommandations formulées dans ces documents d'analyse :

- Intégration d'une approche multidisciplinaire des études de manipulation (c'est-à-dire le mésocosme de laboratoire ou de champ contrôlé) et d'études in situ serait la façon la plus efficace d'établir des seuils de répercussions dans le contexte de niveaux d'exposition réalistes (Carroll *et al.* 2017);
- Conception et application de procédures de sélection et d'attribution de priorités aux espèces d'invertébrés et de poissons qui peuvent être particulièrement vulnérables à l'exposition aux ondes sismiques, y compris celles qui jouent un rôle important dans les écosystèmes locaux (Hawkins et Popper 2016);
- Mise au point de critères d'exposition au son valides et appropriés, propres aux invertébrés et aux poissons, qui permettront aux organismes de réglementation de fixer des limites au niveau des ondes sismiques admissibles dans certaines conditions (Hawkins et Popper 2016);
- Prise en compte des réactions physiques, physiologiques et comportementales réelles des individus et des groupes d'invertébrés et de poissons, particulièrement en ce qui concerne les changements qui peuvent avoir une incidence sur la condition physique et la santé des individus. Il faut faire la distinction entre les changements transitoires à court terme, dont les animaux se remettent habituellement rapidement, et ceux qui ont des effets durables sur les individus;
- Élaboration d'approches d'atténuation pour réduire les niveaux de sources d'ondes sismiques pour la pression acoustique, le mouvement des particules et les vibrations du substrat qui visent les invertébrés et les poissons plutôt que l'application d'approches (p. ex. l'intensification) qui ont été établies pour les mammifères marins et qui s'appliquent davantage à eux.

4.3.2 Études sur les invertébrés marins

Dans une étude récente, McCauley *et al.* (2017) ont mené une expérience dans le cadre de laquelle ils ont exposé le zooplancton au large des côtes (eau peu profonde) de la Tasmanie à une source sismique de 150 po³. Les observations de l'étude indiquent que les levés sismiques pourraient avoir un effet plus important sur les communautés de zooplancton que ce que l'on avait compris précédemment. Les échantillons traités de zooplanctons exposés à la source sismique ont montré un taux de mortalité de deux à trois fois plus important que pour le groupe témoin. Des impacts sur le zooplancton ont été observés à 1,2 km de la source sismique. Toutefois, la taille de l'échantillon et le nombre de répétitions étaient relativement faibles, étant donné que l'étude s'est déroulée sur deux jours seulement, ce qui peut donc être faussé en raison de la petite taille de l'échantillon. Un échantillonnage supplémentaire est nécessaire pour déterminer l'ampleur de l'impact du son de source sismique sur la mortalité du zooplancton.

Dans une étude complémentaire, Richardson *et al.* (2017) ont tenté de modéliser l'impact d'un levé sismique sur le zooplancton sur une échelle temporelle et spatiale plus grande que celle envisagée à l'origine par McCauley *et al.* (2017). Au total, la zone d'étude modélisée était d'une dimension de 80 km sur 36 km, avec une profondeur d'eau comprise entre 300 et 800 m. L'impact de la source sismique a été pris en compte pendant 35 jours. Les résultats de la modélisation indiquent que les impacts significatifs sur le zooplancton ne se produiraient probablement qu'à une échelle locale (c.-à-d. à l'intérieur de la zone de levé linéaire de 2,5 km), avec un impact moindre sur une plus grande échelle spatiale, ce qui contredit les résultats obtenus par McCauley *et al.* (2017). L'étude de Richardson *et al.* (2017) traite le comportement

d'évitement potentiel du zooplancton comme une raison possible pour laquelle McCauley *et al.* (2017) ont observé une diminution aussi marquée de l'abondance du zooplancton durant leur étude. Il est à noter que la biomasse de plancton s'est rétablie à environ 95 % de son niveau initial dans les deux à six jours suivant la fin de l'exposition. Aucun effet à grande échelle n'a été décelé.

Il convient de noter que le Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) des États-Unis prévoit une étude de suivi des effets des ondes sismiques sur le zooplancton qui est prévue dans les eaux plus profondes au large de la côte est des États-Unis ou dans le [golfe du Mexique](#).

D'autres études récentes sur les invertébrés et les ondes sismiques sont résumées ci-dessous.

Morris *et al.* (2018) ont mené une étude BACI de deux ans (2015-2016) examinant les effets de l'exploration sismique en 2D sur les taux de capture du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) le long de la pente continentale orientale des Grands Bancs de Terre-Neuve (Lilly Canyon et Carson Canyon). La grappe de bulleurs utilisée pendant les deux années de l'étude était exploitée à partir d'un navire d'exploration sismique commercial. La grappe avait un volume total de 4 880 po³, avec une pression opérationnelle de 2 000 psi, un niveau de pression acoustique horizontal de zéro au niveau de pointe pour chaque impulsion de 251 dB re 1 µPa à 1 m, et un niveau d'exposition au bruit de source de 229 dB re 1 µPa² s à 1 m. Le plus près que la source sismique soit passée à portée des enregistreurs sonores de la zone d'étude était de 1 465 m en 2015, alors qu'elle n'est passée qu'à 100 m des enregistreurs sonores en 2016. Dans l'ensemble, les résultats de l'étude indiquaient que le son du levé sismique commercial n'avait pas réduit de façon significative les taux de capture de crabes des neiges à court terme (c.-à-d. en jours) ou à long terme (c.-à-d. en semaines) au cours duquel l'étude a eu lieu. Aux fins de la présente étude, les auteurs ont conclu que, bien que la variabilité inhérente des données de capture par unité d'effort limitait la puissance statistique de l'étude, les résultats donnent à penser que si l'exposition aux ondes sismiques du crabe des neiges a des effets liés à la pêche, ces effets sont plus faibles que les changements liés à la variation spatiale et temporelle naturelle.

D'autres études sur les effets de l'exposition aux ondes sismiques sur le homard américain (*Homarus americanus*) ont été menées (voir Payne *et al.* 2007, 2015). Dans le cadre d'expériences pilotes en laboratoire et contrôlées sur le terrain menées par Payne *et al.* (2007), les niveaux de pression acoustique de pointe à pointe obtenus à partir des sources sismiques réelles variaient entre 202 et 227 dB. Les divers paramètres étudiés comprennent la survie, la consommation alimentaire, le taux de renouvellement, le taux de protéines sériques, le taux d'enzymes sériques, le taux de calcium sérique et l'histopathologie de l'hépatopancréas. Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les homards traités et les homards témoins en ce qui concerne la survie et le taux de renouvellement, des effets sublétaux ont été observés en ce qui concerne l'alimentation et les paramètres biochimiques du sérum. Le temps écoulé entre l'exposition et l'évaluation des animaux variait de quelques jours à quelques mois. Payne *et al.* (2007) ont mené une étude pilote en laboratoire portant sur les effets de l'exposition à des ondes de levés sismiques enregistrées sur le homard en ce qui concerne la mortalité, la pathologie clinique, l'histopathologie, la biochimie sérique et l'alimentation. Les niveaux de pression acoustique mesurés étaient de 180 dB de pointe à pointe, de 174 dB de zéro au niveau de pointe et de 171 dB_{rms}. Les animaux ont été examinés quelques heures après l'exposition de 8 heures. Aucun effet n'a été observé sur le taux de mortalité, la pathologie clinique manifeste ou l'alimentation. Un degré plus élevé de vacuolisation épithéliale et de dilatation tubulaire a été observé dans le tissu hépatopancréatique des homards traités comparativement aux homards témoins. Bien qu'il n'y ait pas de différences importantes entre les homards traités et les homards témoins en ce qui concerne la biochimie sérique, on a

observé une tendance à la baisse des concentrations de protéines et de triglycérides chez les animaux exposés. L'importance potentielle de ces observations sur les populations de homards américains n'a pas été expliquée en détail. Les circonstances d'exposition de cette étude (p. ex. temps d'exposition, niveaux sonores reçus) ne reflètent pas ce qui se produirait dans l'environnement naturel au cours d'un levé sismique.

Day *et al.* (2016a,b) ont mené une étude sur le terrain dans laquelle ils exposaient des langoustes femelles œuvées (*Jasus edwardsi*) à trois configurations différentes de bulleurs (niveaux de source pointe à pointe allant de 209 à 212 dB re 1 μ Pa). Le développement embryonnaire de la langouste a été évalué en fonction du nombre, de la morphologie, du contenu énergétique et de la compétence des larves naissantes. Il a été déterminé qu'aucune de ces variables n'était significativement différente pour les larves traitées comparativement aux larves témoins (Day *et al.* 2016a,b). Cependant, des effets non mortels ont été observés, notamment des modifications du temps de comportement des réflexes et de la chimie des hémolymphe, ainsi que des dommages apparents sur les statocystes (Day *et al.* 2016b). En plus de ces résultats associés aux homards, Day *et al.* (2017) ont signalé que l'exposition aux ondes sismiques augmentait également considérablement la mortalité des pétoncles (*Pecten fumatus*), en particulier pendant une période prolongée (c.-à-d. des mois après l'exposition). Les détails de l'exposition dans cette étude (p. ex. temps d'exposition, niveaux sonores reçus) ne correspondent pas ce qui se produirait dans l'environnement naturel au cours d'un levé sismique.

Fitzgibbon *et al.* (2017) ont également examiné l'impact de l'exposition aux bulleurs sur la langouste dans le cadre d'une étude complémentaire de Day *et al.* (2016a,b, 2017). Le même site d'étude, les mêmes méthodes de traitement expérimental et les mêmes expositions à des sources sismiques ont été utilisés pour les homards dans les études de Fitzgibbon *et al.* (2017) comme dans Day *et al.* (2016a,b, 2017). Les objectifs de l'étude étaient d'examiner la biochimie de l'hémolymphe et l'état nutritionnel de groupes de homards sur une période allant jusqu'à 365 jours après l'exposition à la source sismique. Dans l'ensemble, aucune mortalité n'a été observée dans le groupe expérimental et le groupe témoin. Toutefois, on a déterminé que le nombre total d'hémocytes des homards avait chuté de 23 % à 60 % pour tous les groupes de homards jusqu'à 120 jours après l'exposition à la source sismique dans le groupe expérimental par rapport au groupe témoin. Une réduction du nombre d'hémocytes augmente le risque de maladie en raison d'une réponse immunologique plus faible. De plus, le seul autre paramètre hémolytique qui a été déterminé comme ayant été considérablement perturbé par l'exposition au bulleur est l'échelle Brix de l'hémolymphe à 120 et 365 jours après l'exposition dans une seule des expériences impliquant des femelles œuvées.

Bien que certaines études suggèrent que certains invertébrés marins soient physiquement perturbés par l'exposition aux ondes de sources sismiques, le degré des effets suggérés a été minime. En outre, les effets physiques suggérés ont été observés lorsque des invertébrés marins captifs ont été exposés à des ondes de sources sismiques à très courte distance, ce qui a entraîné des expositions non représentatives de celles qui se produiraient dans des conditions naturelles. Des effets comportementaux de l'exposition au son de la source sismique ont également été observés dans des études, mais dans ces études, les invertébrés marins qui ont présenté les changements comportementaux étaient captifs et incapables de s'éloigner librement de la ou des sources sismiques.

4.3.3 Études sur les poissons marins

Il y a eu un certain nombre d'études récentes sur la bioacoustique du poisson (y compris l'ouïe) et les effets potentiels de l'exposition à divers types de sons sous-marin (Hawkins et Popper 2018a, b; Popper et Hawkins 2019; Popper *et al.* 2019).

Bien qu'il ne s'agisse pas d'une étude portant directement sur des ondes sismiques, Casper et Mann (2009) ont effectué des mesures sur le terrain de l'audition du requin à nez pointu (*Rhizoprionodon terraenovae*) pour déterminer les seuils d'audition. La méthode du potentiel évoqué auditif a été utilisée. La plus grande sensibilité du requin à nez pointu aux tonalités pulsées a été observée à 20 Hz (la gamme des fréquences testées était de 20 à 1 000 Hz) avec un niveau d'accélération des particules de $1,3 \times 10^3 \text{ m/s}^2$. Les travaux de Casper et Mann (2009) démontrent que la sensibilité maximale des requins à nez pointu au son pulsé sous-marin se situe probablement dans la plage de fréquences qui caractérise le son de bulleurs. Le présent article est particulièrement pertinent étant donné que certaines espèces de requins sont considérées comme étant à risque au Canada et que des mesures d'atténuation pour les levés sismiques (p. ex. arrêt des sources sismiques) pourraient être mises en œuvre pour les requins détectés à la surface (consulter les sections 6.2.1 et 6.2.2).

Effets physiques

La relation entre la perte sensorielle de cellules auditives internes et la perte auditive chez les poissons, ainsi que les effets négatifs de la perte de cellules auditives internes et la récupération potentielle de cellules auditives internes endommagées en raison du bruit anthropique ont récemment été examinés par Smith (2016) et Smith et Monroe (2016).

Andrews *et al.* (2014) ont effectué des analyses génétiques et examiné le comportement de juvéniles du saumon de l'Atlantique en captivité (*Salmo salar*) exposés à une source sismique de 10 po^3 à une distance de 2 m toutes les 10 s pendant environ 10 min. Afin de reproduire la pire des scénarios à quelques centaines de mètres d'un navire de recherche, le niveau de pression acoustique moyen était d'environ 204 dB re $1 \mu\text{Pa}_{(\text{pointe-à-pointe})}$. Les niveaux reçus ont été mesurés à l'aide d'hydrophones placés directement devant la cage. Les observations comportementales d'intérêt liées à l'exposition comprenaient tout changement de direction ou de vitesse de nage, le temps de réaction aux explosions de source sismique et l'évitement du filet. Les oreilles internes droite et gauche des poissons ont été prélevées pour des analyses génétiques 16 heures après l'exposition et comparées à des poissons-témoins non exposés. Les poissons présentaient une réponse initiale de sursaut, généralement pour les trois premiers déclenchements de source sismique, avec peu d'activité pour le reste de l'exposition. Une augmentation de la nage a été observée pour les poissons exposés, avec une activité de nage rapide et irrégulière lors des tentatives de capture (au filet). Les analyses génétiques ont révélé de nombreux cas de régulation à la hausse ou à la baisse des transcriptions codant le transport d'oxygène, la voie glycolytique, le cycle de Krebs et la chaîne de transport d'électrons, indiquant que les tissus de l'oreille pourraient être endommagés en raison de l'exposition (p. ex. rupture des membranes cellulaires) et de la régénération des tissus de l'oreille après l'exposition (y compris les cellules ciliées internes).

Sierra-Flores (2015) a examiné le bruit comme facteur de stress à court terme chez la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) en utilisant le cortisol comme biomarqueur. Un haut-parleur omnidirectionnel sous-marin suspendu au centre d'un bassin de poissons et immergé à une profondeur de 0,5 m a émis un bruit en balayage linéaire pendant 10 secondes avec des niveaux de pression acoustique allant de 104 à 110 dB re $1 \mu\text{Pa}_{\text{rms}}$. Les résultats de l'expérience montrent que les niveaux de cortisolémie des poissons ont augmenté rapidement avec l'exposition au bruit, revenant au niveau de référence 20 à 40 minutes après l'exposition. Une deuxième expérience a examiné les effets d'une exposition au bruit à long terme sur le rendement du frai de la morue. Les bassins étaient remplis de morues mâles et femelles et exposés quotidiennement à six événements sonores d'une durée d'une heure chacun. L'exposition au bruit avait un niveau de pression acoustique total de 133 dB re $1 \mu\text{Pa}$. Les œufs de morue ont été collectés quotidiennement et mesurés en fonction des paramètres de qualité et de la teneur en cortisol de l'œuf. Le volume total des œufs, la fraction flottante, le diamètre

des œufs et le poids des œufs ne semblaient pas être perturbés par l'exposition au bruit. Cependant, le taux de fécondation et la productivité des œufs viables ont été réduits de 40 % et 50 %, respectivement, comparativement au groupe témoin. La teneur moyenne en cortisol de l'œuf s'est avérée 34 % plus élevée dans le groupe exposé que dans le groupe témoin. Des taux élevés de cortisol inhibent la physiologie de la reproduction chez les mâles et peuvent entraîner une plus grande fréquence de déformations larvaires chez les femelles lors du frai.

Radford *et al.* (2016) ont mené des expériences sur la façon dont l'exposition répétée de différents sons sur le bar commun (*Dicentrarchus labrax*) peut réduire la réponse des individus à ce son. Les expérimentateurs ont exposé des bars en phase post-larvaire à des enregistrements de sons pulsés de levés sismiques (SEL_{SS} 144 dB re 1 $\mu Pa^2 s$) dans de grands bassins intérieurs contenant des haut-parleurs sous-marins. Leurs conclusions indiquent que l'exposition à court terme aux bruits sismiques a augmenté le taux de ventilation (c'est-à-dire le taux de battement des opercules) du bar qui n'avait pas été exposé auparavant aux bruits sismiques comparativement au bar dans des conditions sonores ambiantes contrôlées. Les poissons élevés dans des bassins qui ont été exposés de façon répétée à des bruits sismiques au cours d'une période de 12 semaines ont présenté un taux de ventilation réduit pour ce type de bruit, mais les poissons exposés au cours de la même période au bruit de battage de pieux ont affiché une réponse réduite à la fois au bruit sismique et au bruit de battage de pieux. Un taux de ventilation accru indique un plus grand stress chez le bar. Les expérimentateurs n'ont trouvé aucune preuve de mortalité ou d'effets sur la croissance du bar tout au long des 12 semaines de l'étude.

Popper *et al.* (2014) fournissent des lignes directrices provisoires sur l'exposition aux niveaux sonores des sources sismiques (en dB) qui pourraient avoir des effets négatifs sur les poissons de diverses capacités auditives ainsi que sur les œufs et les larves. Parmi les effets abordés, mentionnons la mortalité, les blessures mortelles potentielles, les blessures guérissables ainsi que les changements de déplacement temporaire de seuil, de masquage et de comportement (consulter le tableau 7.4 dans Popper *et al.* 2014). Il est à noter que les seuils fournis pour le son de source sismique sont fondés principalement sur les résultats d'études portant sur le battage de pieux, de sorte qu'une étude plus approfondie est nécessaire pour élaborer des lignes directrices directement pertinentes pour les seuils d'ondes sismiques pour les poissons. Il existe d'importantes différences entre les sons pulsés générés par les sources sismiques et le battage de pieux. Par exemple, les temps de montée associés aux bruits de battage de pieux sont plus courts que ceux associés aux ondes de source sismique. Les sons dont le temps de montée est plus court peuvent avoir des effets négatifs plus importants sur les animaux récepteurs que ceux dont le temps de montée est plus long (Popper *et al.* 2014).

Des œufs fertilisés de capelan (*Mallotus villosus*) et des larves de baudroie (*Lophius americanus*) ont été exposés à des ondes provenant de sources sismiques, puis examinés et surveillés pour détecter les effets possibles de cette exposition (Payne *et al.* 2009). Les études d'exposition en laboratoire ont porté sur une seule source sismique à distance fixe. Les niveaux de pression acoustique approximatifs reçus, mesurés dans les œufs de capelan et les larves de baudroie, étaient respectivement de 199 à 205 dB re 1 μPa^{c-c} et de 205 dB re 1 μPa^{p-p} , respectivement. Les œufs de capelan ont été exposés à 10 ou 20 déclenchements de sources sismiques, et les larves de baudroie ont été exposées à 10 ou 30 déclenchements. Aucune différence statistique de mortalité ou de morbidité entre les sujets témoins et les sujets exposés n'a été constatée 1 à 4 jours après l'exposition lors des essais, que ce soit pour les œufs de capelan ou les larves de baudroie. Les conditions d'exposition utilisées dans la présente étude ne sont pas représentatives de celles associées à un levé sismique dans des conditions naturelles (par exemple, l'étude a des durées d'exposition plus longues et des niveaux sonores reçus plus élevés). Toutefois, étant donné l'absence d'effet

important de mortalité ou de morbidité sur ces œufs et ces larves dans l'étude, il est peu probable que des effets surviennent pendant un levé sismique dans des conditions naturelles.

Effets sur le comportement

En utilisant un sonar omnidirectionnel, des chercheurs de l'Institut norvégien de recherche marine ont étudié le comportement en temps réel de bancs de harengs exposés à un levé sismique 3D en grandeur réelle au large de Vesteralen, dans le nord de la Norvège (Peña *et al.* 2013). Ils ont constaté que tout au long de la période d'étude, le hareng nageait lentement contre le courant prédominant du nord-est, avec un déplacement relatif en même temps que le courant. La vitesse moyenne de nage après soustraction des vitesses de dérive était de $0,35 \text{ ms}^{-1}$, et la vitesse de réponse moyenne dans la direction opposée à la grappe de bulleurs était de $0,22 \text{ ms}^{-1}$. Aucun changement n'a été observé quant à la vitesse de nage, à la direction de nage ou à la taille du banc qui pourrait être attribué aux ondes sismiques alors que le navire s'approchait d'une distance de 27 km à 2 km sur une période de 6 h. La raison du manque de réaction aux ondes sismiques a été interprétée comme une combinaison d'une forte motivation à se nourrir, une absence de stimulation soudaine de la source sismique et d'un niveau accru de tolérance aux ondes sismiques.

Les effets des sources sismiques sur la richesse des espèces et l'abondance d'une communauté de poissons de récif coralliens ont été étudiés dans le cadre d'une étude avant-après de levés sismiques réalisée par Miller et Cripps (2013) sur le récif Scott en Australie-Occidentale. Une double grappe de bulleurs de $2\ 055 \text{ po}^3$ a été utilisée pour le levé, ce qui a exposé le récif à des niveaux d'exposition au bruit cumulé d'environ $187 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$. L'inventaire visuel sous-marin de la communauté des poissons du récif a été réalisé par plongée à six endroits du récif. À chaque endroit, les poissons ont été recensés le long de plusieurs transects de 50 m sur 5 m, à une profondeur de 6 à 11 m. Les résultats de l'étude révèlent qu'il n'y avait aucune preuve de mortalité directe ou indirecte des poissons de fond provenant du levé sismique. En outre, la modélisation des résultats tenant compte de la variabilité spatiale, temporelle et des observateurs n'a révélé aucun effet important du levé sismique sur la richesse et l'abondance des espèces de poissons *Pomacentridae* ou non *Pomacentridae* (la famille de poissons la plus courante sur le récif). De plus, les expérimentateurs ont analysé les six espèces de poissons les plus abondantes dans le récif pour déterminer si le levé sismique avait un effet perceptible sur leur abondance. Ils n'ont pas constaté d'effet important du levé sismique sur l'abondance de chacune des espèces de poissons.

Paxton *et al.* (2017) ont examiné les effets des ondes sismiques sur la distribution et le comportement des poissons dans un récif tempéré au cours d'un levé sismique mené sur le plateau continental intérieur de la Caroline du Nord, aux États-Unis. La majeure partie du levé s'est déroulé dans les eaux profondes ($>1\ 000 \text{ m}$) du plateau continental, mais le levé s'est terminé en eaux continentales intérieures moins profondes ($<35 \text{ m}$). Deux hydrophones ont été installés sur deux récifs à 0,7 km et à 6,5 km de la trajectoire linéaire du navire sismique pour mesurer les niveaux de pression acoustique, tandis qu'une caméra vidéo a été installée sur un troisième récif à 7,9 km de la trajectoire sismique. En utilisant un modèle de son à dispersion sphérique, les niveaux de pression acoustique reçus ont été estimés entre 202 et 230 dB re $1 \mu\text{Pa}$ pour l'hydrophone le plus proche de la trajectoire sismique. Une série de courts extraits vidéo de 10 secondes ont été enregistrés toutes les 20 minutes par la caméra vidéo pendant trois jours avant la période sismique et un jour pendant l'activité sismique. Il a été déterminé que l'abondance globale de poissons sur ce récif avait diminué jusqu'à 78 % lors d'une activité sismique, par opposition aux jours où aucune activité sismique n'a eu lieu. On a observé qu'un seul poisson présentait une réaction de sursaut aux impulsions de la source sismique provenant du levé sismique. Les auteurs affirment que même si l'étude contient des

données limitées, elle fournit des preuves que l'utilisation normale des écosystèmes de récif par les poissons est réduite lorsqu'ils sont exposés à des bruits sismiques.

Løkkeborg *et al.* (2012) ont examiné si et comment le bruit sismique avait perturbé la pêche commerciale. Ils se sont concentrés sur l'incidence des filets maillants et des palangres sur les captures et ont prédit que, puisque ces deux méthodes de pêche fonctionnent selon des principes différents, les réponses comportementales aux bruits sismiques auraient des conséquences différentes pour la pêche au filet maillant et la pêche à la palangre. Ils ont également examiné les effets de l'exposition au bruit sismique sur la densité et la distribution du poisson dans la zone sondée par le biais d'une étude acoustique. Les auteurs ont suggéré qu'une augmentation de l'activité nataoire à la suite de l'exposition aux bruits sismiques pourrait expliquer pourquoi les prises au filet maillant ont augmenté pour le flétan noir du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) et le sébaste (*Sebastes norvegicus*), et pourquoi les prises à la palangre ont diminué pour le flétan noir et l'aiglefin (*Melanogrammus aeglefinus*). À l'exception du lieu noir (*Pollachius virens*), la cartographie acoustique de l'abondance des poissons n'a pas suggéré de déplacement des zones de pêche.

En résumé, certaines études ont montré que l'exposition au bruit de source sismique peut avoir une incidence physique sur divers stades de vie d'espèces de poissons précises. Dans tous ces cas, les poissons ont été exposés à des conditions qui ne se produiraient probablement pas naturellement. Les études qui ont démontré des effets physiques sur les poissons concernaient généralement des sujets en captivité juvéniles ou adultes incapables de s'éloigner de la source sonore ou de l'ichtyoplancton passif situé à quelques mètres de la source sonore. L'étude portant sur les effets potentiels de l'exposition au son de source sismique sur les poissons s'est concentrée sur les effets comportementaux, particulièrement ceux qui pourraient entraîner une diminution des taux de capture. Les poissons subiront des changements de comportement subtils et manifestes en réponse au bruit des sources sismiques, et ces effets semblent très variables d'une espèce à l'autre et au sein d'une même espèce. En général, les effets comportementaux sont localisés et temporaires, mais ils peuvent avoir des effets à court terme sur les taux de capture. Des travaux récemment réalisés en Norvège suggèrent qu'à l'avenir, des modèles acoustiques biologiques particuliers pourraient être utilisés dans la conception et la planification des levés sismiques afin de réduire au minimum les perturbations de la pêche (Hovem *et al.* 2012).

4.4 TECHNOLOGIE DE DÉTECTION

Une étude récente comparant les méthodes de surveillance des mammifères marins en période de faible visibilité pendant les levés sismiques est directement pertinente aux fins du présent rapport (Verfuss *et al.* 2018). L'étude comparait les faiblesses et les forces de la SAP, des radars, des sonars actif et des détecteurs infrarouges thermiques. L'un des principaux problèmes avec la SAP généralement utilisée lors des levés sismiques est qu'il est difficile de détecter les vocalisations à basse fréquence comme celles produites par les baleines à fanons. Le bruit hydrodynamique, le bruit du navire sismique et le bruit de la machinerie connexe (p. ex. bulleurs, émetteur d'ultrasons, chaînes d'ancrage) contribuent à ce problème. Le rendement relatif de la SAP est influencé par un certain nombre de facteurs, dont les espèces cibles, les conditions environnementales, le type d'équipement de SAP et la façon dont ce dernier est déployé, et les compétences des opérateurs des systèmes de SAP. Verfuss *et al.* (2018) font remarquer que la SAP n'atteint pas son potentiel durant un levé sismique typique. Les hydrophones de SAP déployés à partir de navires de source sismique sont souvent déployés sur de courts câbles et remorqués près du navire où le bruit des hélices et de la machinerie compromet la performance. Les auteurs concluent que les plages de détection et les probabilités réalisables par les systèmes de SAP pour les petits cétacés et les cachalots

devraient généralement être utiles afin d'améliorer la surveillance requise dans la plupart des lieux, à condition que les systèmes d'hydrophone soient bien déployés. Toutefois, ils font remarquer que les systèmes auxiliaires actuellement disponibles pour la SAP sont souvent incapables de fournir des renseignements adéquats sur la plage de détection des petits cétacés. Ces systèmes seraient principalement utiles pour la détection d'un animal et pour fournir un repère qui pourrait être relayé à l'OMM de garde afin de faciliter la détection visuelle. Les autres technologies de détection (radars, sonars actifs et détecteurs infrarouges thermiques) ont généralement été prises en compte aux premières étapes du développement et de l'utilisation comparativement à la SAP. De même, Smith *et al.* (en préparation) ont conclu que le système infrarouge thermique mis à l'essai pour la détection des mammifères marins devait faire l'objet d'études plus poussées et être peaufiné avant d'être utilisé efficacement comme outil de surveillance complémentaire durant les levés sismiques.

5.0 PRATIQUES ET LIGNES DIRECTRICES INTERNATIONALES

La présente section donne un aperçu des exigences d'atténuation et de surveillance pour les levés sismiques maritimes relevant de la compétence des États-Unis (BOEM 2014, 2016; NOAA 2018), du Royaume-Uni (CMCN 2017), de l'Australie (DEWHA 2008), de la Nouvelle-Zélande (DOC 2013), du Brésil (IBAMA 2018), du Groenland (DCE 2015) et de la Norvège (Norvège, non daté; NPD 2017). Un tableau récapitulatif est présenté à la fin de la présente section pour faciliter la comparaison des mesures d'atténuation entre les juridictions (tableau3). Des détails sur les exigences de chaque administration figurent à l'annexe C.

Outre les administrations susmentionnées, l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources a publié un document d'orientation axé sur la planification, l'évaluation environnementale, l'évaluation des risques et la surveillance des études géophysiques maritimes (Nowacek et Southall 2016). Ce document comprend des méthodes de planification et de surveillance élaborées au cours des dernières années (et qui continuent d'évoluer) pour les levés sismiques à l'île Sakhalin. Comme les lignes directrices ne prévoient pas de mesures d'atténuation opérationnelles particulières, elles ne seront pas évaluées davantage. Vous trouverez des renseignements supplémentaires sur le site Web de [l'UICN](#).

En novembre 2018, la Nouvelle-Zélande a adopté une loi qui interdit les nouveaux permis d'exploration pétrolière et gazière en mer, même si les permis existants sont maintenus et assujettis au code sismique maritime en vigueur. Cette mesure fait suite à l'interdiction de futures activités d'exploration pétrolière et gazière au large du Belize, du Costa Rica, de l'Irlande, du Danemark (eaux intérieures seulement, ne comprend pas la mer du Nord ni le Groenland) et à leur élimination graduelle en France (Offshore Technology 2018). L'interdiction de ces activités par la Nouvelle-Zélande a effectivement mis fin aux initiatives lancées en 2015 pour mettre à jour son Code, lesquelles comprenaient une série de documents de travail et de comptes rendus de groupes de travail.

La présente section et l'annexe C portent sur les documents d'orientation propres aux programmes sismiques de chaque administration afin d'appuyer une comparaison directe avec l'EPC. Comme c'est le cas au Canada, d'autres mesures d'atténuation peuvent être requises pour chaque projet ou site dans le cadre des processus d'évaluation environnementale et d'obtention de permis du pays qui dépassent la portée de la présente étude.

L'annexe C présente des mesures d'atténuation supplémentaires pour le PSV, les levés de l'emplacement des puits et les levés à haute résolution. La présente section porte sur les levés sismiques (c.-à-d., 2D, 3D et 4D).

5.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

La plupart des administrations ont établi des dispositions selon lesquelles l'exploitant sismique détermine et évite les zones de migration, de reproduction et de mise bas ainsi que les zones d'alimentation importantes pour les mammifères marins (et les tortues marines dans le cas de la Nouvelle-Zélande et du Brésil). Ces dispositions sont habituellement incluses dans les documents d'orientation en matière de données sismiques ou les documents d'orientation renvoient aux processus d'évaluation environnementale et d'obtention de permis du pays. Dans la plupart des cas, cette exigence est fondée sur les lois adoptées par chaque administration pour protéger les mammifères marins. Les documents d'orientation dont il est question dans la présente section ne comprennent pas de dispositions d'application particulières.

L'Australian National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA 2018) a publié un document d'information sur les plans environnementaux pour les levés sismiques maritimes, qui comprend une étude d'impact sur l'environnement. Même si l'adaptation des avis inclus dans le document d'information n'est pas une exigence réglementaire, les plans environnementaux doivent être acceptés avant qu'une activité pétrolière ou une activité liée aux gaz à effet de serre puisse avoir lieu dans les eaux du Commonwealth.

Les lignes directrices de la Norvège sont axées sur les poissons et la pêche, et font peu référence aux mammifères marins. Avant de procéder à un levé sismique, le titulaire de permis doit décider si le levé aurait pu être mené à un endroit différent, à un autre moment ou d'une manière qui serait préférable pour les pêcheurs, sans avoir de conséquences pratiques ou économiques importantes pour le titulaire de permis (NPD 2017). Une mesure d'atténuation courante consiste pour l'exploitant à utiliser le niveau de puissance le plus bas possible et, dans le cas du Royaume-Uni, du Brésil et du Groenland, à envisager des méthodes afin de réduire ou amortir le bruit inutile à haute fréquence. CMCN (2017), IBAMA (2018) et DCE (2015) ne définissent ni ne fournissent de seuils ou de valeurs pour le « bruit haute fréquence ».

À notre connaissance, aucune autre administration n'a adapté de nouvelles technologies qui pourraient remplacer les bulleurs, bien que de nouvelles technologies soient étudiées et mises à l'essai pour des types particuliers de géologie (p. ex. la technologie Wolfspar® de BP pour les réserves de pétrole et de gaz avec couches de sel). En 2007, ExxonMobil a lancé un projet en partenariat avec l'industrie pour développer la prochaine génération de technologie de vibrateurs marins (VM). L'objectif du projet de VM en partenariat avec l'industrie est de concevoir une source marine de vibrateurs commercialement viable qui pourrait être utilisée dans les zones où une meilleure signature sismique est nécessaire, pour les levés sismiques marins dans les zones écologiquement sensibles et en tant que source améliorée dans certains environnements opérationnels tels que les eaux peu profondes où les grappes de bulleurs conventionnels ont un rendement sous-optimal. À ce jour, des prototypes ont été développés pour répondre aux principales spécifications de puissance des grappes et font actuellement l'objet d'essais de fiabilité (Mougenot *et al.* 2017). Le Sound and Marine Life Joint Industry Program (sous l'égide de l'International Association of Oil and Gas Producers) a récemment financé une évaluation environnementale des vibrateurs marins (méthode vibrosismique). Cependant, les résultats ne sont pas encore accessibles au public (Matthews *et al.*, en préparation).

5.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Les zones de sécurité (souvent appelées zones d'exclusion ou zones d'atténuation) diffèrent selon l'administration (pour obtenir plus de renseignements, voir le tableau 3). Les États-Unis, le CMCN (Royaume-Uni) et le Groenland (Danemark) prévoient une zone de sécurité de 500 m,

bien que les zones d'exclusion aient récemment été élargies à 1 km pour la surveillance avant le démarrage et à 1,5 km pour certaines espèces de mammifères marins dans la zone extérieure du plateau continental du centre de l'Atlantique des États-Unis (NOAA 2018).

L'Australie utilise également une zone d'arrêt de 500 m, mais elle prévoit aussi une « zone d'observation » de 3 km et une « zone de faible puissance » de 1 à 2 km (selon la taille de la grappe). Les « baleines » (voir la définition à la section 5.3 ci-dessous) et leurs mouvements doivent être surveillés dans la zone d'observation pour déterminer si elles s'approchent de la zone de faible puissance. Lorsqu'une baleine est sur le point d'entrer dans la zone de faible puissance, la source acoustique doit immédiatement être mise en sourdine au niveau le plus bas possible.

Le guide de surveillance du Brésil, récemment mis à jour, prévoit une zone d'exclusion de 1 000 m. La Nouvelle-Zélande utilise des zones d'atténuation variant de 200 m à 1,5 km selon la puissance de la grappe et le risque potentiel d'impacts négatifs (pour obtenir plus de renseignements, voir l'annexe C).

La plupart des administrations exigent une période de surveillance visuelle de 30 minutes avant l'intensification des grappes de bulleurs. Le Groenland et le Royaume-Uni ont tous deux prolongé cette exigence à 60 minutes pour les eaux de plus de 200 m de profondeur afin de tenir compte des cétacés qui plongent plus profondément.

Dans tous les territoires visés, l'intensification doit être retardée jusqu'à ce qu'aucun mammifère marin (ou baleine et, dans certains cas, tortues) n'ait été observé dans les zones d'exclusion ou d'atténuation pendant la période prescrite.

L'intensification dure généralement de 20 à 40 minutes, en commençant par la plus petite source sismique, et en activant graduellement d'autres sources sismiques jusqu'à l'obtention du niveau de fonctionnement souhaité de la grappe. L'Australie prévoit une intensification de 30 minutes. Le Règlement sur la gestion des ressources de la Norvège ne prévoit pas de délai particulier, mais seulement que la source sonore doit être mise en marche graduellement pour donner aux poissons et aux mammifères marins la possibilité de quitter la zone autour du levé (NPD 2017).

Les observateurs visuels doivent avoir reçu une formation adéquate (voir l'annexe C pour de plus amples renseignements sur les qualifications des observateurs exigées par chaque pays) en matière d'observation et d'identification des mammifères marins. Ces exigences varient d'un pays à l'autre, allant de l'achèvement d'un cours approuvé par l'organisme de réglementation compétent (ou par le CMCN au Royaume-Uni) dans la plupart des cas à l'obtention d'un diplôme universitaire dans une discipline pertinente pour le Brésil et la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique. Certains pays exigent des observateurs indépendants, tandis que d'autres autorisent le recours à des membres d'équipage qui ont été formés à titre d'observateurs, ou à une combinaison d'observateurs indépendants et d'observateurs faisant partie de l'équipage qualifiés (voir l'annexe C pour de plus amples renseignements).

Les États-Unis et le Groenland exigent que deux observateurs soient présents à bord en tout temps tandis que la Nouvelle-Zélande exige que deux observateurs soient à bord, avec la recommandation qu'ils soient tous deux présents lors du démarrage des bulleurs. Le Groenland exige trois observateurs à bord, tandis que le Royaume-Uni et l'Australie exigent un nombre suffisant d'observateurs pour s'acquitter des fonctions prévues.

5.3 ARRÊT DE LA OU DES GRAPPES DE BULLEURS

Les États-Unis et l'Australie exigent un arrêt immédiat lorsqu'une baleine entre dans une zone d'exclusion ou d'arrêt. Les deux pays définissent une baleine comme un individu de toute

espèce de baleines à fanons, toutes les espèces de baleines à bec et les grands cétacés à dents. Les dauphins ne sont pas visés par la définition de « baleine » dans l'un ou l'autre des pays (voir l'annexe C pour une liste des espèces dans chaque pays).

La Nouvelle-Zélande et le Brésil exigent un arrêt immédiat lorsqu'un mammifère marin (ou une tortue marine dans le cas du Brésil) entre dans la zone d'exclusion ou d'atténuation. Le Groenland exige que les activités des sources sismiques soient réduites à la plus petite source. Le Royaume-Uni n'exige pas l'arrêt des sources sismiques lorsque des mammifères marins sont détectés dans la zone d'atténuation pendant que les sources sismiques sont actives, soit pendant la procédure de démarrage progressif, soit à pleine puissance (CMCN 2017).

Les arrêts dus à l'observation d'une baleine ou d'un mammifère marin dans les zones d'exclusion ou d'atténuation sont habituellement suivis d'une période d'observation complète et d'une intensification normale.

5.4 CHANGEMENTS DE LIGNE ET ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Les sept administrations ont des exigences différentes en ce qui concerne les changements de ligne et les arrêts aux fins d'entretien. Les États-Unis permettent aux exploitants du golfe du Mexique de maintenir un « niveau de source minimal » de 160 dB re 1 $\mu\text{Pa-m}_{\text{rms}}$ pour tous les virages entre les lignes de transect et l'entretien non planifié de la grappe de bulleurs qui nécessite un arrêt. L'utilisation d'un seul bulleur comme source d'atténuation pendant les virages prolongés de la ligne n'est pas autorisée sur le plateau continental médio-Atlantique des États-Unis (NOAA 2018). La source acoustique doit être désactivée lorsqu'on n'acquiert pas de données ou qu'on ne se prépare pas à le faire, sauf si cela est nécessaire pour la mise à l'essai (NOAA 2018).

Le Royaume-Uni permet l'activation de la source sismique seulement si la puissance est réduite à 180 po^3 (ou aussi près que possible de cette valeur) à la pression standard.

L'Australie exige que les grappes de bulleurs soient mises au niveau le plus bas possible. En Nouvelle-Zélande, les exploitants sont fortement encouragés à arrêter à la fin d'une ligne, même si l'utilisation de sources acoustiques à des fins d'atténuation pendant les virages de la ligne est permise, à condition que la puissance de la source acoustique soit réduite à des niveaux qui limitent l'insonification à la limite de la zone d'atténuation.

Le Brésil prévoit deux scénarios : la puissance maximale peut être maintenue si le changement de ligne dure moins de 20 minutes. Pour les changements de ligne de plus de 20 minutes, les grappes de bulleurs doivent être arrêtées à la fin de chaque ligne et redémarrées conformément aux procédures normales d'observation (30 minutes) et d'intensification. L'utilisation d'un « canon d'atténuation » ou d'un bulleur unique est interdite.

Le Groenland offre également deux scénarios : si un changement de ligne est prévu au-delà d'une heure, il faut arrêter la source sismique à la fin de la ligne et effectuer une observation et une intensification préalables complètes avant la ligne suivante. Si l'on s'attend à ce qu'un changement de ligne soit de moins d'une heure, la grappe peut être exploitée à une puissance plus faible ou avec le canon d'atténuation.

Certains pays, comme le Royaume-Uni, ont établi des mesures d'atténuation détaillées pour l'essai des sources sismiques ou les interruptions imprévues dans l'acquisition de données. Cela est résumé à l'annexe C. En général, la plupart des juridictions n'exigent pas d'intensification lorsque les grappes seront arrêtées pendant une durée moindre que la période prescrite (20 minutes aux États-Unis et au Brésil, 10 minutes au Royaume-Uni, 5 minutes au Groenland) et que certaines conditions sont remplies. Les exigences australiennes sont

fondées sur les résultats des observations de l'OMM, tandis que la Nouvelle-Zélande énumère une série de critères fondés sur la taille et la puissance de la grappe.

5.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Bien que la SAP soit « fortement encouragée » seulement, les États-Unis n'autoriseront pas d'intensification en cas de mauvaise visibilité dans le golfe du Mexique en utilisant uniquement des observations visuelles. La NOAA (2018) exige l'utilisation de la SAP durant tous les levés sismiques dans les régions de la zone extérieure du plateau continental de l'Atlantique-Centre et Sud aux États-Unis. Bien qu'elle ne soit pas obligatoire au Royaume-Uni, la SAP doit être utilisée pendant les périodes où l'atténuation visuelle n'est pas possible (p. ex. obscurité, faible visibilité).

Les sources acoustiques de plus grande taille ne peuvent pas être activées pendant la nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation au large de la Nouvelle-Zélande, sauf si la SAP a été effectuée par un opérateur qualifié. La SAP doit également être utilisée pour augmenter les capacités des observateurs en période d'obscurité, de mauvaise visibilité ou d'état de la mer au-dessus de 3 au large du Groenland.

Un démarrage progressif peut commencer dans les eaux australiennes à condition qu'il n'y ait pas eu 3 arrêts ou plus en raison de la présence de baleines au cours de la période de 24 heures précédente, ou que le navire (ou un navire ou un avion de repérage) se trouve à proximité (~10 km) depuis au moins 2 heures (dans de bonnes conditions de visibilité) au cours de la période de 24 heures précédente, et qu'aucune baleine n'ait été observée. Le promoteur doit envisager l'utilisation de la SAP dans les zones où la probabilité de rencontrer des baleines va de modérée à élevée.

À l'inverse, au Brésil, la SAP est obligatoire 24 heures sur 24 tout au long de l'opération sismique.

L'annexe C contient des renseignements supplémentaires sur le nombre recommandé d'opérateurs de SAP et sur les étapes à suivre en cas de défaillance du système de SAP en période de faible visibilité.

5.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

De nombreux gouvernements ont commencé à inclure des mesures d'atténuation supplémentaires pour les effets cumulatifs de multiples programmes sismiques. Une distance de séparation géographique de 40 km (distance n'est fondée sur aucune donnée) peut être nécessaire entre des levés sismiques simultanés dans la zone extérieure du plateau continental de l'Atlantique-Centre et Sud. L'utilisation de cette mesure d'atténuation sera évaluée au cas par cas (BOEM 2014). Il convient de noter que cette mesure n'a pas été mise en œuvre par la NOAA dans le cadre de l'approbation de cinq levés sismiques de type 2D en décembre 2018 (NOAA 2018).

Les lignes directrices du Comité mixte pour la conservation de la nature stipulent que si des grappes à deux sources doivent être exploitées simultanément, la zone d'atténuation requise pour l'ensemble de la grappe (p. ex. selon le point central entre les deux grappes) doit être estimée. Pour l'Australie, une évaluation environnementale supplémentaire des impacts potentiels peut être nécessaire si plusieurs sources sismiques (p. ex. deux navires sur un projet ou plusieurs projets adjacents) doivent être exploitées dans la même zone générale. Le DEWHA (2008) ne définit pas « la même zone générale », mais exige que le promoteur se mette en rapport avec les organismes gouvernementaux et sectoriels pour s'assurer que les levés ne coïncident pas ou ne se chevauchent pas inutilement.

Dans le cas de levés sismiques qui se chevauchent au large du Brésil, des arrangements d'exploitation spéciaux pourraient être proposés, ainsi que l'adoption de mesures d'atténuation et de surveillance supplémentaires, par exemple, le refus d'un permis (IBAMA 2018).

Le Groenland exige que le niveau total d'exposition au bruit (pour toutes les sources sismiques et tous les levés simultanés, y compris ceux réalisés de différents exploitants sismiques et les activités dans la région) par 24 heures soit prédit au moyen d'un modèle de propagation du bruit dans l'évaluation environnementale et mesuré à des emplacements représentatifs durant le levé sismique. La Nouvelle-Zélande exige la modélisation des pertes de transmission sonore lorsque des activités sont prévues dans les zones d'importance écologique ou les sanctuaires de mammifères marins (voir les exigences de modélisation à l'annexe C).

L'Australie exige que pour les levés effectués à proximité d'aires de reproduction ou de repos connues, une zone tampon (d'exclusion) soit établie afin de garantir que les navires de levés en activité ne pénètrent pas dans le secteur où les baleines peuvent être présentes. Dans la mesure du possible, des preuves scientifiques ou des modèles de propagation acoustique doivent être utilisés pour déterminer et justifier la zone tampon.

La Nouvelle-Zélande exige des mesures d'atténuation supplémentaires lors de l'arrivée sur place initiales. Ces mesures sont présentées à l'annexe C.

La Norvège exige un expert des pêches, le cas échéant, pour les opérations de pêche dans la zone. Le Groenland exige qu'un agent de liaison des pêches soit à bord si la situation l'exige.

Tableau 3. Résumé des exigences en matière d'atténuation et de surveillance pour les levés sismiques dans certaines administrations internationales.

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
Planification des levés sismiques	<p>Réduire les conflits potentiels avec les espèces sensibles.</p> <p>Fermetures saisonnières de zones d'habitat essentiel, de zones de gestion saisonnière ou d'autres zones protégées (par exemple, pour protéger les baleines noires de l'Atlantique Nord). Mesures d'atténuation supplémentaires s'il y a lieu.</p>	<p>Niveaux de puissance les plus bas possible et recherche ou examen de méthodes pour réduire ou atténuer le bruit de haute fréquence inutile.</p> <p>Déterminer quelles espèces de mammifères marins sont susceptibles d'être présentes dans les zones de levés. Planifier les levés pour éviter les zones ou périodes de grande abondance et les saisons clés.</p>	<p>Les levés sismiques ne doivent pas être planifiés dans les régions où les baleines sont susceptibles de se reproduire, de mettre bas, de se reposer, de se nourrir ou de migrer ni quand elles sont susceptibles de le faire. S'ils sont proposés, ces levés et les mesures d'atténuation connexes pourraient nécessiter une évaluation plus poussée.</p> <p>Les plans environnementaux doivent être acceptés avant que toute activité pétrolière puisse avoir lieu dans les eaux du Commonwealth.</p>	<p>Étude d'impact sur les mammifères marins (EIMM).</p> <p>Les niveaux de puissance les plus bas possible pour la grappe de source acoustique.</p> <p>Éviter ou atténuer les effets négatifs sur d'autres espèces clés (comme les tortues, les pingouins et les oiseaux de mer) ou sur les habitats.</p>	<p>Éviter les mammifères marins et les tortues pendant la reproduction, l'alimentation, l'accouplement ou la migration.</p> <p>Coordonner l'activité avec les programmes sismiques qui la chevauchent.</p> <p>Réduire au minimum les émissions d'énergie acoustique horizontales et à haute fréquence.</p> <p>Investir dans des technologies qui réduisent les émissions de bruit.</p>	<p>Les niveaux de puissance les plus bas possible.</p> <p>Réduire ou éviter les bruits de haute fréquence inutiles.</p> <p>Déterminer les espèces de mammifères marins dans la zone visée par le levé; considérations saisonnières ou liées à l'habitat, par exemple la migration, la reproduction, la mise bas ou la présence de petits.</p> <p>Communiquer avec les associations de pêche et de chasse.</p>	<p>Le titulaire de permis doit décider si le levé aurait pu être mené à un endroit différent, à un autre moment ou d'une manière qui serait préférable pour les pêcheurs.</p>

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
Zone de sécurité et activation des bulleurs	<p>Zone d'exclusion de 500 m. Atlantique-Centre : 1 km avant la mise en production, 500 m la plupart des autres cas; 1,5 km pour les baleines noires de l'Atlantique, les baleines à bec ou 6 baleines ou plus dans le plateau continental médio-Atlantique.</p> <p>Surveiller visuellement pour les mammifères marins et les tortues marines dans la zone d'exclusion et des eaux adjacentes pendant au moins 30 minutes avant l'intensification.</p> <p>Intensification sur une période d'au moins 20 min, mais d'au plus 40 min.</p> <p>Golfe du Mexique : Les observateurs</p>	<p>Zone d'atténuation de 500 m.</p> <p>Observation préalable de 30 min pour les eaux de profondeur inférieure à 200 m; 60 min pour les profondeurs supérieures à 200 m.</p> <p>L'intensification est retardée d'au moins 20 minutes si des mammifères marins se trouvent à l'intérieur de la zone d'atténuation.</p> <p>Intensification d'au moins 20 min et d'au plus 40 min. Durée plus courte pour un volume de la source sismique inférieur à 180 po³.</p> <p>L'OMM doit avoir suivi une formation officielle dans le cadre d'un cours</p>	<p>Les levés où le niveau d'exposition au son reçu pour chaque coup ne dépassera pas 160 dB re 1 µPa²·s, pour 95 % des coups sismiques à 1 km :</p> <p><i>Zone d'observation</i> (surveillance) : Plus de 3 km.</p> <p><i>Zone de faible puissance</i> (arrêt) : 1 km</p> <p><i>Zone d'arrêt</i> : 500 m.</p> <p>Tous les autres levés :</p> <p><i>Zone d'observation</i> : Plus de 3 km.</p> <p><i>Zone de faible puissance</i> : 2 km</p> <p><i>Zone d'arrêt</i> : 500 m.</p> <p>Observations effectuées par un membre d'équipage dûment formé au</p>	<p>Les zones d'atténuation varient de 200 m à 1,5 km selon la puissance de la grappe et le risque potentiel d'impacts négatifs.</p> <p>Intensification d'au moins 20 min et d'au plus 40 min.</p> <p>Surveillance visuelle de la zone d'atténuation pendant au moins 30 minutes et au moins 10 minutes pour les otaries à fourrure.</p> <p>Deux OMM qualifiés à bord et au moins un qui assure la surveillance. Deux opérateurs de SAP à bord pour les grandes grappes de « niveau 1 » avec au moins un opérateur de SAP qui surveille les</p>	<p>L'intensification ne peut commencer qu'après 30 minutes sans détection de mammifères marins ou de tortues dans une zone d'exclusion de 1 000 m.</p> <p>Intensification d'au moins 20 min et d'au plus 40 min.</p> <p>Chaque équipe d'observateurs à bord est formée d'au moins trois professionnels, de sorte qu'au moins deux sont en observation simultanée tout au long de la journée.</p>	<p>Zone d'exclusion de 500 m.</p> <p>Observation préalable de 30 minutes, étendue à 60 minutes pour les eaux de plus de 200 m de profondeur.</p> <p>L'intensification ne devrait pas être beaucoup plus longue que 20 min.</p> <p>Au moins quatre observateurs de mammifères marins et d'oiseaux de mer formés, dont deux opérateurs de SAP certifiés, doivent se trouver à bord du navire sismique. Deux observateurs de mammifères marins et d'oiseaux de mer observent lors de l'activité sismique.</p>	<p>Lorsque des levés sismiques sont amorcés, la source sonore doit être mise en marche graduellement pour donner aux poissons et aux mammifères marins l'occasion de quitter la zone autour du levé.</p> <p>Expert en pêche à bord lorsque des activités de pêche se déroulent dans la région.</p> <p>L'expert en pêche a suivi un cours approuvé et a été un pêcheur actif.</p>

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
	<p>doivent avoir suivi un programme de formation destiné aux observateurs d'espèces protégées. Observateurs tiers formés ou membres d'équipage formés.</p> <p>Atlantique-Centre : Observateurs indépendants détenant un baccalauréat.</p> <p>Au moins deux observateurs visuels qualifiés seront requis à bord des navires sismiques en tout temps pendant les heures de clarté.</p>	reconnu par le Comité mixte pour la conservation de la nature et avoir 20 semaines d'expérience.	minimum 30 minutes avant le début de l'intensification de 30 minutes.	mammifères marins.			
Arrêt de la ou des grappes de bulleurs	<p>Arrêt immédiat dès qu'une baleine est observée dans la zone d'exclusion.</p> <p>Tout arrêt dû à l'observation d'une baleine dans la zone d'exclusion doit être suivi d'une</p>	Il n'est pas nécessaire d'arrêter la source si des mammifères marins sont détectés dans la zone d'atténuation pendant que les sources sismiques sont en activité, soit pendant la	Si une baleine est sur le point d'entrer dans la zone de <i>faible puissance</i> , la source acoustique doit être mise en sourdine au niveau le plus bas possible. Si une baleine est observée ou est sur	Retarder le début des opérations ou arrêter un levé actif si un mammifère marin est aperçu dans la zone d'atténuation.	L'arrêt des grappes de bulleurs est la procédure d'atténuation prioritaire et doit être effectué lorsque des mammifères marins ou des tortues sont détectés dans la	Si les mammifères marins se trouvent dans la zone d'exclusion pendant que les sources sismiques sont à pleine puissance ou pendant l'intensification, l'activité doit être réduite à la plus	

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
	période de dégagement de 30 minutes, puis d'une intensification complète standard.	procédure de démarrage progressif, soit à pleine puissance.	le point d'entrer dans la zone d'arrêt, la source acoustique doit être complètement arrêtée.		zone d'exclusion de 1 000 m.	petite source sismique (<i>canon d'atténuation</i>). La pleine puissance peut être rétablie dès que les animaux se trouvent à l'extérieur de la zone d'exclusion de 500 m.	
Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien	<p>Un niveau de source minimal de 160 dB re 1 μPa-m_{rms} peut être utilisé pour les changements de ligne et l'entretien imprévu et inévitable de la grappe de bulleurs. Une intensification complète ne sera pas requise.</p> <p>Les périodes de silence de source sismique ne dépassant pas 20 minutes ne nécessiteront pas d'intensification pour la reprise des opérations sismiques si : 1) les observations</p>	<p>Aucun essai d'équipement à l'extérieur de la zone visée par le permis.</p> <p>Si l'on s'attend à ce que les changements de ligne prennent plus de 40 minutes, il faut arrêter la source à la fin de la ligne de levé. Effectuer une observation préliminaire et une intensification complète.</p> <p>Si les changements de ligne sont effectués en moins de 40 minutes, le</p>	<p>Les exploitants doivent mettre la source au réglage le plus bas possible.</p> <p>Si la grappe est complètement arrêtée ou réduite à faible puissance (p. ex. pour des raisons opérationnelles ou pendant les virages de ligne), les observations de baleines devraient se poursuivre. Procédure d'intensification amorcée si aucune baleine n'a été observée.</p>	<p>Les exploitants sont fortement encouragés à arrêter la source à la fin d'une ligne et à réactiver la source acoustique au moyen de procédures d'intensification et d'observations préalables au démarrage.</p> <p>L'utilisation de sources acoustiques à des fins d'atténuation pendant les virages de ligne est permise sous certaines conditions.</p>	<p>L'intensification et l'observation de 30 min doivent être adoptées si les sources sismiques sont silencieuses depuis plus de 5 min.</p> <p>Une surveillance visuelle doit être effectuée, que les sources sismiques soient ou non activées sur le navire, par exemple, pendant les changements de ligne, en cas de problèmes avec les sources sonores ou pendant la navigation entre le port et la zone</p>	<p>Une intensification de 20 min est requise pour tester toutes les sources sismiques à pleine puissance. L'intensification n'est pas nécessaire pour mettre à l'essai une source sismique unique à faible puissance. Lorsqu'on met à l'essai plusieurs sources sismiques, les sources sismiques doivent d'abord être alimentées à faible puissance.</p> <p>Si un changement de ligne est prévu au-delà d'une</p>	

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
	<p>visuelles se poursuivent tout au long de la période de silence (nécessitant de la lumière du jour et des conditions d'observation raisonnables) et 2) aucune baleine, aucun autre mammifère marin ou tortue marine n'est observé dans la zone d'exclusion.</p> <p>Atlantique-Centre : Il n'est pas permis d'utiliser une source sismique unique comme source d'« atténuation » pendant les virages prolongés de la ligne. La source acoustique doit être désactivée lorsqu'on n'acquiert pas de données ou qu'on ne se prépare pas à le faire, sauf si cela est nécessaire pour la mise à l'essai.</p>	<p>démarrage de la source sismique peut se poursuivre pendant le changement de ligne seulement si la puissance est réduite à 180 po³ ou moins à la pression normale et que l'intervalle de point de tir est augmenté, jusqu'à un maximum de 5 minutes.</p> <p>Si les sources sismiques peuvent être redémarrées et que l'acquisition des données peut reprendre en moins de 10 minutes, il n'y a aucune exigence pour une intensification, à condition qu'aucun mammifère marin n'ait été détecté dans la zone d'atténuation pendant la période d'arrêt.</p>		<p>Des essais sismiques avec source combinée d'une capacité maximale inférieure à 2,49 litres ou 150 po³ n'exigent pas de procédures d'intensification et peuvent être entrepris en suivant les procédures pertinentes d'observations avant le démarrage.</p>	<p>d'acquisition sismique.</p> <p>Changement de ligne en moins de 20 min, les coups ne doivent pas être interrompus. Pour les changements de ligne de plus de 20 minutes, les grappes de bulleures doivent être arrêtées à la fin de chaque ligne et redémarrées conformément aux procédures normales d'observation (30 min) et d'intensification (20 min minimum).</p> <p>Il est interdit d'utiliser un canon d'atténuation ou une source sismique unique.</p>	<p>heure, il faut arrêter la source sismique à la fin de la ligne et effectuer une observation et une intensification préalables complètes de 20 minutes avant la ligne suivante. Si l'on s'attend à ce qu'un changement de ligne soit de moins d'une heure, la grappe doit être exploitée à une puissance plus faible ou avec un canon d'atténuation.</p>	

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
Levés en situation de visibilité réduite	<p>L'intensification commencer après la tombée de la nuit ou dans des conditions qui empêche l'inspection visuelle (par exemple, l'obscurité, le brouillard, la pluie) de la zone d'exclusion uniquement avec l'utilisation de la SAP par un observateur compétent.</p> <p>La SAP est requise pendant tous les levés sismiques dans le plateau continental médio-Atlantique.</p>	<p>Dans la mesure du possible, les activités devraient commencer pendant les heures de clarté afin de s'assurer que des mesures d'atténuation visuelles peuvent être prises par les OMM. La SAP doit être utilisée pendant les périodes où l'atténuation visuelle n'est pas possible (p. ex. obscurité, faible visibilité).</p>	<p>L'intensification peut commencer à condition qu'il n'y ait pas eu 3 arrêts ou plus en raison de la présence de baleines au cours de la période de 24 heures précédente; ou bien le navire (ou un avion de repérage) se trouve à proximité (~10 km) depuis au moins 2 heures (dans de bonnes conditions de visibilité) au cours de la période de 24 heures précédente, et qu'aucune baleine n'ait été observée.</p> <p>L'utilisation de la SAP dans les zones où la probabilité de rencontrer des baleines est de modérée à élevée.</p>	<p>Les sources acoustiques de niveau 1 (de plus grande taille) ne peuvent pas être activées pendant les heures de nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation, sauf si la SAP a été effectuée par un opérateur qualifié pendant au moins 30 minutes avant l'activation.</p> <p>En raison de la plage de détection limitée de la SAP pour les cétacés à très haute fréquence (inférieure à 300 m), toute détection de ce genre nécessitera un arrêt immédiat.</p>	<p>La SAP est obligatoire 24 heures sur 24 tout au long de l'opération sismique.</p> <p>Au moins 3, de préférence 4 opérateurs de SAP à bord du navire pour maintenir une activité de 24 heures. Au moins deux d'entre eux devraient avoir une expérience reconnue à titre d'opérateur de SAP sur des navires sismiques.</p> <p>Les observations visuelles pendant les périodes de faible visibilité de jour devraient se poursuivre, même si la SAP est opérationnelle.</p>	<p>La SAP sera utilisée pour augmenter les compétences des observateurs en période d'obscurité, de mauvaise visibilité ou d'état de la mer au-dessus de 3.</p> <p>Le Centre danois pour l'environnement et l'énergie encourage l'utilisation du PAMGuard ou d'un outil semblable.</p>	
Mesures d'atténuation	Une distance de séparation	Lorsque deux navires ou plus sont	D'autres évaluations	Il est interdit d'utiliser des	Dans le cas de levés sismiques se	Modèle prédictif de propagation du	

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
additionnelles ou modifiées	<p>géographique de 40 km peut être nécessaire entre des levés sismiques simultanés dans la zone du plateau continental de l'Atlantique-Centre et Sud.</p> <p>Réduire la vitesse à 10 nœuds ou moins alors que les zones de transition sont fréquentées par les baleines noires de l'Atlantique Nord.</p> <p>Des mesures d'atténuation sont décrites pour les diagrammes de puits.</p> <p>Zones d'exclusion élargies dans l'inlet Cook, en Alaska (si l'évaluation environnementale est approuvée).</p>	<p>en activité dans des zones adjacentes et tirent à tour de rôle pour éviter de causer des interférences sismiques, les lignes directrices s'appliquent à tous les navires concernés.</p> <p>Si des grappes à deux sources doivent être utilisées, et particulièrement si elles doivent fonctionner en simultané, la zone d'atténuation requise pour englober l'ensemble des grappes (p. ex. selon le point central entre les deux grappes) doit être estimée.</p> <p>Des mesures d'atténuation ont été prévues pour les levés bathymétriques</p>	<p>environnementales des impacts potentiels peuvent être nécessaires si plusieurs sources sismiques (p. ex. deux navires sur un projet ou plusieurs projets adjacents) doivent être exploitées dans la même zone générale.</p> <p>Pour les levés effectués à proximité d'aires de reproduction ou de repos connues, une zone tampon est établie afin de garantir que les navires de levés en activité ne pénètrent pas dans le secteur où des baleines peuvent être présentes.</p>	<p>explosifs comme source acoustique.</p> <p>Lorsque des activités sont prévues dans des aires d'importance écologique ou des sanctuaires de mammifères marins, la modélisation de la perte de transmission sonore sera intégrée à l'EIMM et vérifiée sur le terrain au cours du levé.</p> <p>Mesures d'atténuation supplémentaire en cas d'entrée initiale dans une zone de nuit.</p> <p>Envisager l'utilisation de protecteurs pour tortue pour éviter l'empêchement.</p>	<p>chevauchant, des modalités d'exploitation particulières peuvent être proposées, ainsi que l'adoption de mesures d'atténuation et de surveillance supplémentaires pouvant inclure le refus d'un permis.</p> <p>Dans le cas d'un levé à large azimuth et faisant appel à plusieurs navires, les observateurs et les opérateurs de SAP devraient être présents sur tous les navires sismiques.</p>	<p>bruit dans l'étude d'impact sur l'environnement. Pour les effets cumulatifs, le niveau d'exposition au bruit total (pour tous les impulsions de source sismique et tous les levés et activités simultanés dans la région) par 24 heures.</p> <p>Exposition réelle au bruit dans la zone modélisée mesurée à des endroits représentatifs pendant le levé sismique.</p> <p>Un agent de liaison des pêches est présent à bord au besoin.</p>	

Élément de l'EPC	États-Unis – Golfe du Mexique (BOEM 2016), centre du littoral de l'Atlantique (BOEM 2014; NOAA 2018)	Royaume-Uni (CMCN 2017)	Australie (DEWHA 2008)	Nouvelle-Zélande (DOC 2013)	Brésil (IBAMA 2018)	Groenland (DCE 2015)	Norvège (non daté)
		électromagnétiques et multifaisceaux.					

6.0 EXAMEN ET ANALYSE DE L'EPC

À partir de l'information présentée ci-dessus aux sections 3 à 5 et aux annexes correspondantes, nous cernons les principales lacunes des différentes composantes de l'EPC et soulignons les cas où d'autres administrations ont adapté des méthodes d'atténuation et de surveillance différentes ou supplémentaires.

6.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

6.1.1 Article 3 a) à c) : Caractéristiques d'une grappe de bulleurs

Les grappes de bulleurs sont conçues pour transmettre principalement des sons de basse fréquence vers le bas à travers les fonds marins, et la quantité de son transmis dans des directions quasi-horizontales est considérablement réduite. Néanmoins, ils émettent également des sons qui se déplacent horizontalement vers les zones cibles non géophysiques et peuvent contenir une énergie importante au-dessus des fréquences que les grappes de bulleurs sont conçues pour émettre à des fins géophysiques (DeRuiter *et al.* 2006; Madsen *et al.* 2006; Tyack *et al.* 2006). L'EPC stipule qu'un levé sismique doit être planifié de manière à réduire au minimum la quantité d'énergie, la propagation horizontale du son et l'utilisation du son à des fréquences non nécessaires pour le levé. On suppose qu'il s'agit d'inclure des mesures qui vont au-delà de celles intégrées à la conception industrielle standard d'une grappe de bulleurs. D'après cette hypothèse, cet article de l'EPC n'a pas été mis en œuvre ni vérifié pour les levés sismiques au Canada. En réalité, chaque exploitant sismique possède généralement des grappes de bulleurs standard qui ont un volume, une pression de service et une structure fixes qu'il est pratiquement impossible de modifier. Il existe des solutions de rechange de source sismique de puissance inférieure aux grappes de bulleurs standard, mais elles n'ont pas encore été mises en œuvre pour les levés sismiques dans les eaux canadiennes. Il faudrait envisager d'utiliser ces solutions de rechange de puissance inférieure pendant la phase de planification, tandis que leur développement se poursuit.

Malgré cela, quatre des sept administrations internationales examinées aux fins du présent rapport ont inclus des dispositions similaires dans leurs lignes directrices sur l'atténuation des effets des levés sismiques (voir le tableau 3). Le Groenland exige des promoteurs sismiques qu'ils démontrent, au moyen d'une modélisation acoustique de la source sonore, que les niveaux d'énergie réels les plus bas sont utilisés et que les sons de haute fréquence sont réduits au minimum. Toutefois, un groupe d'experts convoqué par le BOEM a conclu qu'il n'était ni raisonnable ni pratique d'élaborer des mesures pour déterminer si le niveau réel de source le plus faible d'une grappe de bulleurs était utilisé (annexe L dans BOEM 2017).

Le présent examen tient compte des nouvelles technologies qui peuvent remplacer les sources sismiques comme eSource^{MD} et les vibrateurs marins. Les vibrateurs marins produisent des signaux d'énergie sonore qui sont habituellement du même ordre de grandeur, ou plus longs que les impulsions d'énergie sonore des sources sismiques. Comme l'énergie est émise sur une plus longue période, pour une quantité donnée d'énergie émise dans l'eau, un réseau d'équipement vibrosismique produit une pression de pointe inférieure à celle d'une grappe de bulleurs. Les vibrateurs marins diffèrent également des sources sismiques en ce qui concerne le contrôle des fréquences sonores émises. En raison du contrôle inhérent au mécanisme de vibration, le signal de sortie d'un vibrateur diminue considérablement le niveau de la source à mesure que la fréquence augmente. Cette diminution peut être comprise entre 50 à 100 dB par décade, à des fréquences supérieures à celles qui sont utiles pour les levés sismiques (~5 à 100 Hz). La seule énergie émise au-delà de la fréquence maximale sélectionnée est créée par

la résonance harmonique momentanée du vibreur. En comparaison, les bulleurs émettent une énergie sonore de fréquence harmonique significative au-dessus des fréquences nominales utiles pour le levé sismique. Ces hautes fréquences, qui ne sont pas utiles pour les levés sismiques, ont des niveaux qui ne diminuent habituellement que d'environ 30 dB par décade à des fréquences au-delà de 200 Hz (Spence 2009). Une évaluation antérieure des vibrateurs marins a conclu que la plupart des risques d'exploration géophysique future pourraient être réduits en utilisant des vibrateurs marins plutôt que des sources sismiques (LGL et MAI 2011). Les vibrateurs marins pourraient réduire les rayons de sécurité nécessaire pour éviter les blessures, mais pourraient augmenter l'effet de masquage, bien que la modélisation acoustique indique que les niveaux d'exposition au bruit des vibrateurs marins sont réduits sur une longue portée comparativement aux sources sismiques (Duncan *et al.* 2017). Comme précisé précédemment, à ce jour, des prototypes de vibrateurs marins ont été développés pour atteindre les principales caractéristiques de puissance des grappes et font actuellement l'objet d'essais de fiabilité (p. ex. Mougnot *et al.* 2017). De même, eSource^{MD} est toujours considéré comme étant en développement. Bien que les nouvelles technologies fassent l'objet d'un examen comme sources potentielles dans le cadre de levés géophysiques, il est prématuré de les inclure dans l'EPC. Quoi qu'il en soit, selon les progrès réalisés, il faudrait envisager d'utiliser ces sources en remplacement des bulleurs lors de l'étape de la planification.

6.1.2 Article 4 : Éviter les effets néfastes notables

Comme l'EPC ne contient pas de définition à cet effet, la signification de ce qu'est un effet néfaste notable pour les individus et les populations d'espèces marines inscrites à l'annexe de la LEP. Le lecteur doit supposer que cela fait référence à une décision prise au cours d'un processus d'évaluation environnementale. De plus, les espèces de poissons marins inscrites à l'annexe 1 de la LEP ne sont pas incluses à l'article 4 de l'EPC.

En général, les administrations internationales n'incluent pas la terminologie typique des évaluations environnementales (c.-à-d. effets négatifs importants) dans leurs lignes directrices sur l'atténuation. Elles visent à éviter les zones et les périodes clés pour la faune marine.

6.1.3 Article 5 : Évitement des zones et des périodes clés

Dans de nombreuses régions extracôtières du Canada, l'absence de données de base saisonnières géoréférencées sur la répartition des mammifères, des tortues marines et des poissons empêche la mise en œuvre des mesures d'atténuation énumérées à l'article 5 de l'EPC. L'EPC ne comporte pas de dispositions visant à combler ces lacunes dans les données, afin de permettre une mise en œuvre efficace de cette mesure. De plus, la définition d'un groupe de mammifères marins n'est pas claire. Cette section de l'EPC ne mentionne pas non plus expressément les invertébrés.

La planification de levés sismiques pour éviter les chevauchements spatiaux et temporels dans les zones où l'on s'attend à ce que des cétacés inscrits à l'annexe de la LEP soient présents est considérée comme la mesure d'atténuation la plus efficace pour réduire les répercussions sur les individus et leur habitat essentiel, mais dépend de renseignements adéquats sur la répartition et l'abondance des espèces. Dans de nombreux cas, un effort de recherche est nécessaire avant la tenue de levés sismiques afin d'établir adéquatement la présence des espèces afin que les mesures d'évitement spatial et temporel puissent être appliquées efficacement. En outre, il n'est pas toujours possible d'éviter les chevauchements spatiaux et temporels, car les levés sismiques sont habituellement limités à une zone d'intérêt particulière, et il est impossible d'éviter les espèces résidentes qui sont présentes toute l'année.

La plupart des administrations internationales comprennent des dispositions visant à éviter les zones de migration, de reproduction et de mise bas ainsi que les aires d'alimentation importantes pour les mammifères marins et, dans certains cas, les tortues marines, en supposant encore une fois que ces aires sont connues. À l'instar du Canada, la plupart des administrations ne prévoient pas de dispositions pour les levés sismiques dans les zones où l'on ne connaît pas les conditions particulières de migration, de reproduction et de mise bas ainsi que les aires d'alimentation importantes des mammifères marins. Toutefois, en Australie, les promoteurs de projets sismiques peuvent être tenus d'effectuer des recherches préalables aux levés sismiques pour déterminer les zones de concentration des baleines (p. ex. aires d'alimentation et voies de migration). Aux États-Unis, les levés sismiques ne sont pas autorisés dans l'habitat essentiel des baleines noires de l'Atlantique Nord pendant les périodes où les baleines s'y trouvent pour se reproduire et allaiter leurs petits. De plus, les niveaux sonores des levés sismiques ne doivent pas dépasser 160 dB_{rms} (seuil comportemental actuel pour le bruit impulsif selon le National Marine Fisheries Service) aux limites de l'habitat essentiel de la baleine noire de l'Atlantique Nord. L'habitat essentiel de nidification des tortues marines doit être évité en Floride pendant la période de nidification active.

6.1.4 Autres méthodes de planification

Certaines administrations internationales (p. ex. les États-Unis et le Groenland) exigent qu'un plan de surveillance et d'atténuation pour les mammifères marins soit examiné et approuvé par l'organisme de réglementation. Ces plans de surveillance et d'atténuation décrivent en détail les procédures d'observation, d'atténuation et de production de rapports pour les OMM et, dans certains cas, pour les équipements et les opérateurs de SAP. Les plans sont généralement remis à l'équipage du navire et à l'équipe sismique, qui les examinent afin de s'assurer que les mesures d'atténuation sont clairement communiquées et que des mécanismes de mise en œuvre appropriés sont en place. Comme mentionné précédemment (voir le tableau 1), les levés sismiques pour l'exploration pétrolière et gazière au large de la Nouvelle-Écosse et dans la partie canadienne de la mer de Beaufort nécessitent un plan approuvé de surveillance et d'atténuation pour les mammifères marins.

6.2 MESURES D'ATTÉNUATION ET SURVEILLANCE OPÉRATIONNELLES

À titre de rappel, un examen détaillé de l'efficacité des mesures opérationnelles contenues dans l'EPC a été préparé il y a dix ans (Moulton *et al.* 2009), et, dans la plupart des cas, il demeure tout à fait pertinent pour aider à cerner les lacunes de l'EPC. L'une des lacunes générales de l'EPC est que la majorité des mesures d'atténuation opérationnelles sont axées sur les mammifères marins (et, dans une moindre mesure, sur les tortues marines) en tenant peu compte des effets des ondes de levés sismiques (composantes de la pression acoustique et du mouvement des particules) sur les poissons et les invertébrés.

6.2.1 Zone de sécurité et activation des bulleurs

Cette composante de l'EPC compte plusieurs éléments clés qui doivent être pris en considération, notamment la taille de la zone de sécurité, les qualifications de l'OMM (ou de l'opérateur de SAP), la surveillance avant l'intensification et les procédures d'intensification.

Article 6a : Établissement d'une zone de sécurité

À la lumière des nouvelles lignes directrices du NMFS (NMFS 2016, 2018) et des recommandations mises à jour sur l'effet sur l'ouïe de Southall *et al.* (2019), qui ont pris en compte les meilleures données scientifiques accessibles, la zone de sécurité minimale actuelle de 500 m autour des grappes de bulleurs est probablement suffisante pour réduire au minimum

l'exposition aux impulsions des sources sismiques qui peuvent entraîner des lésions auditives permanentes chez la plupart des espèces de mammifères marins. Elle peut ne pas être suffisante pour réduire au minimum la perte auditive temporaire chez les mammifères marins. Il est reconnu que des lacunes statistiques ont une influence sur la certitude relative aux seuils des effets sur l'ouïe (voir ci-dessous), notamment pour les espèces autres que les mammifères marins (p. ex. les tortues marines).

Dans plusieurs administrations internationales, notamment le golfe du Mexique, le Royaume-Uni, l'Australie et le Groenland, une zone de sécurité de 500 m (ou zone d'arrêt) autour des grappes de bulleurs est utilisée pour les mammifères marins (et, dans certains cas, les tortues marines). Le Brésil utilise une zone de sécurité de 1 000 m, et certaines administrations utilisent une zone de sécurité plus grande dans certaines circonstances (pour les surveillances avant l'intensification, les espèces en péril, les espèces sensibles aux hautes fréquences, les baleines avec un baleineau et les baleines à bec).

Au Canada, la zone de sécurité minimale de 500 m a été utilisée au large de Terre-Neuve-et-Labrador, tandis que dans la partie canadienne de la mer de Beaufort et au large de la Nouvelle-Écosse, la modélisation acoustique des grappes de bulleurs a été réalisée avec des zones de sécurité variant de 500 m à 2 500 m et de 600 m à 1 000 m, respectivement. L'un des principaux objectifs de l'EPC est de déterminer si la zone de sécurité est destinée à réduire au minimum le risque de déplacement permanent de seuil chez les mammifères marins ou si la zone de sécurité est également destinée à réduire au minimum le risque de déplacement temporaire de seuil chez les mammifères marins. Cette décision nécessiterait, entre autres, l'examen des lois applicables, notamment la *Loi sur les espèces en péril* et la *Loi sur les pêches*, ce qui dépasse la portée des travaux du présent rapport.

Bien qu'il soit peu probable que l'activité de bulleurs pendant la plupart des levés sismiques cause des déplacements permanents de seuil chez de nombreux mammifères marins, la prudence est de mise compte tenu de ce qui suit :

- les connaissances limitées sur les dommages auditifs induits par le son chez les mammifères marins, particulièrement les baleines à fanons et les pinnipèdes;
- l'apparente sensibilité accrue de certaines espèces (p. ex. le marsouin commun et le phoque commun) au déplacement temporaire de seuil et probablement aussi au déplacement permanent de seuil;
- le manque de connaissance des seuils de TTS et de PTS chez de nombreuses espèces, y compris diverses espèces étroitement liées au marsouin et au phoque du port.

En outre, on ignore encore beaucoup des effets cumulatifs de l'exposition à de multiples levés sismiques simultanés sur l'audition des mammifères marins (ainsi que d'autres espèces).

Les réactions d'évitement de nombreux mammifères marins, ainsi que les mesures de surveillance et d'atténuation couramment appliquées (surveillance visuelle et acoustique passive, intensification et arrêt lorsque des mammifères sont détectés à l'intérieur ou à l'approche de la zone de sécurité) réduiraient la probabilité déjà faible d'exposition des mammifères marins à des sons suffisamment forts pour induire des déplacements permanents de seuil.

Article 6b : Utilisation d'OMM qualifiés pour effectuer des surveillances visuelles

L'EPC exige qu'un OMM qualifié effectue une surveillance visuelle avant une intensification et pendant les périodes où les sources sismiques sont actives. Cet aspect de l'EPC comporte plusieurs lacunes, notamment, il ne fournit pas de directives claires sur : 1) la définition d'un OMM qualifié (et d'un opérateur de SAP), y compris les formations nécessaires; 2) le nombre

d'OMM requis; et 3) les périodes de repos. Selon la définition de l'EPC, un OMM est une personne formée à l'identification des espèces de mammifères marins et de tortues susceptibles d'être présentes dans la zone de levés sismiques. Plusieurs études ont démontré que les OMM expérimentés ont un taux d'observation des mammifères marins plus élevé et une capacité accrue à identifier correctement les espèces animales comparativement aux OMM inexpérimentés (Barlow *et al.* 2006; Stone 2015; Smith *et al.* en préparation). Comparativement aux exigences de plusieurs administrations internationales qui, dans de nombreux cas, énumèrent des exigences en matière de formation, d'expérience et d'études, l'EPC est inadéquat. Plusieurs administrations internationales exigent également l'approbation du curriculum vitae d'un OMM par un organisme de réglementation avant le début d'un levé sismique.

Plusieurs administrations internationales exigent que deux OMM effectuent simultanément des surveillances visuelles pendant la période d'intensification et pendant les périodes où les sources sismiques sont actives. Il a été démontré que deux OMM détectent beaucoup plus de mammifères marins qu'un seul (p. ex. Moulton et Lawson 2002; Holst *et al.* 2018).

À l'heure actuelle, l'EPC exige une surveillance d'au moins 30 minutes avant l'intensification. Cela peut ne pas laisser suffisamment de temps pour permettre à certaines espèces de mammifères marins de remonter à la surface à partir de plongées profondes et donc, de les rendre visibles à la surface pour être détectées par les OMM (Moulton *et al.* 2009; Moors-Murphy et Theriault 2017). Plusieurs administrations internationales ont augmenté la surveillance avant l'intensification à 60 minutes dans les régions où la profondeur de l'eau est supérieure à 200 m pour tenir compte de la durée de plongée plus longue d'espèces qui font des plongées profondes comme les baleines à bec et les cachalots.

Article 7a : Retardement d'intensification

L'EPC exige que l'intensification soit retardée si, au cours de la période précédant l'intensification, un cétacé, une tortue marine, un mammifère marin inscrit à l'annexe 1 de la LEP ou un mammifère marin pour lequel un effet négatif important a été prévu au cours du processus d'évaluation environnementale est détecté dans la zone de sécurité. Bien que cette mesure puisse protéger de nombreuses espèces de faunes marines, elle ne tient pas compte des pinnipèdes (autres que les espèces inscrites à l'annexe 1 de la LEP) et des poissons marins considérés comme des espèces en péril et qui peuvent être détectés à la surface (p. ex. le grand requin blanc, *Carcharodon carcharias*). La plupart des administrations internationales exigent un retardement de l'intensification pour toutes les espèces de mammifères marins et, dans certains cas, pour toutes les tortues marines.

Article 7b : Procédures d'intensification

L'EPC exige une intensification d'au moins 20 minutes, mais ne fixe pas de durée maximale. La plupart des administrations internationales exigent une période d'intensification d'au moins 30 minutes ou de 20 à 40 minutes. Il est important d'établir une durée maximale d'intensification, car les promoteurs sismiques amorcent souvent la procédure d'intensification bien avant le début d'une ligne de levé (LGL, données non publiées), ce qui entraîne des émissions sonores inutiles.

L'EPC établit une procédure générale pour l'intensification, en soulignant une « préférence » pour commencer par la plus petite source sismique (en matière de production d'énergie). Cela correspond généralement aux administrations internationales examinées dans le présent rapport, bien que la plupart des administrations indiquent qu'une intensification « doit » commencer par la plus petite source sismique.

L'efficacité de la procédure d'intensification a été examinée par Moulton *et al.* (2009), qui ont notamment considéré la procédure d'intensification comme une augmentation progressive du niveau sonore par unité de temps. L'intensification est devenue une procédure d'atténuation standard et, en l'absence de preuves très précises de son efficacité, elle est perçue principalement comme une mesure sensée. À notre connaissance, il n'y a pas eu d'études approfondies sur l'efficacité de l'intensification.

6.2.2 Arrêt de la grappe ou des grappes de bulleurs

À titre de rappel, l'objectif premier des arrêts des bulleurs est de réduire au minimum le risque que la faune marine subisse des lésions auditives ou une altération de ses capacités.

Article 8a : Arrêts en raison de la présence de mammifères marins inscrits à l'annexe 1 de la LEP et de tortues marines

Cette exigence, telle qu'elle est actuellement énoncée dans l'EPC, n'est pas conforme aux meilleures données scientifiques disponibles et aux pratiques exemplaires mises en œuvre dans d'autres administrations. En fait, les promoteurs sismiques au Canada ont élargi la liste des espèces de mammifères marins et de tortues marines justifiant l'arrêt des sources pour tenir compte de cette lacune (voir tableau 3). Les États-Unis et l'Australie exigent un arrêt immédiat lorsqu'une baleine entre dans la zone de sécurité. Les deux pays définissent le terme « baleine » comme l'ensemble des espèces de baleines à fanons, des espèces de baleines à bec et des grands cétacés à dents. Les dauphins sont exclus de cette définition par les deux pays. La Nouvelle-Zélande et le Brésil exigent un arrêt immédiat des sources sismiques lorsqu'un mammifère marin entre dans la zone de sécurité.

L'exclusion des espèces de poissons marins inscrites à l'annexe 1 de la LEP constitue une autre lacune potentielle de l'EPC. Cet aspect revêt une importance particulière pour les espèces de requins en péril, qui peuvent être périodiquement détectées à la surface. Toutefois, comme indiqué à la section 4.3.3, notre compréhension des effets du son sous-marin sur les requins et les poissons en général est considérée comme limitée.

Article 8b : Arrêts en raison de la présence de mammifères marins et de tortues marines pour lesquels des effets néfastes notables sont prévus

À notre connaissance, aucune des nombreuses évaluations environnementales réalisées n'a prévu d'effets négatifs importants sur les mammifères marins et les tortues marines (ainsi que les poissons et les invertébrés) dans le cadre de levés sismiques au Canada. Ce fait remet en question la pertinence de cet article de l'EPC. D'autres administrations ne font pas de lien direct entre les espèces nécessitant une procédure d'arrêt et le processus d'évaluation environnementale, mais adoptent une approche plus large et plus inclusive, comme il est indiqué ci-dessus. Encore une fois, il convient de noter que les poissons marins (et les invertébrés) ne sont pas inclus dans cet article.

6.2.3 Intervalles entre les lignes du levé et l'arrêt des bulleurs à des fins d'entretien

Article 9 : Utilisation des bulleurs pendant les changements de ligne

L'une des grandes lacunes de cette composante de l'EPC est l'absence de directives quant aux circonstances qui justifieraient de recommander l'arrêt des bulleurs pendant les changements de ligne plutôt que de garder une source sismique active. De plus, l'EPC ne précise pas que si un seul bulleur est utilisé pendant les changements de ligne, il devrait s'agir de la plus petite (c.-à-d. le plus faible volume) de la grappe.

Les exigences des administrations internationales examinées concernant les changements de ligne et les arrêts aux fins d'entretien diffèrent. Plusieurs d'entre elles ne permettent pas l'utilisation d'un seul bulleur pendant les changements de lignes. Les administrations qui autorisent l'utilisation d'un seul bulleur pendant les changements de ligne précisent que la source doit être à un faible niveau de puissance ou une seule source sismique « d'atténuation ».

Article 10 : Reprise des levés sismiques

À l'heure actuelle, l'EPC n'exige pas que la grappe soit graduellement intensifiée après une période d'utilisation d'un seul bulleur pendant les changements de ligne (ou les périodes d'entretien). De plus, l'EPC ne précise pas pendant combien de temps les sources sismiques peuvent être arrêtées ou les activités peuvent avoir lieu avec un seul bulleur avant qu'une intensification soit requise.

Les administrations internationales qui autorisent l'utilisation d'un seul bulleur pendant les changements de ligne exigent généralement une intensification de la grappe avant la reprise des levés sismiques (tableau 3, annexe C). Cette exigence est résumée à l'annexe C. En général, la plupart des administrations n'exigeront pas d'intensification lorsque les grappes sont arrêtées pendant moins d'une période prescrite (20 minutes aux États-Unis et au Brésil, 10 minutes au Royaume-Uni, 5 minutes au Groenland) et que certaines conditions sont remplies.

6.2.4 Levés en situation de visibilité réduite

Article 11 : Utilisation de technologies de détection des cétacés

Tel qu'il est indiqué dans l'EPC, les technologies de détection des cétacés, comme la SAP, sont requises seulement pendant la surveillance préalable à l'intensification si le levé sismique a lieu dans l'habitat essentiel d'un cétacé (inscrit comme espèce menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la LEP) ou dans une zone utilisée par un cétacé où des effets néfastes notables ont été prévus au cours du processus d'évaluation environnementale. [Aucune circonstance n'a justifié la mise en œuvre de cette exigence particulière (c'est-à-dire les levés sismiques dans l'habitat essentiel ou la prévision d'effets néfastes notables sur un cétacé au cours du processus d'évaluation environnementale) aux termes de l'EPC.] L'absence de dispositions sur la détection des mammifères marins (et des tortues marines) lorsque la zone de sécurité n'est pas visible constitue une lacune majeure de l'EPC. Cet aspect concerne toutes les régions au large du Canada. Comme le soulignent Moulton *et al.* (2009), au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, une zone de sécurité de 500 m était pleinement visible en moyenne seulement ~39 % du temps (minimum 25 %) pendant les mois où les levés sismiques sont fréquents. Dans la partie canadienne de la mer de Beaufort, on estime que la visibilité est limitée par une combinaison de facteurs : 25 à 60 % en raison de l'obscurité, 25 à 40 % en raison de l'état de la mer ou de la hauteur de la houle, et 10 % en raison de la faible visibilité associée au brouillard (Harwood et Joynt 2009). Il en résulte que, pendant de longues périodes, sans technologie de détection des cétacés, les mesures d'atténuation qui consistent en l'arrêt et en l'intensification des sources sont inefficaces, car elles ne peuvent être mises en œuvre.

Dans la plupart des administrations internationales, les sources sismiques ne peuvent pas être réactivées pendant les périodes où la zone de sécurité complète n'est pas visible et, par conséquent, la SAP est habituellement utilisée ou requise. On sait que la SAP peut être efficace uniquement lorsque les mammifères marins vocalisent. De plus, comme indiqué à la section 4.4, les systèmes de SAP présentent des limites.

L'EPC ne fournit aucune directive sur les normes minimales requises pour le matériel et les logiciels de SAP (y compris les enregistrements de performances), ni sur la formation et le niveau d'expérience requis pour les opérateurs de SAP. Les récentes exigences de la NOAA en matière de SAP pour les levés sismiques dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique (NOAA 2018) constituent un bon exemple des meilleures pratiques, sachant que ces exigences n'ont pas encore été mises en œuvre sur le terrain.

D'autres types de technologies de détection des cétacés (détecteurs infrarouges thermiques, radars et sonars actifs) sont généralement considérés comme étant à des stades précoces de développement et d'utilisation par rapport à la SAP (voir section 4.4), et à ce titre ne sont généralement pas utilisés comme outil de surveillance lors des levés sismiques. De plus, chaque type de technologie de détection comporte des limites (p. ex. les détecteurs infrarouges thermiques sont inefficaces dans le brouillard épais).

Article 12 : Cétacés non identifiés

L'EPC exige que les cétacés non identifiés à une espèce soient considérés comme des espèces nécessitant un arrêt des bulleurs et qu'une vocalisation dont il est impossible de déterminer qu'elle tombe à l'extérieur de la zone de sécurité soit considérée comme se trouvant à l'intérieur de la zone de sécurité. Par conséquent, l'intensification ne doit pas commencer avant que 30 minutes se soient écoulées depuis la dernière détection. Les dispositions de cet article de l'EPC sont considérées comme assez prudentes. Les États-Unis et le Groenland laissent clairement à la discrétion de l'opérateur du système de SAP le soin d'évaluer les vocalisations et de déterminer si elles se produisent à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone de sécurité. À l'inverse, la Nouvelle-Zélande adopte une approche comparable à celle de l'EPC.

6.2.5 Mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées

Articles 13 et 14 : Mesures d'atténuation supplémentaires et préventives

Ces articles de l'EPC sont suffisamment vastes pour permettre aux organismes de réglementation, aux intervenants et aux promoteurs sismiques d'adapter de nouvelles mesures d'atténuation ou de modifier les mesures existantes par prévention, notamment la prise en compte des effets cumulatifs de levés sismiques simultanés. Toutefois, il est essentiel que les organismes de réglementation compétents mettent en œuvre cet aspect de l'EPC. D'autres mesures d'atténuation utilisées dans la partie canadienne de la mer de Beaufort pour les baleines boréales constituent un bon exemple de mise en œuvre efficace de la souplesse qu'accorde l'EPC (voir la section 3.2.3).

La plupart des administrations internationales prévoient des mesures d'atténuation supplémentaires, quoique généralement non spécifiques, dans certaines circonstances, y compris des levés sismiques simultanés.

Article 15 : Activation d'une source sismique unique

La nécessité de mettre progressivement en marche un seul bulleur s'il s'agit de la seule source sonore qui sera utilisée pendant les levés semble contre-intuitive étant donné que l'activation d'un seul bulleur (à pleine puissance) est la façon dont débute l'intensification d'une grappe de bulleurs. Toutefois, en Nouvelle-Zélande, pour les levés sismiques de puits de forage, il s'agit d'une mesure d'atténuation possible.

6.3 OPÉRATIONS DANS LES EAUX COUVERTES DE GLACE ET À PROXIMITÉ DE CELLES-CI

À l'heure actuelle, l'EPC ne tient pas compte des levés sismiques dans les eaux recouvertes de glace. Au Canada, les levés sismiques classiques (c.-à-d. les levés 2D et 3D) n'ont pas été effectués dans des eaux recouvertes de glace. Toutefois, dans la partie canadienne de la mer de Beaufort, des levés sismiques 2D ont été effectués dans des zones adjacentes à des eaux recouvertes de glace (p. ex. LGL *et al.* 2006; LGL et Canning et Pitt 2007; LGL 2008b). La principale mesure d'atténuation adaptée en raison de la proximité de la glace a été la mise en œuvre de procédures d'arrêt en cas de détection d'ours polaires dans l'eau (voir la section 3.2.3 ci-dessus).

Des levés sismiques (2D) dans les eaux recouvertes de glace ont eu lieu au nord-est du Groenland (p. ex. GXT 2009). Les levés dans la glace étaient possibles parce qu'un brise-glace naviguait devant le navire de source sismique. De plus, une technologie spécialisée a été utilisée pour submerger le câble du récepteur de l'hydrophone. Les exigences en matière d'atténuation et de surveillance étaient les mêmes que celles qui s'appliquent aux levés sismiques effectués dans les eaux libres du Groenland. Bon nombre de ces exigences sont incluses dans l'EPC.

Il est reconnu que la couverture de glace (Richardson *et al.* 1995) et le pergélisol sous-marin peuvent influencer sur la propagation du son sous-marin (p. ex. Moulton et Richardson 2010). La variation potentielle de la propagation du son pourrait avoir une incidence sur la taille de la zone de sécurité utilisée pour atténuer les effets sur les mammifères marins, et d'autres préoccupations propres à l'exploitation dans les eaux recouvertes de glace ou à proximité de celles-ci pourraient être prises en considération. La nécessité éventuelle de mettre en place des mesures d'atténuation environnementales supplémentaires ou modifiées, comme indiqué dans l'évaluation environnementale du projet, est abordée à l'article 13b de l'EPC.

Le sujet des activités sismiques dans les eaux couvertes de glace ou à proximité celles-ci et sa possible inclusion explicite dans l'EPC demeurent flous, car il existe peu de données concernant les risques pour les mammifères marins dans les eaux couvertes de glace ou à proximité, ainsi que les stratégies d'atténuation potentielles. Toutefois, une étude a montré que le piégeage par la glace constitue un risque potentiel pour les mammifères marins exposés aux ondes de levés sismiques (Heide-Jørgensen *et al.* 2013).

6.4 AUTRES

La portée du présent rapport englobe l'examen des mesures d'atténuation et la surveillance des réactions comportementales de la faune marine, notamment les mammifères marins. Comme l'ont souligné Moors-Murphy et Theriault (2017), l'EPC a une capacité limitée en ce qui concerne les réactions les possibles dommages ou le harcèlement potentiel pour les individus (c'est-à-dire aux réactions comportementales⁸) des espèces en péril qui peuvent se produire à plus grande distance de la source sonore (c'est-à-dire au-delà de la zone de sécurité). Les seules mesures d'atténuation prévues dans l'EPC qui portent actuellement sur de telles répercussions sont celles appliquées à l'étape de la planification, où il est précisé que tous les

⁸ Par « dommages », on entend « le résultat négatif d'une activité où un ou plusieurs événements réduisent l'aptitude (par exemple, la survie, la reproduction, le mouvement) des individus ». Par « harcèlement », on entend « tout acte ou série d'actes qui tendent à perturber, effrayer ou agresser un individu ou une population et qui, par leur fréquence et leur ampleur, entraînent des modifications du ou des comportements normaux qui réduisent la capacité d'un individu à mener à bien un ou plusieurs de ses processus vitaux, ce qui pourrait compromettre la survie ou le rétablissement de l'espèce » (voir Moors-Murphy et Theriault 2017).

levés sismiques doivent être planifiés de manière à éviter les effets néfastes notables ainsi qu'à éviter de déplacer ou de détourner les espèces de mammifères marins inscrites à la liste des espèces en péril. À l'heure actuelle, il n'y a pas de mesures d'atténuation opérationnelles dans l'EPC qui visent précisément à réduire les effets comportementaux potentiels ou les répercussions du masquage sur les mammifères marins (ou les tortues marines).

D'après l'expérience de LGL, il est difficile pour les OMM situés sur un navire sismique de recueillir des données comportementales détaillées, que ce soit au moment de l'arrêt d'une grappe de bulleurs ou même pendant la plupart des autres périodes. La combinaison d'une période limitée disponible pour observer un mammifère marin pendant que le navire sismique navigue (donc aucune observation comportementale prolongée) et la nécessité de surveiller constamment la zone de sécurité signifie que les OMM peuvent consacrer peu d'efforts à l'enregistrement des observations (Holst *et al.* 2018). De plus, on ne sait pas exactement quel type de réaction comportementale d'un mammifère marin (ou d'une tortue marine) observée à partir d'un navire sismique déclencherait une mesure d'atténuation en temps réel. De même, l'utilité de placer des OMM sur des navires de soutien, qui naviguent habituellement de 1 à 2 km devant un navire sismique, est discutable. À la suite d'un examen des données rapportées par un OMM dans la partie canadienne de la mer de Beaufort, Holst *et al.* (2018) n'ont pas recommandé de placer des OMM sur le navire de soutien, car les résultats de la surveillance ont indiqué qu'étant donné la distance de séparation typique entre les navires de soutien et les navires sismiques, les OMM sur le navire de soutien présentent une utilité minimale compte tenu des objectifs de surveillance et d'atténuation.

À des distances au-delà de celles qui sont véritablement surveillées par les OMM à bord de navires sismiques, des levés aériens et des programmes de surveillance acoustique ont été utilisés avec succès pour documenter la réaction des mammifères marins aux levés sismiques. Ces types de programmes de surveillance visent habituellement à valider les prévisions faites pendant le processus d'évaluation environnementale ou à combler les lacunes statistiques. La nécessité d'une surveillance de suivi pour les levés sismiques devrait être déterminée au cours du processus d'évaluation environnementale et, à ce titre, est probablement mieux décrite à l'article 13 de l'EPC. Toutefois, nous soulignons, une fois de plus, que les organismes de réglementation devraient exiger la mise en œuvre de cet aspect de l'EPC, selon le cas.

7.0 CONCLUSION

À la suite d'un examen de la documentation scientifique, des méthodes d'atténuation utilisées à l'échelle internationale et des méthodes d'atténuation utilisées à l'échelle régionale au Canada, il est évident qu'il est nécessaire de mettre à jour l'EPC de 2008. Il s'agit également du consensus découlant de la réunion du Secrétariat canadien de consultation scientifique tenue en mai 2019 à Halifax. L'analyse effectuée avant et pendant la réunion du Secrétariat canadien de consultation scientifique a conduit à recommander des changements pour chacune des composantes de l'EPC 2008. Ces recommandations figurent dans un avis scientifique du MPO (MPO xxxx).

RÉFÉRENCES CITÉES

Abgrall, P., V.D. Moulton, and W.J. Richardson. 2008. Updated review of scientific information on impacts of seismic survey sound on marine mammals, 2004-present. LGL Rep. SA973-2. Rep. from LGL Limited, St. John's, NL and King City, ON, for Department of Fisheries and Oceans, Habitat Science Branch, Ottawa, ON. 28 p. + appendices.

-
- Allen, B.M. and R.P. Angliss. 2013. Alaska marine mammal stock assessments, 2012. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-245. 282 p.
- Andrews, C.D., J.F. Payne, and M.L. Rise. 2014. Identification of a gene set to evaluate the potential effects of loud sounds from seismic surveys on the ears of fishes: A study with *Salmo salar*. **J. Fish Biol.** **84**: 1793-1819.
- Bain, D.E. and R. Williams. 2006. Long-range effects of airgun noise on marine mammals: responses as a function of received sound level and distance. Paper SC/58/E35 presented to the IWC Scient. Commit., IWC Annu. Meet., 1-13 June, St. Kitts.
- Barkaszi, M.J., D.M. Epperson, and B. Bennett. 2009. Six-year compilation of cetacean sighting data collected during commercial seismic survey mitigation observations throughout the Gulf of Mexico, USA. p. 24-25 *In*: Abstr. 18th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Québec, Oct. 2009. 306 p.
- Barlow, J., M.C. Ferguson, W.F. Perrin, L. Balance, T. Gerrodette, G. Joyce, C.D. MacLeod, K. Mullin, D.L. Palka, and G. Waring. 2006. Abundance and densities of beaked and bottlenose whales (family Ziphiidae). **J. Cetac. Res. Manage.** **7**(3): 263-270.
- Bartol, S.M. and D.R. Ketten. 2006. Turtle and tuna hearing. p. 98-103 *In*: Y. Swimmer and R. Brill (eds.), *Sea Turtle and Pelagic Fish Sensory Biology: Developing Techniques to Reduce Sea Turtle Bycatch in Longline Fisheries*. NOAA Tech. Memo. NMFS-PIFSC-7.
- Beland, J.A., B. Haley, C.M. Reiser, D.M. Savarese, D.S. Ireland, and D.W. Funk. 2009. Effects of the presence of other vessels on marine mammal sightings during multi-vessel operations in the Alaskan Chukchi Sea. p. 29 *In*: Abstr. 18th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Québec, Oct. 2009:29. 306 p.
- Bittencourt, L., I.M.S. Lima, L.G. Andrade, R.R. Carvalho, T.L. Bisi, J. Lailson-Brito, Jr., and A.F. Azevedo. 2016. Underwater noise in an impacted environment can affect Guiana dolphin communication. **Mar. Poll. Bull.** doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.10.037.
- Blackwell, S.B., C.S. Nations, T.L. McDonald, A.M. Thode, D. Mathias, K.H. Kim, C.R. Greene, Jr., and A.M. Macrander. 2015. Effects of airgun sounds on bowhead whale calling rates: evidence for two behavioral thresholds. **PLoS ONE** **10**(6): e0125720. doi:10.1371/journal.pone.0125720.
- Blackwell, S.B., C.S. Nations, A.M. Thode, M.E. Kauffman, A.S. Conrad, R.G. Norman, and K.H. Kim. 2017. Effects of tones associated with drilling activities on bowhead whale calling rates. **PLoS ONE** **12**(11): e0188459. doi:10.1371/journal.pone.0188459.
- BOEM (United States Bureau of Ocean Energy Management). 2014. [Record of Decision. Atlantic OCS Proposed Geological and Geophysical Activities Mid-Atlantic and South Atlantic Planning Areas, Final Programmatic Environmental Impact Statement \(PEIS\)](#). United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management.
- BOEM. 2016. [Notice to Lessees and Operators \(NTL\) of Federal Oil, Gas, and Sulphur Leases in the OCS, Gulf of Mexico OCS Region](#). Implementation of Seismic Survey Mitigation Measures and Protected Species Observer Program. BOEM NTL 2016-G02. United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico Outer Continental Shelf (OCS) Region.
- BOEM. 2017. Gulf of Mexico OCS Proposed Geological and Geophysical Activities. Appendix L.
- Branstetter, B.K., J.S. Trickey, H. Aihara, J.J. Finneran, and T.R. Liberman. 2013. Time and frequency metrics related to auditory masking of a 10 kHz tone in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **J. Acoust. Soc. Am.** **134**(6): 4556-4565.
-

-
- Branstetter, B.K., K.L. Bakhtiari, J.S. Trickey, and J.J. Finneran. 2016. Hearing mechanisms and noise metrics related to auditory masking in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). p. 109-116 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Bröker, K., J. Durinck, C. Vanman, and B. Martin. 2013. Monitoring of marine mammals and the sound scape during a seismic survey in two license blocks in the Baffin Bay, West Greenland, in 2012. p. 32 *In*: *Abstr. 20th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Dunedin, New Zealand, 9-13 December 2013*. 233 p.
- Carroll, A.G., R. Przeslawski, A. Duncan, M. Gunning, and B. Bruce. 2017. A critical review of the potential impacts of marine seismic surveys on fish and invertebrates. **Mar. Poll. Bull.** 114: 9-24.
- Casper, B.M. and D.A. Mann. 2009. Field hearing measurements of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae*. **J. Fish Biol.** 75: 2768-2776.
- Castellote, M. and C. Llorens. 2016. Review of the effects of offshore seismic surveys in cetaceans: are mass strandings a possibility? p. 133-143 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Castellote, M., C.W. Clark, and M.O. Lammers. 2012. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. **Biol. Conserv.** 147(1): 115-122.
- Cato, D.H, M.J. Noad, R.A. Dunlop, R.D. McCauley, N.J. Gales, C.P. Salgado Kent, H. Kniest, D. Paton, K.C.S. Jenner, J. Noad, A.L. Maggi, I.M. Parnum, and A.J. Duncan. 2013. A study of the behavioural response of whales to the noise of seismic air guns: design, methods and progress. **Acoust. Australia** 41(1): 88-97.
- Cerchio, S., S. Strindberg, T. Collins, C. Bennett, and H. Rosenbaum. 2014. Seismic surveys negatively affect humpback whale singing activity off northern Angola. **PLoS ONE** 9(3):e86464. doi: 10.1371/journal.pone.0086464.
- Champagne, C.D., N.M. Kellar, M.L. Trego, B. Delehanty, R. Boonstra, S.K. Wasser, R.K. Booth, D.E. Crocker, and D.S. Houser. 2018. Comprehensive endocrine response to acute stress in the bottlenose dolphin from serum, blubber, and feces. **Gen. Comp. Endocrinology** 266: 178-193.
- Cholewiak, D., C.W. Clark, D. Ponirakis, A. Frankel, L.T. Hatch, D. Risch, J.E. Stanistreet, M. Thompson, E. Vu, and S.M. Van Parijs. 2018. Communicating amidst the noise: modeling the aggregate influence of ambient and vessel noise on baleen whale communication space in a national marine sanctuary. **Endang. Species Res.** 36: 59-75.
- Clark, C.W. and G.C. Gagnon. 2006. Considering the temporal and spatial scales of noise exposures from seismic surveys on baleen whales. *Int. Whal. Comm. Working Pap. SC/58/E9*. 9 p.
- Clark, C.W., W.T. Ellison, B.L. Southall, L. Hatch, S.M. Van Parijs, A. Frankel, and D. Ponirakis. 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 395: 201-222.
- C-NLOPB (Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board). 2018. Geophysical, Geological, Environmental and Geotechnical Program Guidelines, October 2018. 56 p + appendices.
- Dahlheim, M. and M. Castellote. 2016. Changes in the acoustic behavior of gray whales *Eschrichtius robustus* in response to noise. **Endang. Species Res.** 31: 227-242.
-

-
- Day, R.D., R.D. McCauley, Q.P. Fitzgibbon, and J.M. Semmens. 2016a. Seismic air gun exposure during early-stage embryonic development does not negatively affect spiny lobster *Jasus edwardsii* larvae (Decapoda: Palinuridae). *Sci. Rep.* 6: 22723.
- Day, R.D., R.D. McCauley, Q.P. Fitzgibbon, K. Hartmann, and J.M. Semmens. 2016b. Assessing the impact of marine seismic surveys on southeast Australian scallop and lobster fisheries. Fisheries Research & Development Corporation (FRDC). FRDC Project No 2012/008. 144 p.
- Day, R.D., R.D. McCauley, Q.P. Fitzgibbon, K. Hartmann, and J.M. Semmens. 2017. Exposure to seismic air gun signals causes physiological harm and alters behavior in the scallop *Pecten fumatus*. **P. Natl. Acad. Sci. USA.** 114(40): 8537-8546.
- DCE (Danish Centre for Environment and Energy). 2015. [Offshore Seismic Surveys in Greenland. Guidelines to Best Practices, Environmental Impact Assessments and Environmental Mitigation Assessments.](#) Nov 2015, 48 p.
- de Gurjao, M.L., J.E. Pereira de Freitas, and D. Silva Araújo, D. 2005. Observations of marine turtles during seismic surveys off Bahia, Northeastern Brazil. **Mar. Turtle News** 108: 8-9.
- DeRuiter, S.L. and K.L. Doukara. 2012. Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure. **Endang. Species Res.** 16: 55-63.
- DeRuiter, S.L., P.L. Tyack, Y.-T. Lin, A.E. Newhall, J.F. Lynch, and P.J.O. Miller. 2006. Modeling acoustic propagation of airgun array pulses recorded on tagged sperm whales (*Physeter macrocephalus*). **J. Acoust. Soc. Am.** 120(6): 4100-4114.
- DEWHA (Australian Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts). 2008. [EPBC Act Policy Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales.](#) September 2008.
- DFO. 2007. Background paper on the Statement of Canadian Practice with respect to the Mitigation of Seismic Sound in the Marine Environment. 9 p.
- DFO. 2010a. Proceedings of the National Workshop to Examine the Effectiveness of Measures Used to Mitigate Potential Impacts of Seismic Sound on Marine Mammals; May 12-13, 2009. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2009/044.
- DFO. 2015. Proceedings of the National Peer Review of Mitigation and Monitoring Measures for Seismic Survey Activities in and near the Habitat of Cetacean Species at Risk. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2015/033.
- Di Iorio, L. and C.W. Clark. 2010. Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. **Biol. Lett.** 6(1): 51-54.
- DOC (New Zealand Department of Conservation). 2013. 2013 [Code of Conduct for Minimising Acoustic Disturbance to Marine Mammals from Seismic Survey Operations.](#) Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 30 p.
- Duncan, A.J., L.S. Weilgart, R. Leaper, M. Jasny, and S. Livermore. 2017. A modelling comparison between received sound levels produced by a marine Vibroseis array and those from an airgun array for some typical seismic survey scenarios. **Mar. Poll. Bull.** 119(1): 277-288.
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, R.D. McCauley, E. Kniest, D. Paton, and D.H. Cato. 2015. The behavioural response of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to a 20 cubic inch air gun. **Aquatic Mamm.** 41(4): 412-433.
-

-
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, R.D. McCauley, E. Kniest, R. Slade, D. Paton, and D.H. Cato. 2016a. Response of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to ramp-up of a small experimental air gun array. **Mar. Poll. Bull.** 103: 72-83.
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, and D.H. Douglas. 2016b. A spatially explicit model of the movement of humpback whales relative to a source. Proceedings of Meetings on Acoustics 4ENAL 27(1):010026. doi:10.1121/2.0000296.
- Dunlop, R., M.J. Noad, R. McCauley, and D. Cato. 2016c. The behavioral response of humpback whales to seismic air gun noise. **J. Acoust. Soc. Am.** 140(4): 3412.
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, R.D. McCauley, L. Scott-Hayward, E. Kniest, R. Slade, D. Paton, and D.H. Cato. 2017a. Determining the behavioural dose–response relationship of marine mammals to air gun noise and source proximity. **J. Exp. Biol.** 220: 2878-2886.
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, R.D. McCauley, E. Kniest, R. Slade, D. Paton, and D.H. Cato. 2017b. The behavioural response of migrating humpback whales to a full seismic airgun array. **Proc. R. Soc. B** 284: 20171901. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017/1901>.
- Dunlop, R.A., M.J. Noad, R.D. McCauley, E. Kniest, R. Slade, D. Paton, and D.H. Cato. 2018. A behavioural dose-response model for migrating humpback whales and seismic air gun noise. **Mar. Poll. Bull.** 133: 506-516.
- Dunn, R.A. and O. Hernandez. 2009. Tracking blue whales in the eastern tropical Pacific with an ocean-bottom seismometer and hydrophone array. **J. Acoust. Soc. Am.** 126(3): 1084-1094.
- Ellison, W.T., B.L. Southall, C.W. Clark, and A.S. Frankel. 2012. A new context-based approach to assess marine mammal behavioral responses to anthropogenic sounds. **Conserv. Biol.** 26(1): 21-28.
- Erbe, C., C. Reichmuth, K. Cunningham, K. Lucke, and R. Dooling. 2016. Communication masking in marine mammals: a review and research strategy. **Mar. Poll. Bull.** 103: 15-38. <https://www.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.007>.
- Finneran, J.J. 2015. Noise-induced hearing loss in marine mammals: a review of temporary threshold shift studies from 1996 to 2015. **J. Acoust. Soc. Am.** 138(3): 1702-1726.
- Finneran, J.J. 2016. Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for marine mammals exposed to underwater noise. Technical Report 3026. SSC Pacific, San Diego, CA.
- Finneran, J.J. and B.K. Branstetter. 2013. Effects of noise on sound perception in marine mammals. p. 273-308 *In*: H. Brumm (ed.) Animal communication and noise. Springer Berlin, Heidelberg. 453 p.
- Fitzgibbon, Q.P., R.D. Day, R.D. McCauley, C.J. Simon, and J.M. Semmens. 2017. The impact of seismic air gun exposure on the haemolymph physiology and nutritional condition of spiny lobster, *Jasus edwardsii*. **Mar. Poll. Bull.** 125(1-2): 146-156. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.08.004.
- Fornet, M.E.H., L.P. Matthews, C.M. Gabriele, S. Haver, D.K. Mellinger, and H. Klinck. 2018. Humpback whales *Megaptera novaeangliae* alter calling behavior in response to natural sounds and vessel noise. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 607: 251-268.
- Forney, K.A., B.L. Southall, E. Slooten, S. Dawson, A.J. Read, R.W. Baird, and R.L. Brownell, Jr. 2017. Nowhere to go: noise impact assessments for marine mammal populations with high site fidelity. **Endang. Spec. Res.** 32: 391-413.
-

-
- Funk, D.W., D.S. Ireland, R. Rodrigues, and W.R. Koski (eds.). 2010. Joint monitoring program in the Chukchi and Beaufort Seas, open water seasons, 2006-2008. LGL Alaska Rep. P1050-2. Rep. from LGL Alaska Res. Assoc. Inc. (Anchorage, AK) et al. for Shell Offshore Inc., other Industry contributors, U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., and U.S. Fish Wildl. Serv. 506 p.
- Gailey, G., B. Würsig, and T.L. McDonald. 2007. Abundance, behavior, and movement patterns of western gray whales in relation to a 3-D seismic survey, northeast Sakhalin Island, Russia. **Environ. Monit. Assessm.** 134(1-3): 75-91.
- Gedamke, J. 2011. Ocean basin scale loss of whale communication space: potential impacts of a distant seismic survey. p. 105-106 *In*: Abstr. 19th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Tampa, FL, 27 Nov.–2 Dec. 2011. 344 p.
- Gervaise, C., N. Roy, Y. Simard, B. Kinda, and N. Menard. 2012. Shipping noise in whale habitat: characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay-St. Lawrence Marine Park hub. **J. Acoust. Soc. Am.** 132(1): 76-89.
- Ghoul, A. and C. Reichmuth. 2016. Auditory sensitivity and masking profiles for the sea otter (*Enhydra lustris*). p. 349-354 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), The Effects of Noise on Aquatic Life II. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Gomez, C., J. Lawson, A.D. Wright, A. Buren, D. Tollit, and V. Lesage. 2016. A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. **Can. J. Zool.** 94(12): 801-819.
- Goold, J.C. and R.F.W. Coates. 2006. Near source, high frequency air-gun signatures. Paper SC/58/E30 presented to the IWC Scient. Commit., IWC Annu. Meet., 1-13 June, St. Kitts.
- Gordon, J., D. Gillespie, J. Potter, A. Frantzis, M.P. Simmonds, R. Swift, and D. Thompson. 2004. A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. **Mar. Technol. Soc. J.** 37(4): 16-34.
- Gordon, J., R. Antunes, N. Jaquet, and B. Würsig. 2006. An investigation of sperm whale headings and surface behaviour before, during and after seismic line changes in the Gulf of Mexico. Intern. Whal. Comm. Working Pap. SC/58/E45. 10 p.
- Gospic, N.R. and M. Picciulin. 2016. Changes in whistle structure of resident bottlenose dolphins in relations to underwater noise and boat traffic. **Mar. Poll. Bull.** 105: 193-198.
- Guan, S., J.F. Vignola, J.A. Judge, D. Turo, and T.J. Ryan. 2015. Inter-pulse noise field during an Arctic shallow-water seismic survey. **J. Acoust. Soc. Am.** 137(4): 2212.
- Guerra, M., A.M. Thode, S.B. Blackwell, and M. Macrander. 2011. Quantifying seismic survey reverberation off the Alaskan North Slope. **J. Acoust. Soc. Am.** 130(5): 3046-3058.
- Guerra, M., P.J. Dugan, D.W. Ponirakis, M. Popescu, Y. Shiu, and C.W. Clark. 2016. High-resolution analysis of seismic airgun impulses and their reverberant field as contributors to an acoustic environment. p. 371-379 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), The Effects of Noise on Aquatic Life II. Springer, New York, NY. 1292 p.
- GXT Canada Limited. 2009. GXT 2009 2-D seismic survey application for East/North Greenland regions. Prepared by GXT Canada Limited and LGL Limited, St. John's, NL. Prepared for the Bureau of Minerals and Petroleum, Nuuk, Greenland. Vol. 1: Main application document.
- Hannay, D.E., J. Delarue, and B. Martin. 2011. Effects of airgun sounds on Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens*) calling behavior. p. 122 *In*: Abstr. 19th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Tampa, FL, 27 Nov.–2 Dec. 2011. 344 p.
-

-
- Hanser, S.F., L.R. Doyle, A.R. Szabo, F.A. Sharpe, and B. McCowan. 2009. Bubble-net feeding humpback whales in Southeast Alaska change their vocalization patterns in the presence of moderate vessel noise. p. 105 *In*: Abstr. 18th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Québec, Canada, Oct. 2009. 306 p.
- Harris, R.E., T. Elliott, and R.A. Davis. 2007. Results of mitigation and monitoring program, Beaufort Span 2-D marine seismic program, open-water season 2006. LGL Rep. TA4319-1. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for GX Technol. Corp., Houston, TX. 48 p.
- Harris, R.E., A. Lewin, A. Hunter, M. Fitzgerald, A.R. Davis, R.E. Elliott, and R.A. Davis. 2008. Marine mammal mitigation and monitoring for GX Technology's Canadian Beaufort Span 2-D marine seismic program, open-water season 2007. LGL Report TA4460-1-3. Report by LGL Ltd., King City, ON for GX Technology Corp., Houston, TX. xiii + 99 p.
- Harris, R.E., A. Lewin, P. Abgrall, M. Fitzgerald, and D. Hauser. 2009. Marine mammal mitigation and monitoring for GX Technology's Canadian Beaufort Span 2-D marine seismic program, open-water 2008. LGL Report TA4460-2A. Report by LGL Ltd., King City, ON for GX Technology Corp., Houston, TX. xiv + 99 p.
- Harris, C.M., L. Thomas, E.A. Falcone, J. Hildebrand, D. Houser, P.H. Kvaldsheim, F.-P.A. Lam, P.J.O. Miller, D.J. Moretti, A.J. Read, H. Slabbekoorn, B.L. Southall, P.L. Tyack, D. Wartzok, and V.M. Janik. 2017. Marine mammals and sonar: dose–response studies, the risk-disturbance hypothesis and the role of exposure context. **J. Appl. Ecol.** <http://dx.doi.org/doi:10.1111/1365-2566.12955>.
- Harwood, L., A. Joynt, and S. Moore. 2008. Bowhead whale feeding aggregations in the Canadian Beaufort Sea and their role in the mitigation of effects of seismic underwater noise Working Paper presented at the Review of Scientific Information on the Impacts of Seismic Sound on Fish, Invertebrates, and Marine Mammals, Workshop II, March 26-28, 2008, Ottawa, ON. 10 p.
- Harwood, L., A. Joynt, D. Kennedy, R. Pitt, and S. Moore. 2009. Spatial restrictions and temporal planning as measures to mitigate potential effects of seismic noise on cetaceans: a working example from the Canadian Beaufort Sea, 2007-2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/040. iv + 14 p.
- Hatch, L.T., C.W. Clark, S.M. Van Parijs, A.S. Frankel, and D.W. Ponirakis. 2012. Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. National Marine Sanctuary. **Conserv. Biol.** 26(6): 983-994.
- Hauser, D.D.W., M. Holst, and V.D. Moulton. 2008. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program in the Eastern Tropical Pacific, April–August 2008. LGL Rep. TA4656/7-1. Rep. from LGL Ltd., King City., Ont., and St. John's, Nfld, for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 98 p.
- Hawkins, A.D. and A.N. Popper. 2016. A sound approach to assessing the impact of underwater noise on marine fishes and invertebrates. **ICES. J. Mar. Sci.** 74(3): 635-651.
- Hawkins, A.D. and A.N. Popper. 2018a. Effects of man-made sound on fishes. p. 145-177 *In*: Slabbekoorn, H., R.J. Dooling, A.N. Popper, and R.R. Fay (eds), *Effects of Anthropogenic Noise on Animals*. Springer International, Cham.
- Hawkins, A.D. and A.N. Popper. 2018b. Directional hearing and sound source localization by fishes. **J. Acoust. Soc. Amer.** 144: 3329-3350. <https://doi.org/10.1121/1.5082306>
-

-
- Hawkins, A.D., A.E. Pembroke, and A.N. Popper. 2015. Information gaps in understanding the effects of noise on fishes and invertebrates. **Rev. Fish. Biol. Fisher.** 25(1): 39.
- Heide-Jørgensen, M.P., R.G. Hansen, K. Westdal, R.R. Reeves, and A. Mosbech. 2013. Narwhals and seismic exploration: is seismic noise increasing the risk of ice entrapments? **Biol. Conserv.** 158:50-54.
- Heiler, J., S.H. Elwen, H.J. Kriesell, and T. Gridley. 2016. Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel presence, surface behaviour and group composition. **Animal Behav.** 117: 167-177.
- Hildebrand, J.A. 2005. Impacts of anthropogenic sound. p. 101-124 *In*: J.E. Reynolds, W.F. Perrin, R.R. Reeves, S. Montgomery, and T. Ragen (eds.), *Marine Mammal Research: Conservation Beyond Crisis*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD. 223 p.
- Holst, M. and M.A. Smultea. 2008. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program off Central America, February – April 2008. LGL Rep. TA4342-3. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 133 p.
- Holst, M., M.A. Smultea, W.R. Koski, and B. Haley. 2005a. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program off the Northern Yucatán Peninsula in the Southern Gulf of Mexico, January–February 2005. LGL Rep. TA2822-31. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD.
- Holst, M., M.A. Smultea, W.R. Koski, and B. Haley. 2005b. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program in the Eastern Tropical Pacific Ocean off Central America, November–December 2004. LGL Rep. TA2822-30. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD.
- Holst, M., W.J. Richardson, W.R. Koski, M.A. Smultea, B. Haley, M.W. Fitzgerald, and M. Rawson. 2006. Effects of large- and small-source seismic surveys on marine mammals and sea turtles. **Eos**, Trans. Am. Geophys. Union 87(36), Joint Assembly Suppl., Abstract OS42A-01. 23-26 May, Baltimore, MD.
- Holst, M., J. Beland, B. Mactavish, J. Nicolas, B. Hurley, B. Dawe, G. Caltavuturo, C. Fossati, and G. Pavan. 2011. Visual-acoustic survey of cetaceans during a seismic study near Taiwan, April–July 2009. p. 134 *In*: Abstr. 19th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., Tampa, FL, 27 Nov.–2 Dec. 2011. 344 p.
- Holst, M., V.D. Moulton, T. Gerwing, and R.E. Harris. 2018. Review of Marine Mammal Monitoring and Mitigation Data and Outcomes for 2-D Seismic Surveys in the Canadian Beaufort Sea, 2006–2012. LGL Report FA0150. Report by LGL Limited, St. John's, NL for Fisheries and Oceans Canada, Winnipeg, MB. 31 p.
- Holt, M.M., D.P. Noren, V. Veirs, C.K. Emmons, and S. Veirs. 2009. Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. **J. Acoust. Soc. Am.** 125(1): EL27-EL32.
- Holt, M.M., D.P. Noren, R.C. Dunkin, and T.M. Williams. 2015. Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: implications for animals communicating in noisy environments. **J. Exp. Biol.** 218: 1647-1654.
-

-
- Hovem, J.M., T.V. Tronstad, H.E. Karlsen, and S. Løkkeborg. 2012. Modeling propagation of seismic airgun sounds and the effects on fish behavior. **IEEE J. Ocean. Eng.** 37(4): 576-588.
- IBAMA (Brazil Institute of Environment and Natural Resources). 2018. Monitoring Guide for Monitoring Marine Biota During Seismic Data Acquisition Activities. October 2018. Translated by Google Translate from Portuguese to English.
- Jensen, F.H., L. Bejder, M. Wahlberg, N. Aguilar Soto, M. Johnson, and P.T. Madsen. 2009. Vessel noise effects on delphinid communication. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 395: 161-175.
- JNCC (Joint Nature Conservation Committee). 2017. [JNCC guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys](#). Joint Nature Conservation Committee, Aberdeen UK, 26 p.
- Jochens, A., D. Biggs, K. Benoit-Bird, D. Engelhaupt, J. Gordon, C. Hu, N. Jaquet, M. Johnson, R. Leben, B. Mate, P. Miller, J. Ortega-Ortiz, A. Thode, P. Tyack, and B. Würsig. 2008. Sperm whale seismic study in the Gulf of Mexico/Synthesis report. OCS Study MMS 2008-006. Rep. from Dep. Oceanogr., Texas A & M Univ., College Station, TX, for U.S. Minerals Manage. Serv., Gulf of Mexico OCS Reg., New Orleans, LA. 323 p.
- Johnson, S.R., W.J. Richardson, S.B. Yazvenko, S.A. Blokhin, G. Gailey, M.R. Jenkerson, S.K. Meier, H.R. Melton, M.W. Newcomer, A.S. Perlov, S.A. Rutenko, B. Würsig, C.R. Martin, and D.E. Egging. 2007. A western gray whale mitigation and monitoring program for a 3-D seismic survey, Sakhalin Island, Russia. **Environ. Monit. Assessm.** 134(1-3): 1-19.
- Jones, C.G., D.D.W. Hauser, A.L. Lang, and V.D. Moulton. 2009. Marine mammal and seabird monitoring of GX Technology's 2009 2-D seismic program offshore of Northeast Greenland. LGL Rep. SA1067. Rep. by LGL Limited, St. John's, NL, for GX Technology Canada Ltd., Calgary, AB. 40 p. + appendices.
- Jones, E.L., G.D. Hastie, S. Smout, J. Onoufriou, N.D. Merchant, K.L. Brookes, and D. Thompson. 2017. Seals and shipping: quantifying population risk and individual exposure to vessel noise. **J. Appl. Ecol.** 54(6): 1930-1940.
- Joynt, A. and L.A. Harwood. 2009. A review of the practices used to mitigate the effects of seismic noise on whales as applied in the Beaufort Sea from 2006-2009; a case study for adaptive management. Poster presented at the 18th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Quebec City, Canada. October 13-16, 2009.
- Ketten, D.R. and S.M. Bartol. 2006. Functional measures of sea turtle hearing, ONR Award No: N00014-02-1-0510. Rep. from Woods Hole Oceanogr. Inst., Woods Hole, MA, and Virginia Inst. Mar. Sci., Gloucester, VA, for Office of Naval Res., Arlington, VA. 5 p.
- Ketten, D.R., S. Cramer, J. Arruda, L. Brooks, J. O'Malley, J. Reidenberg, S.A. McCall, J. Craig, and K. Rye. Experimental measures of blast trauma in sea turtles. Symposium on Environmental Consequences of Underwater Sound. Office of Naval Research, Arlington, VA.
- Klinck, H., S.L. Nieukirk, D.K. Mellinger, K. Klinck, H. Matsumoto, and R.P. Dziak. 2012. Seasonal presence of cetaceans and ambient noise levels in polar waters of the North Atlantic. **J. Acoust. Soc. Am.** 132(3): EL176-EL181.
- Kryter, K.D. 1985. *The Effects of Noise on Man*. 2nd ed. Academic Press, Orlando, FL. 688 p.
- Kujawa, S.G. and M.C. Liberman. 2009. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. **J. Neurosci.** 29(45): 14077-14085.

-
- Lang, A.L. and B.D. Mactavish. 2011. Marine mammal and seabird monitoring of GX Technology's 2011 2-D seismic program offshore northeast Greenland. LGL Rep. SA1139. Rep. by LGL Limited, St. John's, NL, for GX Technology Canada Ltd., Calgary, AB. 36 p.
- Laurinolli, M.H. and N.A. Cochrane. 2005. Hydroacoustic analysis of marine mammal vocalization data from ocean bottom seismometer mounted hydrophones in the Gully. p. 89-95 *In*: K. Lee, H. Bain and G.V. Hurley (eds.), Acoustic monitoring and marine mammal surveys in The Gully and Outer Scotian Shelf before and during active seismic surveys. Environ. Stud. Res. Funds Rep. 151. 154 p. Published 2007.
- Lavender, A.L., S.M. Bartol, and I.K. Bartol. 2014. Ontogenetic investigation of underwater hearing capabilities in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) using a dual testing approach. **J. Exp. Biol.** 217: 2580-2589.
- Lawson, J.W. 2009. The use of sound propagation models to determine safe distances from a seismic sound energy source. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/060. vi + 15 p.
- Le Prell, C.G. 2012. Noise-induced hearing loss: from animal models to human trials. p. 191-195 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), The effects of noise on aquatic life. Springer, New York, NY. 695 p.
- LGL Limited. 2008a. Environmental Assessment of GX Technology's Marine Vibroseis Research Project, March-May 2008. LGL Rep. SA971-2. Rep. from LGL Limited, St. John's, NL for GX Technology Canada Ltd., Calgary, AB. 100 p. + appendices.
- LGL Limited. 2008b. Environmental Assessment of GX Technology's Beaufort Span 2-D Marine Seismic Program, Open-water Season 2008. LGL Rep. TA4460-2a. Rep. from LGL Limited, St. John's, NL and King City, ON for GX Technology Canada Ltd., Calgary, AB. 173 p. + appendices.
- LGL Limited. 2013. Environmental assessment of Shell Canada Ltd.'s Shelburne Basin 3-D Seismic Survey in Exploration Licenses 2423, 2424, 2425, and 2426. LGL Rep. SA1175. Rep. by LGL Limited, St. John's, NL and Mahone Bay, NS, for Shell Canada Limited, Calgary, AB. 122 p. + appendices.
- LGL Limited. 2014. Environmental assessment of BP Exploration (Canada) Limited's Tangier 3-D Seismic Survey. BP Document NS-HS-REP-BP-01-000 and LGL Rep. SA1222. Rep. by LGL Limited, Mahone Bay, NS and St. John's, NL for BP Exploration Canada Limited, Calgary, AB. 177 p + appendices.
- LGL Limited and Canning & Pitt Associates. 2007. Environmental assessment of GX Technology's Beaufort Span 2-D marine seismic program, open-water season 2007. LGL Project TA4460-2. Report by LGL Limited, King City, ON, and Canning & Pitt Associates, St. John's, NL for GX Technology Corporation, Houston, Texas. 158 p. + appendices.
- LGL Limited and MAI. 2011. [Environmental Assessment of Marine Vibroseis. Document Number TA4604-1. Prepared for Joint Industry Programme, E&P Sound and Marine Life](#), International Association of Oil & Gas Producers, King City, Ontario. 207 p.
- LGL Limited, Inuvialuit Environmental & Geotechnical Inc, and Canning & Pitt Associates. 2006. Environmental assessment of GX Technology's Beaufort Span 2-D marine seismic program, open-water season 2006/2007. LGL Rep. TA4319-2. Rep. by LGL Limited, King City, ON, IEG, Inuvik, NT, and Canning & Pitt Associates, St. John's, NL for GX Technology Corporation, Houston, Texas. 154 p. + appendices.

-
- Liberman, C. 2016. Noise-induced hearing loss: permanent versus temporary threshold shifts and the effects of hair cell versus neuronal degeneration. p. 1-7 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Løkkeborg, S., E. Ona, A. Vold, and A. Salthaug. 2012. Sounds from seismic air guns: gear- and species-specific effects on catch rates and fish distribution. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 69: 1278-1291.
- Luís, A.R., M.N. Couchinho, and M.E. Dos Santos. 2014. Changes in the acoustic behavior of resident bottlenose dolphins near operating vessels. 2014. **Mar. Mamm. Sci.** 30(4): 1417-1426.
- Lusseau, D. and L. Bejder. 2007. The long-term consequences of short-term responses to disturbance experience from whalewatching impact assessment. **Intern. J. Compar. Psychol.** 20(2-3): 228-236.
- MacGillivray, A., M. Zykov, D. Hannay, R. Racca, and M. Laurinolli. 2008. GX Technology Corporation – Final report on underwater acoustic modeling and field measurements for GX Technology’s 2007 Beaufort Span seismic program. Report from JASCO Research, Victoria, BC, for GX Technology, Houston, TX. 43 p.
- Mactavish, B.D. and A.L. Lang. 2011. Marine mammal and seabird monitoring of GX Technology’s 2010 2-D seismic program offshore of Northeast Greenland. LGL Rep. SA1097. Rep. by LGL Limited, St. John’s, NL, for GX Technology Canada Ltd., Calgary, AB. 32 p.
- Madsen, P.T., M. Johnson, P.J.O. Miller, N. Aguilar de Soto, J. Lynch, and P.L. Tyack. 2006. Quantitative measures of air gun pulses recorded on sperm whales (*Physeter macrocephalus*) using acoustic tags during controlled exposure experiments. **J. Acoust. Soc. Am.** 120(4): 2366–2379.
- Malme, C.I., P.R. Miles, C.W. Clark, P. Tyack, and J.E. Bird. 1984. Investigations of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior/Phase II: January 1984 migration. BBN Rep. 5586. Rep. from Bolt Beranek & Newman Inc., Cambridge, MA, for MMS, Alaska OCS Region, Anchorage, AK. NTIS PB86-218377.
- Martin, K.J., S.C. Alessi, J.C. Gaspard, A.D. Tucker, G.B. Bauer and D.A. Mann. 2012. Underwater hearing in the loggerhead turtle (*Caretta caretta*): a comparison of behavioral and auditory evoked potential audiograms. **J. Exp. Biol.** 215: 3001-3009.
- Martins, D.T.L., M.R. Rossi-Santos, and F.J.D.L. Silva. 2016. Effects of anthropogenic noise on the acoustic behaviour of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) in Pipa, North-eastern Brazil. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** doi:10.1017/S0025315416001338.
- Matthews, M.-N., D. Ireland, R. Brune, D.G. Zeddies, J. Christian, G. Warner, T.J. Deveau, H. Frouin-Mouy, S. Denes, C. Pyć, V.D. Moulton, and D.E. Hannay. *In prep*. Determining the Environmental Impact of Marine Vibrator Technology: Draft Report. Document number 01542, Version 1.0. Technical report by JASCO Applied Sciences, LGL Ecological Research Associates Inc. and Robert Brune LLC, for the IOGP Marine Sound and Life Joint Industry Programme.
- McCauley, R.D., J. Fewtrell, A.J. Duncan, C. Jenner, M.-N. Jenner, J.D. Penrose, R.I.T. Prince, A. Adhitya, J. Murdoch, and K. McCabe. 2000. Marine seismic surveys: Analysis of airgun signals; and effects of air gun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid. Rep. from Centre for Marine Science and Technology, Curtin Univ., Perth, Western Australia, for Australian Petrol. Produc. & Explor. Association, Sydney, NSW. 188 p.
-

-
- McCauley, R.D., R.D. Day, K.M. Swadling, Q.P. Fitzgibbon, R.A. Watson, and J.M. Semmens. 2017. Widely used marine seismic survey air gun operations negatively impact zooplankton. **Nat. Ecol. Evol.** 1: 0195.
- McKenna, M.F. 2011. Blue whale response to underwater noise from commercial ships. PhD Thesis, University of California, San Diego. 218 p.
- Melcón, M.L., A.J. Cummins, S.M. Kerosky, L.K. Roche, S.M. Wiggins, and J.A. Hildebrand. 2012. Blue whales response to anthropogenic noise. **PLoS ONE** 7(2): e32681. doi:10.1371/journal.pone.0032681.
- Miller, I. and E. Cripps. 2013. Three-dimensional marine seismic survey has no measurable effect on species richness or abundance of a coral reef associated fish community. **Mar. Poll. Bull.** 77: 63–70.
- Miller, G.W., R.E. Elliott, W.R. Koski, V.D. Moulton, and W.J. Richardson. 1999. Whales. p. 5-1 to 5-109 *In*: W.J. Richardson (ed.), Marine mammal and acoustical monitoring of Western Geophysical's open-water seismic program in the Alaskan Beaufort Sea, 1998. LGL Rep. TA2230-3. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., and Greeneridge Sciences Inc., Santa Barbara, CA, for Western Geophysical, Houston, TX, and Nat. Mar. Fish. Serv., Anchorage, AK, and Silver Spring, MD. 390 p.
- Miller, G.W., V.D. Moulton, R.A. Davis, M. Holst, P. Millman, A. MacGillivray, and D. Hannay. 2005. Monitoring seismic effects on marine mammals—southeastern Beaufort Sea, 2001-2002. p. 511-542 *In*: S.L. Armsworthy, P.J. Cranford, and K. Lee (eds.), Offshore Oil and Gas Environmental Effects Monitoring/Approaches and Technologies. Battelle Press, Columbus, OH.
- Miller, P.J.O., M.P. Johnson, P.T. Madsen, N. Biassoni, M. Quero, and P.L. Tyack. 2009. Using at-sea experiments to study the effects of airguns on the foraging behavior of sperm whales in the Gulf of Mexico. **Deep-Sea Res. I** 56(7): 1168-1181.
- Moore, S.E. and R.P. Angliss. 2006. Overview of planned seismic surveys offshore northern Alaska, July-October 2006. Paper SC/58/E6 presented to IWC Scient. Commit., IWC Annu. Meet., 1-13 June, St Kitts.
- Moors-Murphy, H.B. and J.A. Theriault. 2017. Review of Mitigation Measures for Cetacean Species at Risk During Seismic Survey Operations. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/008. vi + 38 p.
- Morris, C.J., D. Cote, B. Martin, and D. Kehler. 2018. Effects of 2D seismic on the snow crab fishery. **Fish. Res.** 197: 67-77.
- Mougenot, J.-M., S. Griswold, M. Jenkerson, and R. Abma. 2017. Next-generation marine seismic sources: A report from the SEG 2015 post-convention workshop. *Lead. Edge* 36(7): 538-620.
- Moulton, V.D. and G.W. Miller. 2005. Marine mammal monitoring of a seismic survey on the Scotian Slope, 2003. p. 29-40 *In*: K. Lee, H. Bain, and G.V. Hurley (eds.), Acoustic monitoring and marine mammal surveys in the Gully and outer Scotian Shelf before and during active seismic programs. *Environ. Stud. Res. Funds Rep.* 151. 154 p (Published 2007).
- Moulton, V.D. and M. Holst. 2010. Effects of seismic survey sound on cetaceans in the northwest Atlantic. Environmental Studies Research Funds Report No. 182. 28 p.
-

-
- Moulton, V.D. and W.J. Richardson. 2010. Proceedings of a workshop on seismic sound propagation characteristics in the Beaufort Sea, Calgary, Alberta, July 14-15, 2009. Environmental Studies Research Funds Report No. 187. 47 p. + appendices.
- Moulton, V.D., P. Abgrall, M. Holst, and W.E. Cross. 2009. Efficacy of operational mitigation measures used to minimize impacts of seismic survey sound on marine mammals. LGL Rep. SA1019-1. Rep. from LGL Limited, St. John's, NL, King City, Ont., and Sidney, B.C., for Department of Fisheries and Oceans, Habitat Science Branch, Ottawa, Ont. 32 p. + appendix.
- Moulton, V.D. and J.W. Lawson. 2002. Seals, 2001. p. 3-1 to 3-48 *In*: W.J. Richardson and J.W. Lawson (eds., 2002), Marine mammal monitoring of WesternGeco's open-water seismic program in the Alaskan Beaufort Sea, 2001. LGL Rep. TA2564-4. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for WesternGeco LLC, Anchorage, AK, BP Exploration (Alaska) Inc., Anchorage, AK, and Nat. Mar. Fish. Serv., Anchorage, AK, and Silver Spring, MD. 95 p.
- Moulton, V.D., A. d'Entremont, and J.R. Christian. (unpublished). Review of the Statement of Canadian Practice with Respect to the Mitigation of Seismic Sound in the Marine Environment. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Working Paper. 0000/000
- MPO, 2004. Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapp. sur l'état des habitats 2004/002.
- MPO, 2004. Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapp. sur l'état des habitats 2004/002.
- MPO. 2008. [Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin](#). Accédé on 20 April 2018.
- MPO, 2010. Directives relatives à l'efficacité des mesures d'atténuation des effets potentiels des ondes sismiques sur les mammifères marins. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/043..
- MPO. 2020. Examen de l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/005..
- Nedelec, S.L., J. Campbell, A.N. Radford, S.D. Simpson, and N.D. Merchant. 2016. Particle motion: the missing link in underwater acoustic ecology. **Meth. Ecol. Evol.** 2016. doi: 10.1111/2041-210X.12544.
- Nelms, S.E., W.E.D. Piniak, C.R. Weir, and B.J. Godley. 2016. Seismic surveys and marine turtles: an underestimated global threat? **Biol. Conserv.** 193: 49-65.
- New, L.F., D. Moretti, S.K. Hooker, D.P. Costa, and S.E. Simmons. 2013. Using energetic models to investigate the survival and reproduction of beaked whales (family Ziphiidae). **PLoS ONE** 8(7): e68725.
- Nichol, L.M. 2009. An assessment of some of the factors affecting observer efficacy during cetacean surveys in Canada's Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/065. iv + 18 p.
- Nichol, L.M. and J.K.B. Ford. 2008. Recent scientific information regarding seismic sound and mitigation measures with respect to marine mammals. Working paper presented at the Review of Scientific Information on the Impacts of Seismic Sound on Fish, Invertebrates, and Marine Mammals, Workshop II, March 26-28, 2008, Ottawa, ON. 44 p.

-
- Nieukirk, S.L., K.M. Stafford, D.K. Mellinger, R.P. Dziak, and C.G. Fox. 2004. Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. **J. Acoust. Soc. Am.** 115(4): 1832-1843.
- Nieukirk, S.L., D.K. Mellinger, J.A. Hildebrand, M.A. McDonald, and R.P. Dziak. 2005. Downward shift in the frequency of blue whale vocalizations. p. 205 *In*: Abstr. 16th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., San Diego, CA, 12-16 Dec. 2005.
- NMFS (National Marine Fishing Service). 1995. Small takes of marine mammals incidental to specified activities; offshore seismic activities in southern California. Fed. Regist. 60(200): 53753-53760.
- NMFS. 2000. Small takes of marine mammals incidental to specified activities; marine seismic-reflection data collection in southern California. Fed. Regist. 65(20): 16374-16379.
- NMFS. 2016. Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing: underwater acoustic thresholds for onset of permanent and temporary threshold shifts. U.S. Depart. Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. 178 p.
- NMFS. 2018. 2018 revision to: technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing (version 2.0). Underwater thresholds for onset of permanent and temporary threshold shifts. Office of Protected Resources Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 167 p.
- NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration). 2013. Draft guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammals/Acoustic threshold levels for onset of permanent and temporary threshold shifts (Draft: 23 Dec. 2013). Nat. Marine Fish. Serv./NOAA, Silver Spring, MD. 76 p.
- NOAA. 2018. [Takes of Marine Mammals Incidental to Specified Activities; Taking Marine Mammals Incidental to Geophysical Surveys in the Atlantic Ocean](#). Federal Register / Vol. 83, No. 235 / Friday, December 7, 2018.
- NOPSEMA (Australian National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority). 2018. Information Paper. [Acoustic impact evaluation and management](#). September 2018.
- Norway (undated). [Implementation of seismic surveys on the Norwegian Continental Shelf](#) Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, Ministry of Petroleum and Energy.
- Nowacek, D.P. and B.L. Southall. 2016. [Effective planning strategies for managing environmental risk associated with geophysical and other imaging surveys](#). Gland, Switzerland: IUCN. 42 p.
- Nowacek, D.P., K. Bröker, G. Donovan, G. Gailey, R. Racca, R.R. Reeves, A.I. Vedenev, D.W. Weller, and B.L. Southall. 2013. Responsible practices for minimizing and monitoring environmental impacts of marine seismic surveys with an emphasis on marine mammals. **Aquatic Mamm.** 39(4):356-377.
- Nowacek, D.P., C.W. Clark, P. Mann, P.J.O. Miller, H.C. Rosenbaum, J.S. Golden, M. Jasny, J. Kraska, and B.L. Southall. 2015. Marine seismic surveys and ocean noise: time for coordinated and prudent planning. **Front. Ecol. Environ.** 13(7): 378-386.
- NPD (Norwegian Petroleum Directorate). 2017. [Regulations relating to resource management in the petroleum activities \(Resource Management Regulations\)](#). December 13, 2017.
-

-
- O'Brien, J.M., S. Beck, S.D. Berrow, M. Andre, M. van der Schaar, I. O'Connor, and E.P. McKeown. 2016. The use of deep water berths and the effects of noise on bottlenose dolphins in the Shannon Estuary cSAC. p. 775-783 In: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The effects of noise on aquatic life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Offshore Technology 2018. [Countries working towards ending oil exploration](#). Offshore Technology. July 3, 2018.
- Papale, E., M. Gamba, M. Perez-Gil, V.M. Martin, and C. Giacoma. 2015. Dolphins adjust species-specific frequency parameters to compensate for increasing background noise. **PLoS ONE** 10(4): e0121711. doi:10.1371/journal.pone.0121711.
- Parente, C.L., M.C.C. Marcondes, and M.H. Engel. 2006. Humpback whale strandings and seismic surveys in Brazil from 1999 to 2004. Intern. Whal. Comm. Working Pap. SC/58/E41. 16 p.
- Parks, S.E., C.W. Clark, and P.L. Tyack. 2007. Short- and long-term changes in right whale calling behavior: the potential effects of noise on acoustic communication. **J. Acoust. Soc. Am.** 122(6): 3725-3731.
- Parks, S.E., I. Urazghildiiev, and C.W. Clark. 2009. Variability in ambient noise levels and call parameters of North Atlantic right whales in three habitat areas. **J. Acoust. Soc. Am.** 125(2): 1230-1239.
- Parks, S.E., M. Johnson, D. Nowacek, and P.L. Tyack. 2011. Individual right whales call louder in increased environmental noise. **Biol. Lett.** 7(1): 33-35.
- Parks, S.E., M.P. Johnson, D.P. Nowacek, and P.L. Tyack. 2012. Changes in vocal behaviour of North Atlantic right whales in increased noise. p. 317-320 In: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The effects of noise on aquatic life*. Springer, New York, NY. 695 p.
- Parks, S.E., K. Groch, P. Flores, R. Sousa-Lima, and I.R. Urazghildiiev. 2016a. Humans, fish, and whales: How right whales modify calling behavior in response to shifting background noise conditions. p. 809-813 In: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Parks, S.E., D.A. Cusano, A. Bocconcelli, and A.S. Friedlaender. 2016b. Noise impacts on social sound production by foraging humpback whales. Abstr. 4th Int. Conf. Effects of Noise on Aquatic Life, July 2016, Dublin, Ireland.
- Paxton, A.B., J.C. Taylor, D.P. Nowacek, J. Dale, E. Cole, C.M. Voss, and C.H. Peterson. 2017. Seismic survey noise disrupted fish use of a temperate reef. **Mar. Policy.** 78: 68-73.
- Payne, J.F., C.A. Andrews, L.L. Fancey, A.L. Cook, and J.R. Christian. 2007. Pilot study on the effects of seismic air gun noise on lobster (*Homarus americanus*). Fisheries and Oceans Canada, Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2712.
- Payne, J.F., C. Andrews, L. Fancey, D. White, and J. Christian. 2008. Potential effects of seismic energy on fish and shellfish: An update since 2003. Fisheries and Oceans Canada Science, Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/060.
- Payne, J.F., J. Coady, and D. White. 2009. Potential effects of seismic airgun discharges on monkfish eggs (*Lophius americanus*) and larvae. Environ. Stud. Res. Funds Rep. 170. St. John's, NL. 35 p.
- Payne, J.F., C.D. Andrews, J. Hanlon, and J. Lawson. 2015. Effects of seismic air-gun sounds on lobster (*Homarus americanus*): pilot laboratory studies with (i) a recorded track from a seismic survey and (ii) air-gun pulse exposures over 5 days. ESRF-NRC 197. 38 p.

-
- Peña, H., N.O. Handegard, and E. Ona. 2013. Feeding herring schools do not react to seismic air gun surveys. **ICES J. Mar. Sci.** 70(6): 1174–1180.
- Piniak, W.E.D., D.A. Mann, S.A. Eckert, and C.A. Harms. 2012a. Amphibious hearing in sea turtles. p. 83-88. *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.) *The effects of noise on aquatic life*. Springer, New York. 695 p.
- Piniak, W.E.D., S.A. Eckert, C.A. Harms, and E.M. Stringer. 2012b. Underwater hearing sensitivity of the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*): assessing the potential effect of anthropogenic noise. U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Headquarters, Herndon, VA. OCS Study BOEM 2012-01156. 35 p.
- Piniak, W.E.D., D.A. Mann, C.A. Harms, T.T. Jones, and S.A. Eckert. 2016. Hearing in the juvenile green sea turtle (*Chelonia mydas*): a comparison of underwater and aerial hearing using auditory evoked potentials. **PLoS One** 11: e0159711.
- Pirotta, E., M. Mangel, D.P. Costa, B. Mate, J.A. Goldbogen, D.M. Palacios, L.A. Hüeckstädt, E.A. McHuron, L. Schwartz, and L. New. 2018. A dynamic state model of migratory behavior and physiology to assess the consequence of environmental variation and anthropogenic disturbance on marine vertebrates. **Am. Nat.** 191(2): E000-E000.
<http://dx.doi.org/doi:10.5061/dryad.md416>.
- Popper, A.N. and A.D. Hawkins. 2018. The importance of particle motion to fishes and invertebrates. **J. Acoust. Soc. Am.** 143(1): 470-488.
- Popper, A.N. and A.D. Hawkins. 2019. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. **J. Fish Biol.** 94: 692-713. <https://doi.org/10.1111/jfb.13948>
- Popper, A.N., A.D. Hawkins, R.R. Fay, D. Mann, S. Bartol, T. Carlson, S. Coombs, W.T. Ellison, R. Gentry, M.B. Halvorsen, S. Løkkeborg, P. Rogers, B.L. Southall, D. Zeddies, and W.N. Tavolga. 2014. *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report. ASA S3/SC1.4 TR-2014* prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. Springer and ASA Press, Cham, Switzerland.
- Popper, A. N., A.D. Hawkins, and M.C. Halvorsen. 2019. [Anthropogenic sound and fishes](#). A Report Prepared for the Washington State Department of Transportation, Olympia, WA.
- Potter, J.R., M. Thillet, C. Douglas, M.A. Chitre, Z. Doborzynski, and P.J. Seekings. 2007. Visual and passive acoustic marine mammal observations and high-frequency seismic source characteristics recorded during a seismic survey. **IEEE J. Oceanic Eng.** 32(2): 469-483.
- Putland, R.L., N.D. Merchant, A. Farcas, and C.A. Radford. 2017. Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. **Glob. Change Biol.** 24(4): 1708-1721.
- Radford A.N., L. Lèbre, G. Lecaillon, S.L. Nedelec, and S.D. Simpson. 2016. Repeated exposure reduces the response to impulsive noise in European seabass. **Glob. Chang. Biol.** 22(10): 3349-3360.
- Rice, A.N., J.T. Tielens, B.J. Estabrook, C.A. Muirhead, A. Rahaman, M. Guerra, and C.W. Clark. 2014. Variation of ocean acoustic environments along the western North Atlantic coast: a case study in context of the right whale migration route. **Ecol. Inform.** 21:89-99.
- Richardson, A.J., R.J. Matear, and A. Lenton. 2017. Potential impacts on zooplankton of seismic surveys. CSIRO, Australia. 34 p.

-
- Richardson, W.J., B. Würsig, and C.R. Greene. 1986. Reactions of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, to seismic exploration in the Canadian Beaufort Sea. **J. Acoust. Soc. Am.** 79(4): 1117-1128.
- Richardson, W.J., C.R. Greene, Jr., C.I. Malme, and D.H. Thomson. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego, CA. 576 p.
- Risch, D., P.J. Corkeron, W.T. Ellison, and S.M. Van Parijs. 2012. Changes in humpback whale song occurrence in response to an acoustic source 200 km away. **PLoS One** 7: e29741.
- Roberts, L. and M. Elliott. 2017. Good or bad vibrations? Impacts of anthropogenic vibration on the marine epibenthos. **Sci. Total Environ.** 595: 255-268.
- Roberts, L., S. Cheesman, M. Elliott, and T. Breithaupt. 2016. Sensitivity of *Pagrus bernhardus* (L.) to substrate borne vibration and anthropogenic noise. **J. Exper. Mar. Biol. Ecol.** 474: 185-194.
- Robertson, F., R. Williams, J. Wood, and E. Ashe. 2017. Effects of ship noise on calling rates of humpback whales in British Columbia. Report by SMRU Consulting for the ECHO Program of the Vancouver Fraser Port Authority. 20 p.
- Sairanen, E.E. 2014. [Weather and ship induced sounds and the effect of shipping on harbor porpoise](#) (*Phocoena phocoena*) activity. M.Sc. Thesis, University of Helsinki..
- Scheifele, P.M., S. Andrew, R.A. Cooper, M. Darre, F.E. Musiek, and L. Max. 2005. Indication of a Lombard vocal response in the St. Lawrence River beluga. **J. Acoust. Soc. Am.** 117(3, Pt. 1): 1486-1492.
- Scholik-Schlomer, A. 2015. Where the decibels hit the water: perspectives on the application of science to real-world underwater noise and marine protected species issues. **Acoust. Today** 11(3): 36-44.
- Sciaccia, V., S. Viola, S. Pulvirenti, G. Riccobene, F. Caruso, E. De Domenico, and G. Pavan. 2016. Shipping noise and seismic airgun surveys in the Ionian Sea: potential impact on Mediterranean fin whale. Proceedings of Meetings on Acoustics 4ENAL 27(1): 040010. doi:10.1121/2.0000311.
- Sierra-Flores R., T. Atack, H. Migaud, and A. Davie. 2015. Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L. **Aquacult. Eng.** 67: 67-76.
- Sills, J.M., B.L. Southall, and C. Reichmuth. 2017. The influence of temporally varying noise from seismic air guns on the detection of underwater sounds by seals. **J. Acoust. Soc. Am.** 141(2): 996-1008.
- Simard, Y. 2009. Passive acoustic monitoring during seismic surveys. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/068. iv + 22 p.
- Simard, Y., F. Samaran, and N. Roy. 2005. Measurement of whale and seismic sounds in the Scotian Gully and adjacent canyons in July 2003. p. 97-115 *In*: K. Lee, H. Bain and C.V. Hurley (eds.), Acoustic monitoring and marine mammal surveys in The Gully and Outer Scotian Shelf before and during active seismic surveys. Environ. Stud. Res. Funds Rep. 151. 154 p (Published 2007).
- Smith, H.R., D.P. Zitterbart, M. Flau, T.F. Norris, E.L. Ferguson, C. Jones, O. Boebel, and V.D. Moulton. *In prep.*. Comparing marine mammal detections via visual, acoustic and thermal IR imaging off Atlantic Canada, and dependence on observer experience.
-

-
- Smith, M.E. 2016. The relationship between hair cell loss and hearing loss in fishes. p. 1079-1086. *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds) *The Effects of Noise on Aquatic Life II. Advances in Experimental Medicine and Biology*, Springer-Verlag, New York.
- Smith, M.E. and J.D. Monroe. 2016. Causes and Consequences of Sensory Hair Cell Damage and Recovery in Fishes. p. 393-417. *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds) *The Effects of Noise on Aquatic Life II. Advances in Experimental Medicine and Biology*, Springer-Verlag, New York.
- Smultea, M.A., M. Holst, W.R. Koski, and S. Stoltz. 2004. Marine mammal monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's seismic program in the Southeast Caribbean Sea and adjacent Atlantic Ocean, April-June 2004. LGL Rep. TA2822-26. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 106 p.
- Southall, B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas, and P.L. Tyack. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations. **Aquat. Mamm.** 33(4): 411-522.
- Southall, B.L., J.J. Finneran, C. Reichmuth, P.E. Nachtigall, D.R. Ketten, A.E. Bowles, W.T. Ellison, D.P. Nowacek, and P.L. Tyack. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects. **Aquat. Mamm.** 45(4): 411-522.
- Spence, J. 2009. [Seismic survey noise under examination](#). *Offshore: World Trends and Technology for Offshore Oil and Gas Operations* 69(5).
- Stone, C.J. 2015. Marine mammal observations during seismic surveys from 1994-2010. JNCC report, No. 463a. 64 p.
- Stone, C.J. and M.L. Tasker. 2006. The effects of seismic airguns on cetaceans in UK waters. **J. Cetac. Res. Manage.** 8(3): 255-263.
- Tenessen, J.B. and S.E. Parks. 2016. Acoustic propagation modeling indicates vocal compensation in noise improves communication range for North Atlantic right whales. **Endang. Species Res.** 30: 225-237.
- Thode, A.M., K.H. Kim, S.B. Blackwell, C.R. Greene, Jr., C.S. Nations, T.L. McDonald, and A.M. Macrander. 2012. Automated detection and localization of bowhead whale sounds in the presence of seismic airgun surveys. **J. Acoust. Soc. Am.** 131(5): 3726-3747.
- Thompson, D., M. Sjöberg, E.B. Bryant, P. Lovell, and A. Bjørge. 1998. Behavioural and physiological responses of harbour (*Phoca vitulina*) and grey (*Halichoerus grypus*) seals to seismic surveys. p. 134 *In*: Abstr. 12th Bienn. Conf. and World Mar. Mamm. Sci. Conf., 20-25 Jan., Monte Carlo, Monaco. 160 p.
- Tougaard, J., A.J. Wright, and P.T. Madsen. 2015. Cetacean noise criteria revisited in light of proposed exposure limits for harbour porpoises. **Mar. Poll. Bull.** 90: 196-208.
- Tougaard, J., A.J. Wright, and P.T. Madsen. 2016. Noise exposure criteria for harbor porpoises. p. 1167-1173 *In*: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Tsujii, K., T. Akamatsu, R. Okamoto, K. Mori, Y. Mitani, and N. Umeda. 2018. Change in singing behavior of humpback whales caused by shipping noise. **PLoS ONE** 13(10): e0204112. doi.org/10.1371/journal.pone.0204112.
-

-
- Tyack, P.L. and V.M. Janik. 2013. Effects of noise on acoustic signal production in marine mammals. p. 251-271 *In: Animal Communication and Noise*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tyack, P.L., M.P. Johnson, P.T. Madsen, P.J. Miller, and J. Lynch. 2006. Biological significance of acoustic impacts on marine mammals: examples using an acoustic recording tag to define acoustic exposure of sperm whales, *Physeter catodon*, exposed to airgun sounds in controlled exposure experiments. **Eos**, Trans. Am. Geophys. Union 87(36), Joint Assembly Suppl., Abstract OS42A-02. 23-26 May, Baltimore, MD.
- U.S. Navy. 2017. Criteria and thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III). Technical report prepared by the U.S. Navy.
- Urick, R.J. 1983. Principles of Underwater Sound. 3rd ed. Peninsula Publ., Los Altos, CA. 423 p.
- Verfuss, U.K., D. Gillespie, J. Gordon, T.A. Marques, B. Miller, R. Plunkett, J.A. Theriault, D.J. Tolitt, D.P. Zitterbart, P. Hubert, and L. Thomas. 2018. Comparing methods suitable for monitoring marine mammals in low visibility conditions during seismic surveys. *Marine Pollution Bulletin* Volume 126, January: 1-18.
- Weilgart, L.S. 2007. A brief review of known effects of noise on marine mammals. **Intern. J. Comp. Psychol.** 20: 159-168.
- Weilgart, L.S. 2014. Are we mitigating underwater noise-producing activities adequately? A comparison of Level A and Level B cetacean takes. Paper SC/65b/E07 presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission.
- Weir, C.R. 2007. Observations of marine turtles in relation to seismic airgun sound off Angola. **Mar. Turtle Newsl.** 116: 17-20.
- Weir, C.R. 2008. Overt responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*), sperm whales (*Physeter macrocephalus*), and Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) to seismic exploration off Angola. **Aquat. Mamm.** 34(1): 71-83.
- Winsor, M.H. and B.R. Mate. 2006. Seismic survey activity and the proximity of satellite tagged sperm whales. *Intern. Whal. Comm. Working Pap. SC/58/E16*. 8 p.
- Wittekind, D., J. Tougaard, P. Stolz, M. Dähne, K. Lucke, C.W. Clark, S. von Benda-Beckmann, M. Ainslie, and U. Siebert. 2016. Development of a model to assess masking potential for marine mammals by the use of airguns in Antarctic waters. p. 1243-1249 *In: A.N. Popper and A. Hawkins (eds.), The effects of noise on aquatic life II*. Springer, New York, NY. 1292 p.
- Yazvenko, S.B., T.L. McDonald, S.A. Blokhin, S.R. Johnson, S.K. Meier, H.R. Melton, M.W. Newcomer, R.M. Nielson, V.L. Vladimirov, and P.W. Wainwright. 2007a. Distribution and abundance of western gray whales during a seismic survey near Sakhalin Island, Russia. **Environ. Monit. Assess.** 134(1-3): 45-73.
- Yazvenko, S.B., T.L. McDonald, S.A. Blokhin, S.R. Johnson, H.R. Melton, and M.W. Newcomer. 2007b. Feeding activity of western gray whales during a seismic survey near Sakhalin Island, Russia. **Environ. Monit. Assess.** 134(1-3): 93.
- Yudhana, A., J. Din, S. Abdullah, and R.B.R. Hassan. 2010a. Green turtle hearing identification based on frequency spectral analysis. *Appl. Phys. Res.* 2(1): 125-134.
- Yudhana, A., S. Sunardi, J. Din, S. Abdullah, and R.B.R. Hassan. 2010b. Turtle hearing capability based on ABR signal assesment. **TELKOMNIKA** 8(2): 187-194.

-
- Zykov, M., D. Hannay, and R. Racca. 2007. Mapping of pre-season estimates of safety radii for GX Technology Corporation's Seismic Exploration Program in the Beaufort Sea 2007. Report from JASCO Research Ltd., Victoria, BC, for GX Technology, Houston, TX. 21 p.
- Zykov, M.M. 2018. Underwater sound modelling of seismic survey and development activities offshore Newfoundland: Equinor's Bay du Nord Development Project. Document 01665, Version 2.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for Wood PLC.

ANNEXE A : ÉNONCÉ DES PRATIQUES CANADIENNES D'ATTÉNUATION DES ONDES SISMQUES EN MILIEU MARIN

L'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin précise les exigences d'atténuation qui doivent être respectées lors de la planification et de la réalisation des levés sismiques marins, afin de réduire au minimum les effets sur la vie marine. Ces exigences sont énoncées comme des normes minimales applicables à toutes les eaux marines non couvertes de glace au Canada. L'Énoncé complète les processus d'évaluation environnementale existants, y compris ceux qui sont énoncés dans les revendications territoriales réglées. Le système de réglementation actuel continuera à assurer la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs extracôtiers et à assurer que les activités sismiques se font dans le respect des autres utilisateurs des océans.

DÉFINITIONS

- **Baleine** : s'entend d'un cétacé autre qu'un dauphin ou un marsouin.
- **Bulleur** : s'entend d'un type de source sismique, composé d'un bulleur ou d'une grappe de bulleurs, lequel sert à décharger brusquement de l'air comprimé dans la colonne d'eau pour provoquer une impulsion d'énergie acoustique qui pénètre le fond marin.
- **Cétacé** : s'entend d'une baleine, d'un dauphin ou d'un marsouin.
- **Énoncé des pratiques canadiennes** : s'entend de l'Énoncé des pratiques canadiennes d'atténuation des ondes sismiques en milieu marin.
- **Habitat essentiel** : s'entend de l'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite à la liste des espèces en péril, comme indiqué dans la stratégie ou le plan d'action pour le rétablissement de l'espèce.
- **Intensification** : s'entend de l'accroissement graduel du niveau sonore émis par une grappe de bulleurs, obtenu par l'activation systématique d'un nombre croissant de bulleurs ou d'une grappe de bulleurs sur une certaine période.
- **Levé sismique** : s'entend d'une opération géophysique consistant à utiliser une source sismique pour produire artificiellement des ondes acoustiques qui se propagent dans la terre et sont réfléchies ou réfractées par les couches souterraines, puis enregistrées.
- **Mammifère marin** : s'entend de l'ensemble des cétacés et des pinnipèdes.
- **Observateur des mammifères marins** : s'entend d'une personne formée à l'identification des espèces de tortues marines et de mammifères marins dont on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'elles soient présentes dans la zone où le levé sismique aura lieu.
- **Pinnipède** : s'entend d'un phoque, d'une otarie ou d'un morse.
- **Source sismique** : s'entend d'un appareil servant à créer des ondes acoustiques dans le cadre d'un levé sismique.
- **Surveillance acoustique passive** : s'entend de la technologie pouvant servir à détecter la présence sous l'eau de cétacés qui émettent des vocalisations.

APPLICATION

1. Sauf disposition contraire, les mesures d'atténuation établies dans le présent Énoncé des pratiques canadiennes s'appliquent à tout levé sismique mené dans le milieu marin du Canada à l'aide d'un bulleur ou d'une ou plusieurs grappes de bulleurs.
2. Les mesures d'atténuation établies dans le présent Énoncé des pratiques canadiennes ne s'appliquent pas aux levés sismiques effectués :
 - a. dans des eaux marines prises par les glaces;
 - b. dans des lacs ou des parties non estuariennes de fleuves ou rivières.

PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

Mesures d'atténuation

3. Un levé sismique doit être planifié de façon :
 - a. à utiliser le moins d'énergie possible nécessaire pour atteindre les objectifs du levé;
 - b. à réduire au minimum la proportion de l'énergie qui se propage horizontalement;
 - c. à réduire au minimum la quantité d'énergie de fréquence supérieure aux fréquences nécessaires au but du levé.
4. Tous les levés sismiques doivent être planifiés de façon à éviter de provoquer :
 - a. un effet négatif important à une tortue marine ou un mammifère marin d'une espèce inscrite comme menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*;
 - b. un effet négatif important sur la population de toute autre espèce marine.
5. Un levé sismique doit être conçu de façon à éviter :
 - a. de déplacer un individu d'une espèce de mammifères marins ou de tortues marines inscrite comme menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* qui se reproduit, s'alimente ou nourrit ses petits;
 - b. faire dévier, d'une route ou d'un corridor de migration connu, un individu en migration d'une espèce de mammifères marins ou de tortues marines inscrite comme menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*;
 - c. disperser une agrégation de poissons frayant à partir d'une frayère connue;
 - d. déplacer un troupeau de mammifères marins qui s'alimentent, se reproduisent ou allaitent leurs petits s'il est de connaissance notoire qu'il n'existe pas un autre endroit où ces animaux peuvent mener ces activités ou, le cas échéant, qu'en utilisant un autre endroit, ils subiront des effets néfastes notables;
 - e. de faire dévier des agrégations de poissons ou des troupes de mammifères marins de leur route ou corridor de migration connu s'il est de connaissance notoire qu'il n'existe pas d'autre route ou corridor de migration ou, le cas échéant, qu'en utilisant ces trajets, les mammifères marins ou les regroupements de poissons subiront des effets néfastes notables.

ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Mesures d'atténuation

6. Pour un levé sismique, il faut :
 - a. établir une zone de sécurité, laquelle est un cercle d'un rayon d'au moins 500 mètres tel que mesuré du centre de la ou des grappe(s) de bulleurs; et
 - b. lorsque la zone de sécurité est visible,
 - i. s'assurer qu'un observateur des mammifères marins qualifié surveille la zone continuellement durant au moins 30 minutes avant l'activation de la ou des grappes de bulleur(s); et/ou
 - ii. faire effectuer par la suite une surveillance de la zone à intervalles réguliers si le levé sismique est d'une puissance telle qu'il doit être évalué en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, indépendamment de ce que la *Loi* s'applique.
7. Si toute la zone de sécurité est visible, les conditions et processus suivants s'appliquent avant de démarrer la ou les grappes de bulleurs ou de les réactiver après leur arrêt pendant plus de 30 minutes :
 - a. aucune des espèces suivantes n'a été observée par un observateur des mammifères marins dans la zone de sécurité pendant au moins 30 minutes :
 - i. un cétacé ou une tortue marine;
 - ii. un mammifère marin inscrit comme menacé ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*;
 - iii. en regard des modalités énoncées à l'alinéa 4(b), tout autre mammifère marin qui, d'après une évaluation environnementale, pourrait subir des effets néfastes notables;
 - b. intensification progressive de la ou des grappe(s) de bulleurs pendant au moins 20 minutes, en commençant par l'activation d'un seul bulleur, préférablement celui qui émet le moins d'énergie, puis en activant graduellement les autres bulleurs de la grappe ou des grappes jusqu'à ce que le niveau d'énergie opérationnel soit atteint.

ARRÊT DE LA OU DES GRAPPES DE BULLEURS

Mesures d'atténuation

8. La ou les grappe(s) de bulleurs doivent être immédiatement stoppées si un observateur des mammifères marins repère dans la zone de sécurité :
 - a. un individu d'une espèce de mammifères marins ou de tortues marines inscrite comme menacée ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*; ou
 - b. en regard des modalités énoncées à l'alinéa 4(b), un individu de toute autre espèce de mammifères marins ou de tortues marines identifiée dans une évaluation environnementale comme risquant de subir d'effets néfastes notables.

INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Mesures d'atténuation

9. Lorsqu'un levé sismique (collecte de données) est interrompu pour passer d'une ligne de levé à une autre, pour effectuer de l'entretien ou pour une autre raison opérationnelle, la ou les grappe(s) de bulleurs doivent :
 - a. être stoppée(s) complètement; ou
 - b. Réduites à un seul bulleur.
10. Si la source sismique est réduite à un seul bulleur conformément à l'alinéa 9(b) :
 - a. il faut poursuivre la surveillance visuelle de la zone de sécurité conformément à l'article 6 et respecter les consignes d'arrêt des bulleurs de l'article 8;
 - b. les procédures d'intensification établies à l'article 7 n'ont pas à être suivies lorsque le levé sismique reprend.

LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Mesures d'atténuation

11. Lorsque les conditions indiquées ci-après prévalent, il faut utiliser des techniques de surveillance acoustique passive des cétacés avant l'activation graduelle de la ou des grappes de bulleurs et durant la même période que pour la surveillance visuelle établie à l'article 6. Ces conditions sont les suivantes :
 - a. toute la zone de sécurité n'est pas visible; et
 - b. le levé sismique est effectué dans un secteur :
 - i. connu comme l'habitat essentiel d'un cétacé émettant des vocalisations inscrit comme menacé ou en voie de disparition à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*; ou
 - ii. identifié d'après une évaluation environnementale, comme endroit où l'on devrait trouver un cétacé émettant des vocalisations appartenant à une espèce qui pourrait subir des effets néfastes notables, en regard des modalités énoncées à l'alinéa 4(b).
12. Si l'on se sert de la surveillance acoustique passive ou d'une technique semblable de détection de cétacés, conformément à l'article 11, et que l'on ne peut identifier l'espèce par sa signature vocale ou un autre critère d'identification :
 - a. il faut présumer que toutes les vocalisations de cétacés non identifiés sont émises par des baleines visées aux alinéas 8(a) ou 8(b); et
 - b. à moins que l'on établisse que le ou les cétacés sont à l'extérieur de la zone de sécurité, l'activation de la ou des grappes de bulleurs ne peut commencer que si une période d'au moins 30 minutes s'est écoulée depuis le dernier enregistrement de vocalisations émises par des cétacés non identifiés.

MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Mesures d'atténuation

13. Quiconque veut effectuer un levé sismique dans le milieu marin du Canada peut être tenu de mettre en place des mesures d'atténuation additionnelles ou modifiées, notamment une modification à la superficie de la zone de sécurité ou d'autres mesures précisées dans l'évaluation environnementale du projet, afin de tenir compte :
 - a. de la possibilité d'effets environnementaux néfastes chroniques ou cumulatifs de :
 - i. plusieurs sources sismiques (par exemple deux navires pour un projet ou des projets simultanés), ou
 - ii. la combinaison de levés sismiques et d'autres activités qui nuisent à la qualité du milieu marin dans la région perturbée par le ou les programmes proposés;
 - b. des variations dans les niveaux de propagation du son dans la colonne d'eau, lesquels dépendent du fond marin et de facteurs géomorphologiques et océanographiques;
 - c. de niveaux sonores de la ou des grappe(s) de bulleurs sismiques beaucoup plus bas ou plus élevés que la moyenne;
 - d. d'espèces relevées comme étant préoccupantes dans une évaluation environnementale, notamment celles décrites à l'alinéa 4 b).
14. Des changements à certaines ou à l'ensemble des mesures établies dans le présent Énoncé des pratiques canadiennes pourraient être autorisés si les nouvelles mesures d'atténuation ou de précaution permettent d'atteindre un niveau de protection environnementale équivalent ou supérieur en ce qui concerne les aspects présentés aux articles 6 à 13 inclusivement. Lorsque d'autres méthodes ou technologies sont proposées, elles doivent être évaluées dans le cadre de l'évaluation environnementale du projet.
15. Lorsqu'un seul bulleur est utilisé et que l'intensification, consistant à activer de plus en plus de bulleurs, ne s'applique pas, il faut quand même accroître graduellement le niveau sonore dans la mesure où cela est techniquement réalisable.

ANNEXE B : DES DOCUMENTS DU SCCS ET DES DOCUMENTS CONNEXES FOURNIS PAR LE MPO

SÉRIES	ANNÉE	RÉFÉRENCE DE LA PUBLICATION	AUTEURS	TITRE	URL	RÉGION	DATE DE PUBLICATION
REH	2003	2003/001	MPO-DFO	Un cadre pour aider le MPO à évaluer les demandes portant sur l'examen de propositions de prospection sismique	https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/282211.pdf	Région de la capitale nationale	
REH	2004	2004/003	MPO-DFO	Impacts possibles de la prospection sismique sur le crabe des neiges	https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/283840.pdf	Région du Golfe	21/10/2004
REH	2004	2004/002	MPO-DFO	Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des ondes sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins	https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/336647.pdf	Région de la capitale nationale	15/9/2004
CR	2004	2004/045	MPO-DFO	Compte rendu de l'examen par les pairs des impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges; 29 septembre 2004	http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/315147.pdf	Région des Maritimes	06/06/2005
CR	2008	2008/032	MPO-DFO	Atelier national : Deuxième atelier évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés et les mammifères marins de 2008 : les 26 et 27 mars 2008	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/pro-cr/2008/2008_032-fra.htm	Région de la capitale nationale	04/05/2009
CR	2009	2009/044	MPO-DFO	Compte rendu de l'atelier national d'examen de l'efficacité des mesures utilisées pour atténuer les incidences potentielles des ondes de levés sismiques sur les mammifères marins, les 12 et 13 mai 2009	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/pro-cr/2009/2009_044-fra.htm	Région de la capitale nationale	04/05/2010
CR	2015	2015/033	MPO-DFO	Compte rendu de l'Examen national par les pairs des mesures d'atténuation et de surveillance dans le cadre des activités de levés sismiques dans l'habitat	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/pro-cr/2015/2015_033-fra.html	Région de la capitale nationale	17/7/2015

SÉRIES	ANNÉE	RÉFÉRENCE DE LA PUBLICATION	AUTEURS	TITRE	URL	RÉGION	DATE DE PUBLICATION
				d'espèces de cétacés en péril et à proximité de celui-ci			
DR	2004	2004/121	J. Lawson, Ian McQuinn	Revue des problématiques potentielles liées à l'hydrophysique au Canada, leurs risques pour les mammifères marins, et des stratégies de surveillance et d'atténuation dans les contextes d'activités sismiques	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2004/2004_121-fra.htm	Terre-Neuve-et-Labrador	28/4/2005
DR	2004	2004/122	L.N. Measures	Mammifères marins et programmes de « réhabilitation de la faune »	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2004/2004_122-fra.htm	Québec	01/04/2005
DR	2004	2004/125	Payne, J.F.	Effets possibles de la prospection sismique sur le zooplancton et les œufs et les larves de poisson	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2004/2004_125-fra.htm	Région de la capitale nationale	20/4/2005
DR	2004	2004/126	K. Benhalima, R. Allain, M. Moriyasu, R. Claytor	Effets des bruits d'origine sismique et marins sur les invertébrés : une revue de littératures	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2004/2004_126-fra.htm	Région du Golfe	21/9/2005
DR	2004	2004/133	J. Lawson J.-F. Gosselin	Distribution et indices d'abondance des mammifères marins dans le Goulet et deux canyons adjacents du plateau néo-écossais avant et pendant des programmes d'exploration sismiques voisins en avril et juillet 2003	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2004/2004_133-fra.htm	Région des Maritimes Québec	22/9/2005
DR	2006	2006/092	T. Worcester	Effets de l'énergie sismique sur les poissons Examen de la littérature	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2006/2006_092-fra.htm	Région de la capitale nationale	17/7/2007

SÉRIES	ANNÉE	RÉFÉRENCE DE LA PUBLICATION	AUTEURS	TITRE	URL	RÉGION	DATE DE PUBLICATION
DR	2008	2008/060	L. Fancey C. Andrews D. White J.F. Payne J. Christian	Effets possibles de l'énergie sismique sur les poissons, les mollusques et les crustacés : mise à jour depuis 2003	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2008/2008_060-fra.htm	Terre-Neuve-et-Labrador	26/11/2008
DR	2008	2008/087	P. Abgrall W.J. Richardson, V.D. Moulton	Évaluation actualisée des renseignements scientifiques relatifs à l'impact des bruits sismiques sur les mammifères marins, de 2004 jusqu'à présent	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2008/2008_087-fra.htm	Région de la capitale nationale	25/3/2009
DR	2009	2009/040	A. Joynt, L.A. Harwood, R. Pitt, D. Kennedy, S. Moore	Restrictions spatiales et panification temporelle pour atténuer les impacts potentiels des ondes sismiques sur les cétacés : exemple pratique en provenance des eaux canadiennes de la mer de Beaufort, 2007-2008	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2009/2009_040-fra.htm	Centre et Arctique	23/9/2009
DR	2009	2009/048	A. Joynt, L.A. Harwood	Facteurs influençant l'efficacité des observateurs de mammifères marins sur les navires sismologiques, avec des exemples pour la mer de Beaufort canadienne	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2009/2009_048-fra.htm	Centre et Arctique	23/9/2009
DR	2009	2009/068	Y. Simard	Le monitoring par acoustique passive pendant les relevés sismiques	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2009/2009_068-fra.htm	Québec Région de la capitale nationale	03/11/2009
DR	2009	2009/060	J. Lawson	Utilisation de modèles de propagation du son pour déterminer les distances sécuritaires de la source d'émission des sons sismiques	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2009/2009_060-fra.htm	Terre-Neuve-et-Labrador	01/05/2010

SÉRIES	ANNÉE	RÉFÉRENCE DE LA PUBLICATION	AUTEURS	TITRE	URL	RÉGION	DATE DE PUBLICATION
DR	2015	2015/078	James A. Theriault Hilary B. Moors-Murphy	Critères des espèces en péril et seuils des niveaux de bruit des levés sismiques pour les cétacés	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2015/2015_078-fra.html	Région de la capitale nationale	18/12/2015
DR	2017	2017/008	Hilary B. Moors-Murphy James A. Theriault	Examen des mesures d'atténuation pour les espèces de cétacés en péril lors d'activités de levés sismiques	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2017/2017_008-fra.html	Région des Maritimes	18/5/2017
AS	2010	2010/043	MPO-DFO	Directives relatives à l'efficacité des mesures d'atténuation des effets potentiels des ondes sismiques sur les mammifères marins	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2017/2017_008-fra.html	Région de la capitale nationale	03/09/2010
AS	2015	2015/005	MPO-DFO	Examen des mesures d'atténuation et de surveillance dans le cadre des activités de levés sismiques dans l'habitat d'espèces de cétacés en péril et à proximité de celui-ci	http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/SAR-AS/2015/2015_005-fra.html	Région de la capitale nationale	13/2/2015
RS	2007	2007/011	MPO-DFO	Tekoil & Gas Corporation Port au Port Seismic Program Screening – Review of the EA report	http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/329017.pdf	Québec	6/27/2007

ANNEXE C : PRATIQUES ET LIGNES DIRECTRICES INTERNATIONALES

1.0 INTRODUCTION

La présente annexe contient un examen détaillé des exigences en matière d'atténuation et de surveillance pour les levés sismiques maritimes relevant des États-Unis, du Royaume-Uni, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, du Brésil, du Groenland (Danemark) et de la Norvège. Dans la mesure du possible, nous présentons également de l'information sur les levés de forage et les levés de type géorisque.

En novembre 2018, la Nouvelle-Zélande a adopté une loi qui interdit la délivrance de nouveaux permis d'exploration pétrolière et gazière en mer, même si les permis existants sont maintenus et assujettis au code sismique maritime en vigueur. Cette mesure fait suite à l'interdiction de futures activités d'exploration pétrolière et gazière au large du Belize, du Costa Rica, de l'Irlande, du Danemark (eaux intérieures seulement, ne comprend pas la mer du Nord ni le Groenland) et à leur élimination graduelle en France (Offshore Technology 2018).

Outre les administrations susmentionnées, l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN) a publié un document d'orientation qui met l'accent sur la planification, l'évaluation environnementale, l'évaluation des risques et la surveillance des études géophysiques maritimes (Nowacek et Southall 2016), notamment des méthodes de planification et de surveillance qui ont été élaborées au cours des dernières années (et qui continuent d'évoluer) pour les levés sismiques à l'île Sakhalin. Comme les lignes directrices ne prévoient pas d'atténuation opérationnelle particulière, elles ne seront pas évaluées davantage. Vous trouverez des renseignements supplémentaires sur le [site Web de l'UICN](#).

2.0 ÉTATS-UNIS

Les programmes parasismiques visant la zone extérieure du plateau continental des États-Unis sont réglementés par le Bureau of Ocean Energy Management (BOEM). Le BOEM a compétence sur la zone extérieure du plateau continental de quatre régions : l'Alaska, l'Atlantique, le Pacifique et le golfe du Mexique. La principale source pour la présente section est l'Avis aux détenteurs de concessions et aux exploitants sur la mise en œuvre des mesures d'atténuation des risques sismiques et du programme d'observation des espèces protégées du BOEM (2016). Ce document a été élaboré pour la zone extérieure du plateau continental du golfe du Mexique du BOEM.

D'autres mesures d'atténuation pour la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique ont été extraites du BOEM (2014) ou de la NOAA (2018). Des documents d'orientation semblables n'étaient pas facilement accessibles pour la zone extérieure du plateau continental de l'Alaska, bien que des zones d'exclusion élargies aient été recommandées dans une évaluation environnementale récente visant une proposition de programme sismique 3D dans l'inlet Cook, en Alaska. Au moment de rédiger le présent document, le projet était en attente de l'approbation du BOEM (Hilcorp 2018).

La discussion ci-dessous est tirée de l'Avis aux détenteurs de concessions du BOEM (2016), sauf mention contraire.

2.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMQUES

Les processus d'évaluation environnementale et d'obtention de permis prévoient que les zones importantes pour les mammifères marins seront évitées.

Le NMFS a désigné un habitat essentiel pour la baleine noire de l'Atlantique Nord au large des côtes du sud de la Géorgie et du nord de la Floride (BOEM 2014). Les levés au moyen de

bulleurs dans la zone désignée sont interdits entre le 1^{er} novembre et le 30 avril, période où des baleines noires de l'Atlantique Nord sont présentes pour se reproduire et allaiter les baleineaux (NOAA 2018). Le BOEM (2014) et la NOAA (2018) fournissent des précisions sur d'autres restrictions spatio-temporelles au large des états du centre du littoral atlantique.

Les exploitants de levés devront également s'assurer que le son provenant de levés effectués en dehors de l'habitat essentiel de la baleine noire de l'Atlantique Nord et d'autres zones restreintes ne dépasse pas 160 décibels aux limites de ces zones. Il s'agit de la limite actuellement proposée par le NMFS comme seuil pour garantir l'absence de perturbation du comportement des mammifères marins (BOEM 2014).

Afin de protéger les nids des tortues marines, qui se reproduisent en grand nombre dans le refuge national de faune sauvage Archie Carr, les levés sismiques au moyen de canons à air sont interdits entre le 1^{er} mai et le 31 octobre dans une zone s'étendant sur 5,9 miles au large du comté de Brevard, en Floride (BOEM 2014).

2.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

La « zone d'exclusion » est définie comme la zone située à la surface de la mer et au-dessous de celle-ci dans un rayon de 500 mètres autour du centre d'une grappe de bulleurs (autour de l'étendue extérieure de la ou des grappes pour la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique) et la zone à proximité immédiate du navire de levés sismiques. Une zone tampon de 500 m (qui se traduit essentiellement par une zone d'exclusion de 1 km) a été ajoutée pour la surveillance avant l'intensification dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique (NOAA 2018). Un total de 500 m demeure pour l'intensification et l'exploitation à pleine puissance dans cette région (NOAA 2018).

Il existe une exception importante à ce qui précède : la NOAA (2018) exige une zone d'exclusion de 1,5 km à la suite de l'observation d'une baleine noire de l'Atlantique Nord, une baleine à fanons ou un cachalot avec son petit, une baleine à bec ou un cachalot nain ou un cachalot pygmée, ou lorsqu'on observe visuellement un regroupement (définie comme six animaux ou plus) de grandes baleines de toute espèce.

Les exploitants doivent surveiller visuellement la zone d'exclusion et les eaux adjacentes pour détecter la présence de mammifères marins et de tortues marines pendant au moins 30 minutes avant d'amorcer les procédures d'intensification. Si aucun mammifère n'est détecté, des procédures d'intensification peuvent être amorcées. Les procédures d'intensification doivent être amorcées en actionnant un seul bulleur. Il est préférable de commencer par le plus petit bulleur, en considérant la puissance énergétique (dB) et le volume (po³). La montée en puissance doit se poursuivre en activant graduellement des bulleurs supplémentaires pendant au moins 20 minutes et au plus 40 minutes, jusqu'à ce que le niveau de fonctionnement souhaité de la grappe de bulleurs soit obtenu.

En tout temps, tous les bulleurs doivent être arrêtés immédiatement lorsqu'une baleine entre dans la zone d'exclusion ou s'y trouve. Le terme « baleines » désigne tous les mammifères marins à l'exception des dauphins et des lamantins dans le golfe du Mexique et certains genres de petits dauphins (*Steno*, *Tursiops*, *Stenella*, *Delphinus*, *Lagenorhynchus*, et *Lagenodelphis*) dans la région médio-atlantique (NOAA 2018). Les opérations sismiques et l'intensification des bulleurs peuvent reprendre seulement lorsque la zone d'exclusion a fait l'objet d'une inspection visuelle pendant au moins 30 minutes pour s'assurer de l'absence de mammifères marins et de tortues marines.

Des observateurs visuels qui ont suivi un programme de formation des observateurs d'espèces protégées, comme décrit dans le BOEM (2016), doivent être présents à bord de tous les navires

sismiques menant des opérations à des profondeurs d'eau supérieures à 200 mètres (656 pi) dans tout le golfe du Mexique. Des observateurs visuels sont requis à bord de tous les navires sismiques menant des opérations dans des eaux de la zone extérieure du plateau continental d'une profondeur inférieure à 200 mètres (656 pi) dans les eaux du golfe du Mexique à l'est de 88,0° de longitude ouest. Au moins deux observateurs visuels d'espèces protégées seront nécessaires pour assurer la surveillance à bord des navires sismiques à tout moment pendant la journée (de l'aube au crépuscule) lorsque des opérations sismiques sont menées, à moins que les conditions (brouillard, pluie, obscurité) rendent impossible l'observation de la surface de la mer. Si les conditions se détériorent pendant les heures de clarté, de sorte que les observations de la surface de la mer sont interrompues, les observations visuelles doivent reprendre dès que les conditions le permettent.

Les exigences en matière d'observateurs varient selon les régions de la zone extérieure du plateau continental. Dans le golfe du Mexique, les exploitants peuvent engager des observateurs tiers formés, avoir recours à des membres d'équipage formés à titre d'observateurs, ou utiliser à la fois des observateurs tiers et des observateurs d'équipage qualifiés (BOEM 2014). Dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique, les observateurs indépendants sont employés par un tiers fournisseur d'observateurs. L'équipage de navires ne peut pas servir d'observateurs. De plus, les observateurs (« observateurs des espèces protégées ») doivent être titulaires d'un baccalauréat avec une majeure en sciences naturelles et un minimum de 30 heures par semestre ou l'équivalent en sciences biologiques et au moins un cours de premier cycle en mathématiques ou statistiques (NOAA 2018).

2.3 ARRÊT DES BULLEURS

À tout moment où une baleine est observée dans la zone d'exclusion, que ce soit en raison du mouvement de la baleine, du mouvement du navire ou parce que la baleine a fait surface à l'intérieur de la zone d'exclusion, l'observateur demandera l'arrêt immédiat de l'opération sismique (le navire peut poursuivre sa route, mais toutes les activités des bulleurs doivent cesser).

Lorsqu'aucun mammifère marin ou tortue marine n'est observé pendant au moins 30 minutes, l'intensification de la grappe peut commencer. Tout arrêt dû à l'observation d'une baleine dans la zone d'exclusion doit être suivi d'une période de fin d'alerte de 30 minutes, puis d'une intensification complète standard. Tout arrêt pour d'autres raisons, par exemple, une défaillance mécanique ou électronique entraînant l'arrêt de la source sonore pendant plus de 20 minutes, doit également être suivi de procédures complètes d'intensification.

2.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Les exploitants dans le golfe du Mexique peuvent réduire le niveau de source de la grappe de bulleurs, en utilisant le même intervalle de tir que le levé sismique, afin de maintenir un « niveau de source minimal » de 160 dB re 1 $\mu\text{Pa-m}_{\text{rms}}$ pendant la durée de certaines activités. En maintenant le niveau de source minimal, les exploitants de levés sismiques ne seront pas tenus de procéder à un contrôle visuel de 30 minutes de la zone d'exclusion avant de remonter à la pleine puissance. Les activités appropriées pour maintenir le niveau de source minimal sont les suivantes : 1) tous les virages entre les lignes de transect, lorsque la grappe complète est utilisée immédiatement avant le virage et qu'elle reprendra immédiatement après le virage; et 2) l'entretien imprévu et inévitable de la grappe de bulleurs qui nécessite l'interruption d'un levé pour arrêter la grappe. Le levé doit reprendre immédiatement une fois les réparations terminées.

Il peut y avoir d'autres occasions où cette méthode est appropriée, mais l'utilisation du niveau de source minimal pour éviter la surveillance visuelle de 30 minutes de la zone d'exclusion ne s'applique qu'aux événements qui se produisent pendant un levé utilisant la grappe à pleine puissance. Le niveau minimal de source sonore ne doit pas être utilisé pour permettre une intensification ultérieure après la tombée de la nuit ou dans des conditions où l'intensification ne serait pas autorisée autrement.

L'utilisation d'un seul bulleur comme « source d'atténuation » par exemple pendant les virages prolongés de ligne n'est pas autorisée dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique (NOAA 2018). La source acoustique doit être désactivée dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique lorsqu'on n'acquiert pas de données ou qu'on ne se prépare pas à le faire, sauf si cela est nécessaire pour la mise à l'essai (NOAA 2018).

Les périodes de silence des bulleurs ne dépassant pas 20 minutes ne nécessiteront pas d'intensification pour la reprise des opérations sismiques si 1) les observations visuelles se poursuivent de manière rigoureuse tout au long de la période de silence (nécessitant de la lumière du jour et des conditions d'observation raisonnables); et 2) aucune baleine, aucun autre mammifère marin ou tortue marine n'est observé dans la zone d'exclusion. Si des baleines, d'autres mammifères marins ou des tortues marines sont observés dans la zone d'exclusion pendant la courte période de silence, la reprise des opérations de levé sismique doit être précédée d'une intensification.

2.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

L'intensification peut commencer uniquement si les conditions permettent d'inspecter visuellement la surface de la mer pour déceler la présence de mammifères marins et de tortues marines pendant 30 minutes avant le début de l'intensification. Ainsi, l'intensification ne peut commencer après la tombée de la nuit ou dans des conditions qui empêchent une inspection visuelle (p. ex. obscurité, brouillard, pluie) de la zone d'exclusion.

Le BOEM (2016) « encourage fortement » les exploitants à inclure la SAP dans leur programme d'observation des espèces protégées dans le golfe du Mexique. La surveillance acoustique passive des baleines par un observateur compétent permettra la mise en place et le lancement ultérieur d'un levé sismique en cas de visibilité réduite (p. ex. obscurité, brouillard, pluie), alors qu'une telle intensification ne serait pas possible uniquement avec des observateurs visuels.

Le BOEM (2014) et la NOAA (2018) exigent l'utilisation de la SAP pour tous les levés avec bulleurs dans la zone extérieure du plateau continental médio-Atlantique. La NOAA (2018) s'inspire du protocole mis au point en Nouvelle-Zélande (DOC 2013) pour remédier aux dysfonctionnements de la SAP (voir la section B.4.5 ci-dessous).

2.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Les exploitants de navires, quelle que soit la taille du navire, doivent surveiller de près tous les mammifères marins et les tortues marines afin d'éviter les collisions pendant le trajet. La vitesse doit être réduite à 10 nœuds ou moins lorsqu'il y a des fermetures par zones et par périodes en raison de la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord ou lorsque des mères et leurs petits, de petits ou de grands groupes de cétacés sont observés à proximité. Pendant le trajet, une distance minimale de 500 m doit être respectée avec toute baleine noire de l'Atlantique Nord observée; une distance de 100 mètres avec les autres espèces de baleines répertoriées dans la Loi sur les espèces en péril (*Endangered Species Act* – ESA); et une distance de 50 mètres avec tous les autres mammifères marins et tortues marines (BOEM 2014) (NOAA 2018).

Le BOEM (2016) présente les mesures d'atténuation suivantes pour les diagraphies de forage :

- Pendant la journée, lorsque des observations visuelles de la zone d'exclusion sont effectuées comme exigé, il ne sera pas nécessaire de procéder à une intensification pour les arrêts de 30 minutes ou moins lors d'opérations de diagraphies de forage, pourvu qu'aucune baleine, aucun autre mammifère marin ou aucune tortue marine ne soit observé dans la zone d'exclusion pendant l'arrêt. Si une baleine, un autre mammifère marin ou une tortue marine est aperçu dans la zone d'exclusion pendant l'arrêt, une intensification est requise, et celle-ci peut commencer seulement après que des observations confirment que la zone d'exclusion est libre depuis 30 minutes.
- Pendant la nuit ou lorsque les conditions empêchent l'observation visuelle de la zone d'exclusion, il n'est pas nécessaire de procéder à une intensification pour les arrêts de 20 minutes ou moins. Dans le cas des levés sismiques des diagraphies de forage qui utilisent la SAP durant la nuit et les périodes de faible visibilité, il n'est pas nécessaire de procéder à une intensification pour les arrêts de 30 minutes ou moins.
- L'intensification pendant la nuit ou quand la visibilité est faible est autorisée pour les levés sismiques des diagraphies de forage seulement lorsque des systèmes de SAP sont utilisés pour s'assurer qu'il n'y a pas de baleines dans la zone d'exclusion (comme pour tous les autres levés sismiques). Dans la mesure du possible, les exploitants sont fortement encouragés à effectuer le levé durant le jour.
- Les observateurs d'espèces protégées doivent être utilisés pendant le jour et peuvent être postés sur le navire sismique ou sur l'appareil de forage ou la plateforme connexe si une vue claire de la surface de la mer dans la zone d'exclusion et les eaux adjacentes est possible.

Une zone d'exclusion minimale de 200 mètres pour les mammifères marins et les tortues marines sera requise dans le cadre des levés géophysiques à haute résolution dans la zone extérieure du plateau continental de l'Atlantique-Centre et Sud fonctionnant à 200 kHz ou moins. Des zones plus grandes seront requises si les observations sur le terrain ou la modélisation indiquent que les niveaux de pression acoustique peuvent dépasser 180 décibels au-delà de 200 mètres des activités du levé géophysique à haute résolution (BOEM 2014).

Hilcorp Alaska LLC, dans son document d'évaluation environnementale d'octobre 2018 (Hilcorp 2018), s'est engagée à respecter les zones d'exclusion et les zones de sécurité suivantes pour le programme proposé au large de l'inlet Cook, en Alaska. Les bélugas de l'inlet Cook sont désignés comme espèce gravement menacée d'extinction, ce qui nécessite une zone d'exclusion plus large. Il convient de noter que l'approbation du programme était toujours en attente au moment de la rédaction, de sorte que les exigences juridiques n'ont pas encore été fournies par le BOEM.

Tableau 4. Rayons de la zone d'exclusion et de la zone de sécurité pour le programme sismique Hilcorp.

Source	Zone d'exclusion (m)				Rayon de la zone de sécurité
	Loutre de mer	Bélugas	Marsouins communs et marsouins de Dall	Tous les autres mammifères marins	Tous les mammifères marins (autres que les bélugas)
Bulleurs de 40 po ³	50 m	500 m	50 m	50 m	500 m
Bulleur ¹ de 2 010 po ³	180 m	7,33 km	1 km	500 m	7,33 km

Remarques : La zone d'exclusion et la zone de sécurité proposées étaient fondées sur une grappe de bulleurs de 2 010 po³ et d'un canon d'atténuation de 40 po³. La grappe de levés sismiques 3D a depuis été perfectionnée pour être transformée en une grappe de 1 945 po³ et en un canon d'atténuation de 40 po³. Le document d'évaluation environnementale ne fait mention d'aucune modélisation acoustique utilisée pour déterminer ces zones, mais comprend un engagement à effectuer un levé de vérification des sources sonores au début du programme de levés sismiques 3D afin de vérifier la zone d'exclusion et la zone de sécurité. Source : Hillcorp 2018.

3.0 ROYAUME-UNI

Les mesures d'atténuation décrites dans le document intitulé « JNCC guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys » (Lignes directrices du CMCN afin de réduire au minimum le risque de blessure des mammifères marins lors des levés géophysiques) sont conçues pour être utilisées par tous les organismes de réglementation qui ont compétence sur le plateau continental du Royaume-Uni (CMCN 2017).

Ces lignes directrices portent essentiellement sur les mammifères marins. Toutefois, elles pourraient être adaptées pour aider à réduire le risque de blessure délibérée d'autres espèces marines par l'organisme de réglementation compétent. Par exemple, d'autres espèces potentiellement sensibles comprennent les tortues marines et plusieurs espèces de requins qui sont des espèces marines prioritaires au Royaume-Uni.

3.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

Lors de la planification d'un levé géophysique, il faut tenir compte de ce qui suit (CMCN 2017) :

- Utiliser les niveaux de puissance les plus bas possible pour atteindre les objectifs du levé et chercher ou envisager des méthodes pour réduire ou amortir les bruits haute fréquence générés inutilement.
- Le tir d'un canon à air (y compris les essais) ne doit pas dépasser les volumes de production maximaux prévus dans la demande de permis ou d'autorisation.
- Déterminer quelles espèces de mammifères marins sont susceptibles d'être présentes dans la zone de levé, déterminer si le levé doit avoir lieu à l'intérieur ou à proximité d'une zone importante pour les mammifères marins.
- Dans la mesure du possible, planifier les levés pour éviter les zones ou périodes de grande abondance et les saisons clés.

-
- Le rayon de référence de la zone d'atténuation mentionné dans les présentes lignes directrices est de 500 mètres. Toute variation de la taille de la zone d'atténuation peut être proposée pendant le processus de demande, mais nécessite une justification claire, possiblement appuyée par la modélisation de la propagation du bruit et l'examen de la façon dont les mesures d'atténuation standard pourraient être appliquées à la zone d'atténuation proposée.
 - Tenir compte de la direction des lignes de levé et de la distance des zones sensibles et du littoral afin de réduire tout risque de piégeage.

3.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Le rayon de référence de la zone d'atténuation est de 500 m, calculé à partir du centre de la grappe de bulleurs ou de l'emplacement de la source de bruit.

La durée de l'observation avant le tir est déterminée comme suit :

- **Eaux de moins de 200 m de profondeur** : 30 minutes avant l'utilisation de tout bulleur.
- **Eaux de plus de 200 m de profondeur** : 60 minutes avant l'utilisation de tout bulleur.

La surveillance visuelle est assurée par un observateur des mammifères marins. Elle doit être réalisée à partir du navire sismique, avec l'OMM situé sur une plateforme appropriée offrant la meilleure vue de la zone d'atténuation et devant le navire.

Les OMM et les opérateurs de SAP doivent s'assurer que leurs efforts se concentrent sur les périodes d'atténuation, c'est-à-dire les périodes d'observation avant l'intensification et le tir jusqu'à ce que la ligne de levé et l'acquisition des données aient commencé. Les lignes directrices ne doivent pas être interprétées de manière à laisser entendre que les OMM et les opérateurs de SAP doivent poursuivre une observation visuelle ou une surveillance acoustique pendant toutes les heures de disponibilité, sauf si cela est précisé dans le permis ou dans l'autorisation de levés.

Si des mammifères marins sont détectés dans la zone d'atténuation pendant l'observation avant le tir (visuelle ou acoustique), l'intensification doit être retardée jusqu'à ce que leur passage, ou le déplacement du navire les fassent sortir de la zone d'atténuation. Il doit y avoir au moins 20 minutes entre le moment de la dernière détection dans la zone d'atténuation et le début de l'intensification pour permettre aux animaux non détectables (c'est-à-dire qui n'ont pas refait surface pendant ce temps) d'être sortis de la zone d'atténuation. Une intensification complète doit être effectuée après tout retard dû à la présence de mammifères marins dans la zone d'atténuation.

Dans les situations où les phoques se regroupent autour d'une plateforme fixe dans une zone de levé, l'intensification doit commencer à un endroit situé à au moins 500 m de la plateforme.

La durée normale d'une intensification est d'au moins 20 minutes, et il doit s'écouler au plus 40 minutes entre le début de l'intensification et le début d'une ligne de levé.

Une exception à ces critères concerne les levés pour lequel le volume maximal du bulleur est inférieur à 180 po³, auquel cas :

- du début de l'intensification jusqu'à la pleine puissance opérationnelle : au moins 15 minutes;
- du début de l'intensification jusqu'au début de la ligne de levé : maximum de 25 minutes.

Pour qu'un OMM soit reconnu comme observateur formé, la personne doit avoir suivi une formation officielle dans le cadre d'un cours reconnu par le Comité mixte pour la conservation

de la nature et avoir une certaine expérience de l'observation visuelle des mammifères marins. Un OMM expérimenté devrait avoir au moins 20 semaines d'expérience de la mise en œuvre des lignes directrices du Comité mixte pour la conservation de la nature dans les eaux du Royaume-Uni au cours des dix années précédentes, et de préférence au cours des cinq années précédentes.

Il incombe aux exploitants d'employer suffisamment d'OMM et d'opérateurs de SAP pour couvrir toutes les périodes d'atténuation, en tenant compte des exigences particulières et de la logistique de leur levé, éliminant ainsi le risque de fatigue opérationnelle et répondant aux exigences en matière de santé et de sécurité. Cet aspect revêt une importance particulière lorsque le travail est effectué dans les latitudes septentrionales (c.-à-d. au-dessus du 57° parallèle) pendant les mois d'été et qu'on prévoit faire de l'acquisition de données sur 24 heures.

3.3 ARRÊT DES BULLEURS

Il n'est pas exigé d'arrêter la source si des mammifères marins sont détectés dans la zone d'atténuation pendant que les sources sismiques sont en activité, soit pendant la procédure d'intensification, soit à pleine puissance.

3.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

En raison du temps d'observation plus long avant le tir requis dans les eaux plus profondes, les observations avant le tir peuvent commencer avant la fin d'une ligne de levé précédente (pendant que les bulleurs fonctionnent encore) **SI** les changements de ligne prennent moins de temps que les observations préalables au tir et à l'intensification combinées (c'est-à-dire 80 minutes).

Si on prévoit que le changement de ligne (ou le repositionnement du géophone) prendra plus de 40 minutes, peu importe le volume du bulleur :

- il faut mettre fin au tir à la fin de la ligne de levé (ou pendant le repositionnement du géophone);
- une observation préalable au tir doit être effectuée pendant le changement de ligne prévu (ou le repositionnement du géophone);
- l'intensification doit être retardée si des mammifères marins sont observés dans la zone d'atténuation pendant l'observation préalable au tir;
- une intensification complète de 20 minutes doit être effectuée avant le début de la prochaine ligne ou de la collecte de données de PSV.

Si on prévoit que le changement de ligne (ou le repositionnement du géophone) sera effectué dans les 40 minutes, peu importe le volume du bulleur :

- le tir d'un bulleur peut se poursuivre pendant le changement de ligne **seulement** si la puissance est réduite à 180 po^3 (ou aussi près que possible de ce seuil) à la pression standard. Les bulleurs d'un volume de moins de 180 po^3 peuvent continuer à tirer à leur volume et à leur pression opérationnels; **ET**
- l'intervalle de point de tir **est** augmenté afin d'assurer une plus longue durée entre les tirs, l'intervalle de point de tir ne devant pas dépasser 5 minutes; **ET**

-
- on augmente la puissance et on diminue l'intervalle de point de tir par paliers uniformes pendant les 10 dernières minutes du changement de ligne (ou repositionnement du géophone), avant que la collecte de données recommence (c'est-à-dire une forme de mini-intensification).

Si les exigences qui précèdent ne sont pas pratiques et qu'aucune procédure de remplacement n'a été convenue avec l'organisme de réglementation, il faut mettre fin aux tirs de bulleurs et d'effectuer une observation avant le tir et une intensification avant le début de la ligne suivante.

Aucun essai d'équipement ne doit être effectué à l'extérieur de la zone visée par l'autorisation ou le permis (y compris toute zone de travail plus étendue telle que définie dans certaines applications).

Les directives suivantes visent à préciser les cas où une intensification est requise pour l'essai d'un bulleur :

- Si l'intention est de tester un seul bulleur, il n'est pas nécessaire de procéder à une intensification.
- Si l'intention est de tester plusieurs bulleurs, une intensification est requise. Cette opération doit être effectuée sur une période proportionnelle au nombre ou au volume des bulleurs testés et ne doit pas durer plus de 20 minutes. Les bulleurs doivent être testés en ordre de volume, le plus petit en premier.
- Il faut effectuer une observation avant de procéder à l'essai d'un bulleur.

Pauses imprévues : Il s'agit des cas où les bulleurs cessent de tirer de façon inattendue pendant l'acquisition des données, par exemple en raison d'un problème technique ou d'une panne. Dans de telles circonstances, il est impératif que les OMM et les opérateurs de SAP commencent à surveiller la zone d'atténuation le plus rapidement possible.

Si les bulleurs peuvent être redémarrés et que l'acquisition des données peut reprendre en moins de 10 minutes, il n'est pas nécessaire de procéder à une intensification et le tir peut recommencer au même niveau de puissance qu'avant le bris (ou à un niveau inférieur), à condition qu'aucun mammifère marin n'ait été détecté dans la zone d'atténuation pendant la période de panne.

Si un mammifère marin est détecté dans la zone d'atténuation au cours de la période de panne, l'OMM ou l'opérateur de SAP responsable de l'opération conseillera de retarder le redémarrage du tir du bulleur jusqu'à ce que leur passage, ou le trajet du navire, aient pour conséquence que les mammifères marins se trouvent en dehors de la zone d'atténuation. Il doit y avoir un délai d'au moins 20 minutes à compter de la dernière détection dans la zone d'atténuation et une intensification doit être effectuée.

S'il faut plus de 10 minutes pour redémarrer les bulleurs, il faut effectuer une observation et une intensification complète avant de recommencer le levé. Si un OMM ou un opérateur de SAP a effectué une surveillance pendant la période de panne, ce temps peut être pris en compte dans le temps d'observation préalable au tir (30 ou 60 minutes selon le cas).

Si la panne se produit la nuit ou pendant le jour dans des conditions non propices à une observation visuelle, la zone d'atténuation doit être surveillée à l'aide de la SAP. Si la SAP n'est pas disponible, le levé doit être retardé jusqu'à ce que les conditions permettent des observations visuelles.

Pauses prévues : Si des interruptions dans l'acquisition de données à un autre moment que lors d'un changement de ligne sont nécessaires (par exemple pour éviter une structure), les mêmes procédures que celles applicables aux pauses imprévues peuvent être mises en œuvre.

Toutefois, si la pause prévue est inférieure à 10 minutes, les OMM et les opérateurs de SAP doivent commencer la surveillance 20 minutes avant la pause prévue et la poursuivre pendant toute la durée de la pause.

3.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Dans la mesure du possible, les activités devraient commencer pendant les heures de clarté afin de s'assurer que des mesures d'atténuation visuelles peuvent être prises par les OMM. Selon la nature du levé et des conditions du permis ou de l'autorisation, les opérations peuvent devoir être retardées jusqu'à ce que les conditions changent ou s'améliorent, à moins qu'une méthode de remplacement des observations, telle que la SAP, soit possible et puisse être déployée.

Lorsque la SAP est une condition de l'autorisation ou du permis, elle doit être utilisée si des intensifications se produisent pendant les heures d'obscurité et pendant les périodes où les conditions diurnes ne sont pas propices aux observations visuelles (par exemple, le brouillard).

Lorsque la SAP n'est pas une condition de l'autorisation ou du permis et que les conditions diurnes sont telles que des observations visuelles ne peuvent être entreprises et qu'aucune autre forme de surveillance n'est possible, la meilleure solution consisterait à retarder le lancement des intensifications et des tirs sismiques jusqu'à ce que les conditions s'améliorent.

Un minimum d'un opérateur de SAP est requis lorsque l'équipement de SAP doit être déployé, en tenant compte des particularités de l'observation (y compris l'utilisation potentielle pendant le jour) utilisées pour déterminer le nombre total d'opérateurs. La SAP peut être nécessaire pour compléter les observations visuelles (en plus de l'utilisation de nuit et des périodes de mauvaise visibilité) dans les zones importantes pour les mammifères marins. Dans de telles circonstances, l'exploitant doit s'assurer qu'il y a suffisamment de personnel pour assurer la couverture de SAP pendant 24 heures (c.-à-d. habituellement un minimum de deux opérateurs de SAP).

Il n'est pas rare que des personnes assument à la fois les rôles d'OMM et d'opérateur de SAP au cours d'un même levé. Cela est acceptable aux termes des présentes lignes directrices, mais il est essentiel que le personnel soit formé et compétent dans les deux rôles.

3.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Lorsque les navires sont en temps partagé, c'est-à-dire lorsque deux ou plusieurs navires opèrent dans des zones adjacentes et se relaient pour tirer afin d'éviter de provoquer des interférences sismiques, les lignes directrices s'appliquent à tous les navires concernés et des canaux de communication clairs sont nécessaires pour assurer une atténuation efficace.

Si les grappes à deux sources doivent être utilisées et particulièrement si elles doivent fonctionner en simultané plutôt qu'en alternance (par exemple : en mode flip flop), la zone d'atténuation requise pour englober l'ensemble des grappes (p. ex. selon le point central entre les deux grappes) doit être estimée. Toute modification proposée à la zone d'atténuation standard doit être clairement indiquée dans la demande de levé, *potentiellement* appuyée par la modélisation de la propagation du bruit.

Les données à haute résolution peuvent être obtenues à l'aide d'un bulleur ou de sources électromagnétiques. Le profil sous-marin (p. ex. émetteur d'ultrasons, étinceleur, boumeurs et radar à compression d'impulsions CHIRP), les sonars latéraux et les échosondeurs multifaisceaux utilisent tous des sources électromagnétiques. Le Comité mixte pour la conservation de la nature fournira des conseils au cas par cas en fonction des éléments suivants :

Sources électromagnétiques :

- Une observation préalable de la zone d'atténuation et un retardement du levé si un mammifère marin est observé. Habituellement, on peut utiliser un OMM non spécialisé.
- Démarrage progressif – dans la mesure du possible, intensification de la puissance de façon uniforme. Toutefois, il est reconnu que cela n'est pas possible pour certains équipements de profil sous-marin (c.-à-d. qu'ils sont soit allumés, soit éteints).

Si plusieurs types d'équipement doivent être démarrés de façon séquentielle ou inter changés pendant l'opération, une seule observation préalable est requise avant le début de la sortie acoustique, seulement s'il n'y a aucune lacune statistique de plus de 10 minutes.

Certains systèmes multifaisceaux utilisés dans des eaux plus profondes (supérieur à 200 m) utilisent des fréquences (inférieures à 100 kHz) à des niveaux sonores qui peuvent être préoccupants pour les espèces de cétacés, à la fois en ce qui concerne les blessures délibérées et les perturbations. Les exigences d'atténuation seront fournies au cas par cas.

Les levés effectués avec un système multifaisceaux dans des eaux peu profondes (profondeur inférieure à 200 m) ne sont pas soumis à ces exigences, car les fréquences plus élevées habituellement utilisées se situent en dehors des fréquences auditives des cétacés et que les sons produits sont susceptibles de s'atténuer plus rapidement que les fréquences plus basses utilisées en eaux plus profondes. Des mesures d'atténuation ne sont pas nécessaires pour les levés effectués avec un système multifaisceaux en eaux peu profondes.

4.0 AUSTRALIE

L'énoncé de politique 2.1 – Interaction entre l'exploration sismique en mer et les baleines (Australie 2008) issue de l'*Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999* australienne établit des normes visant à réduire au minimum le risque de blessures acoustiques pour les baleines à proximité des opérations de levé sismique. L'énoncé de politique a été rédigé dans le but de réduire au minimum la probabilité d'une blessure ou d'une déficience auditive des baleines. Les calculs sont principalement fondés sur des niveaux d'énergie sonore reçus qui, selon les estimations, mènent à un déplacement temporaire de seuil de l'ouïe des baleines à fanons. Le terme « baleines » comprend les baleines à fanons et les grandes baleines à dents, notamment les cachalots, les épaulards, les faux-orques, les globicéphales et les baleines à bec. La déclaration de politique générale ne s'applique pas aux rencontres avec les petits dauphins et les marsouins.

4.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

L'Australie exige des documents de planification détaillés autres que ceux du DEWHA (2008), sur lequel porte cette section. La National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority (NOPSEMA, soit l'équivalent du MPO en Australie) a publié un document d'information sur les plans environnementaux pour les levés sismiques maritimes, qui comprend une étude des répercussions environnementales. Même si l'application du document d'information n'est pas une exigence réglementaire, les plans environnementaux sont requis aux termes du Règlement de 2009 sur l'entreposage des hydrocarbures extracôtiers et des gaz à effet de serre de 2009 (Règlement sur l'environnement). Conformément au Règlement, les plans environnementaux doivent être acceptés avant que toute activité pétrolière ou générant des gaz à effet de serre puisse avoir lieu dans les eaux du Commonwealth.

Les levés sismiques ne doivent pas être planifiés dans les régions où les baleines sont susceptibles de se reproduire, de mettre bas, de se reposer, de se nourrir ou de migrer ni quand elles sont susceptibles de le faire. Advenant une telle proposition, ces levés et les

mesures d'atténuation connexes devront faire l'objet d'un examen attentif et pourraient nécessiter une évaluation plus poussée aux termes de l'*Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999*.

4.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Des mesures d'atténuation, visant à éviter les blessures et à réduire au minimum le risque (pour les baleines) de changements comportementaux biologiquement importants, devraient être mises en place pour assurer la protection des baleines. Dans le cas des propositions de levés sismiques proposés pour lesquelles on peut démontrer par modélisation de la propagation du son ou par des mesures empiriques que le niveau d'exposition au bruit reçu pour chaque tir ne dépassera probablement pas 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$, dans 95 % des tirs sismiques sur une portée de 1 km, les zones de précaution suivantes sont recommandées :

- Zone d'*observation* : Rayon horizontal de plus de 3 km à partir de la source acoustique.
- Zone de *faible puissance* : Rayon horizontal de 1 km à partir de la source acoustique.
- Zone d'*arrêt* : Rayon horizontal de 500 m à partir de la source acoustique.

Pour tous les autres levés sismiques proposés :

- Zone d'*observation* : Rayon horizontal de plus de 3 km à partir de la source acoustique.
- Zone de *faible puissance* : Rayon horizontal de 2 km à partir de la source acoustique.
- Zone d'*arrêt* : Rayon horizontal de 500 m à partir de la source acoustique.

Dans la zone d'*observation*, les baleines et leurs mouvements doivent être surveillés afin de déterminer si les animaux approchent ou entrent dans la zone de *faible puissance*. Lorsqu'une baleine est aperçue dans la zone de *faible puissance*, ou est sur le point d'y entrer, la source acoustique doit immédiatement être mise en sourdine au niveau le plus bas possible. Si une baleine est observée ou est sur le point d'entrer dans la zone d'*arrêt*, la source acoustique doit être complètement arrêtée.

Pendant les heures de clarté, les observations visuelles de la présence de baleines doivent être effectuées par un membre de l'équipage dûment formé pendant au moins 30 minutes avant le début de la procédure de démarrage progressif. Les observations doivent, lorsque la visibilité le permet, s'étendre à plus de 3 km (zone d'*observation*) du navire, mais en mettant l'accent sur les zones de *faible puissance* et d'*arrêt* autour de la source acoustique (voir ci-dessus). Au cours de ces observations de 30 minutes, l'observateur devrait faire des observations autour de l'ensemble du navire (360°) et de la grappe remorquée jusqu'à une distance de 3 km et, si possible, au-delà de 3 km.

Si aucune baleine n'a été observée dans les zones de *faible puissance* et d'*arrêt* pendant la procédure de prédémarrage, la procédure de démarrage progressif peut commencer. Les procédures de démarrage progressif doivent être utilisées chaque fois que les sources acoustiques sont mises en marche, augmentant graduellement la puissance sur une période de 30 minutes. Le niveau de fonctionnement à pleine puissance devrait être l'énergie acoustique minimale nécessaire pour atteindre les objectifs du levé. Pendant les heures de clarté, des observations visuelles par des membres de l'équipage formés doivent être maintenues en permanence lors des démarrages progressifs afin d'identifier les baleines dans les zones de précaution.

Si une baleine est observée dans le rayon de 3 km de la zone d'*observation* pendant le démarrage progressif, un membre d'équipage ou un observateur de mammifères marins qualifié

doit également être amené sur la passerelle pour surveiller en permanence la baleine tant qu'elle est en vue.

Les procédures de démarrage progressif doivent reprendre seulement lorsque la baleine a été observée en dehors de la zone de *faible puissance* ou lorsque 30 minutes se sont écoulées depuis la dernière observation de la baleine.

Pendant les heures de clarté, l'équipage formé doit effectuer des observations visuelles de façon continue tout au long des opérations de levé.

L'organisation qui effectue le levé doit s'assurer qu'il y a suffisamment de membres d'équipage formés pour satisfaire aux exigences de base en matière d'atténuation énoncées dans la Politique. Les membres de l'équipage formés doivent avoir une expérience reconnue de l'observation des baleines, de l'estimation de la distance et de la production de rapports.

4.3 ARRÊT DES BULLEURS

Comme précisé ci-dessus, si une baleine est sur le point d'entrer dans la zone de *faible puissance* ou s'y trouve, la source acoustique doit être mise en sourdine au niveau le plus bas possible. Si une baleine est observée ou est sur le point d'entrer dans la zone d'*arrêt*, la source acoustique doit être complètement arrêtée.

4.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Les exploitants doivent abaisser la source acoustique au réglage le plus bas possible lorsqu'ils ne recueillent pas de données ou n'entreprennent pas de procédures de démarrage progressif (p. ex. pendant les virages de ligne ou lorsqu'ils se déplacent vers une autre partie de la zone de levé).

Si la grappe est complètement arrêtée ou réduite à faible puissance (p. ex. pour des raisons opérationnelles ou pendant les virages de ligne), les observations de baleines devraient se poursuivre. Pour redémarrer la grappe, les procédures suivantes doivent être suivies :

- Si aucune baleine n'est observée pendant la période d'arrêt ou de faible puissance, la mise en marche peut commencer par la procédure de démarrage progressif.
- Si des baleines sont observées pendant la période d'arrêt ou de faible puissance ou si les observations ont cessé, le démarrage ne devrait pas commencer tant que les observations visuelles préalables au démarrage n'ont pas été effectuées. La mise en marche peut ensuite commencer par la procédure de démarrage progressif.

4.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Pendant la nuit ou à d'autres moments de faibles visibilitées (lorsque les observations ne peuvent pas s'étendre jusqu'à 3 km à partir de la source acoustique, p. ex. en cas de brouillard ou de forts vents), le démarrage peut commencer conformément à la procédure de démarrage progressif :

- à condition qu'il y ait eu moins de 3 situations d'arrêt ou de mise en sourdine causées par des baleines au cours des 24 heures précédentes; ou

-
- si les activités n'étaient pas déjà en cours durant les 24 heures précédentes, le navire (ou un navire ou un avion de repérage) a été à proximité (environ 10 km) de la position de démarrage proposée pendant au moins 2 heures (dans des conditions de bonne visibilité où les observations peuvent s'étendre au-delà de 3 km) au cours des 24 heures précédentes, et aucune baleine n'a été vue.

En cas de faible visibilité, lorsque les conditions le permettent, il faut maintenir des observations continues pour repérer les baleines en mettant l'accent sur les zones à *faible puissance et d'arrêt*. Si l'observation de baleines a été fréquente ou est plus élevée que prévu pendant la planification du levé, le promoteur doit communiquer avec le Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts afin de discuter des dispositions appropriées pour la nuit et déterminer si des mesures de gestion supplémentaires devraient être utilisées pour les activités de jour ou de nuit.

L'utilisation de la SAP comme outil de détection devrait être envisagée par le promoteur qui exerce ses activités dans les régions où la probabilité de rencontrer des baleines va de modérée à élevée et, si la SAP est déployée, des précisions doivent être fournies sur leur utilisation prévue dans le cadre de toute saisine au titre de l'*Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999*. Par « probabilité modérée à élevée », on entend « spatialement ou temporellement à proximité de zones d'agrégation, de voies migratoires ou de zones considérées comme fournissant un habitat important sur le plan biologique » (DEWHA 2008).

4.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

De plus, une évaluation environnementale supplémentaire des impacts potentiels peut être nécessaire si plusieurs sources sismiques (p. ex. deux navires sur un projet ou plusieurs projets adjacents) doivent être exploitées dans la même zone générale. Lorsqu'un levé sismique est proposé, le promoteur doit assurer la liaison avec le gouvernement et les organismes de l'industrie pour s'assurer que les levés ne coïncident pas ou ne se chevauchent pas inutilement.

Pour les levés sismiques effectués dans des régions où la probabilité de rencontrer des baleines va de modérée à élevée, il est nécessaire d'appliquer des mesures supplémentaires pour s'assurer que les impacts et les interférences sont évités ou réduits au minimum. Les mesures suivantes sont recommandées, mais il se peut qu'il ne soit pas nécessaire de toutes les appliquer ou qu'il ne soit pas possible de le faire pour toutes les activités de levé sismique :

- Au fur et à mesure que la probabilité de rencontrer des baleines augmente, le promoteur devrait faire appel aux OMM. Les OMM doivent être formés et expérimentés en identification et en comportement des baleines, en estimation de la distance, et être en mesure de procéder à des identifications et à des observations exactes des baleines dans les eaux australiennes. Les OMM devraient aider d'autres observateurs (p. ex. un membre d'équipage formé) et être disponibles pour fournir des conseils en cas de rencontre avec des baleines.
- Pour les levés dans les régions où l'on s'attend à voir des baleines, le promoteur doit inclure des mesures de gestion appropriées afin de détecter (ou prévoir) la présence de baleines et appliquer des mesures pour réduire la probabilité d'en rencontrer. Parmi les mesures possibles, mentionnons :
- limiter le déclenchement des procédures de démarrage progressif à des conditions qui permettent une inspection visuelle de la zone de précaution;
- des observations effectuées de jour par des navires ou des avions de repérage dans la zone de levé nocturne pour déterminer si des baleines sont présentes;

-
- des observations préalables (y compris les relevés) pour détecter et déterminer les zones de concentration probable de baleines, comme les voies de migrations et les temps de migration les plus occupés, les principales aires d'alimentation (p. ex. les ruptures de pente continentale, les monts sous-marins et les fosses océaniques) ou d'autres zones de regroupement.

Dans certains endroits et dans certaines situations, il peut être conseillé de recourir à de plus grandes distances pour activer les procédures de mise en sourdine par rapport à celles décrites ci-dessus. Dans le cas d'habitats essentiels, comme les aires d'alimentation, lorsqu'il est probable que des concentrations d'aliments et de baleines se produisent, une zone de *faible puissance* plus large (p. ex. 3 km) peut être appropriée pour éviter les perturbations ou les déplacements des baleines. Une telle mesure n'est peut-être pas nécessaire pour l'ensemble du levé (heure et zone), mais peut être souhaitable pour des endroits particuliers (p. ex. le long du bord du plateau où les sources de nourriture sont le plus susceptibles de se trouver).

Pour les levés effectués à proximité d'aires de reproduction ou de repos connues, une zone tampon (zone d'exclusion) est établie afin de garantir que les navires de levés en activité ne pénètrent pas dans le secteur où les baleines peuvent être présentes. La taille de la zone tampon doit être établie par mesure de précaution. Dans la mesure du possible, des preuves scientifiques ou des modèles de propagation acoustique doivent être utilisés pour déterminer et justifier la zone tampon. L'énoncé de politique ne fournit pas d'autres renseignements sur la façon de modéliser la propagation acoustique.

5.0 NOUVELLE-ZÉLANDE

Le Department of Conservation (DOC) de la Nouvelle-Zélande a élaboré en 2013 le Code de conduite pour la réduction de la perturbation acoustique des mammifères marins lors des opérations de levés sismiques (*Code of conduct for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic survey operations* (the Code) (DOC 2013)) et un document de référence connexe pour fournir des mesures d'atténuation de la perturbation acoustique des mammifères marins lors de levés sismiques.

Ce code prévoit des mesures d'atténuation différentes selon la taille et la puissance de la source sismique.

Levé de niveau 1 : tout levé sismique marin réalisé à l'aide d'une source acoustique dont la capacité opérationnelle combinée totale dépasse 7 litres/427 po³.

Levé de niveau 2 : tout levé sismique marin réalisé à l'aide d'une source acoustique dont la capacité opérationnelle combinée totale est comprise entre 2,5 et 6,99 litres/151 et 426 po³.

Levé de niveau 3 : tout levé sismique marin réalisé à l'aide de sources électromécaniques à haute résolution et à faible énergie. Il peut s'agir de petites sources sismiques d'une capacité inférieure à 2,49 litres/150 po³, comme les étinceleurs, les émetteurs d'ultrasons et les boueurs. Les levés de niveau 3 sont exemptés des dispositions du Code.

Au moment de la mise en œuvre, le DOC s'était engagé à revoir le Code après trois ans. Par conséquent, la révision du Code de 2013 a débuté en juillet 2015, avec une demande de rétroaction de nombreux intervenants (Seismic Code Review Group; SCRG). En août 2015, cette rétroaction a été combinée à celle obtenue au cours des trois années depuis la mise en œuvre du Code.

En novembre 2018, la Nouvelle-Zélande a adopté une loi qui interdit la délivrance de nouveaux permis d'exploration pétrolière et gazière en mer, même si les permis existants sont préservés et assujettis au code sismique maritime en vigueur. Cette mesure fait suite à l'interdiction de

futures activités d'exploration pétrolière et gazière au large du Belize, du Costa Rica, de l'Irlande, du Danemark (eaux intérieures seulement, ne comprend pas la mer du Nord ni le Groenland) et à leur élimination graduelle en France (Offshore Technology 2018). Dans les faits, cette interdiction a mis fin aux initiatives de mise à jour du Code, lesquelles comprenaient une série de documents de travail et de comptes rendus de groupes de travail. Par exemple, Wright *et al.* (2016) ont résumé les présentations et les discussions sur deux grandes catégories : les normes de rendement pour les techniques concernant les sources et les normes de rendement pour les techniques d'atténuation.

Les sections qui suivent sont des extraits du Code (DOC 2013).

5.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

La composante fondamentale du processus de planification des levés sismiques est la préparation d'une évaluation d'impact sur les mammifères marins. Dans des conditions normales, les levés sismiques maritimes ne seront pas planifiés dans des zones critiques ou importantes sur le plan écologique ni pendant des périodes biologiques clés où les espèces menacées sont susceptibles de se reproduire, de mettre bas, de se reposer, de se nourrir ou de migrer, ou lorsque les risques sont particulièrement évidents, comme dans les eaux confinées (par exemple, les baies ou les chenaux). Toutefois, lorsqu'il est démontré que la tenue de levés dans ces zones durant ces saisons est nécessaire et inévitable, d'autres mesures peuvent être nécessaires pour réduire au minimum les éventuelles répercussions. Ces mesures peuvent aller jusqu'à l'interdiction complète de toute activité minière (y compris les levés sismiques), de la pêche ou de la récolte, peu importe la forme, dans le sanctuaire des baleines de Kaikoura.

Une composante essentielle du processus de planification consiste pour le promoteur à déterminer les niveaux de puissance les plus faibles possible pour la grappe de sources acoustiques qui atteindront les objectifs géophysiques du levé, et à limiter les activités à ce niveau maximal. Bien que le Code soit principalement axé sur la protection des mammifères marins, les promoteurs sont fortement encouragés à adopter les moyens disponibles pour éviter ou atténuer les effets négatifs sur d'autres espèces clés (comme les tortues, les pingouins et les oiseaux de mer) ou habitats essentiels identifiés au stade de la planification comme étant potentiellement touchés.

Lorsque la surveillance acoustique passive est intégrée à titre d'outil d'atténuation dans la méthodologie du levé, la planification préalable au levé doit inclure, dans la mesure du possible, les commentaires de l'opérateur principal de la SAP afin d'assurer l'exactitude des caractéristiques du système.

5.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Le Code utilise des zones d'atténuation de portée variable, en fonction du risque potentiel des effets néfastes notables.

Les programmes sismiques de niveau 1 doivent respecter les zones suivantes :

- *Espèces menacées avec des petits dans une zone d'atténuation de 1,5 km*
- *Espèces menacées dans une zone d'atténuation de 1 km*
- *Autres mammifères marins dans une zone d'atténuation de 200 m*

Les programmes sismiques de niveau 2 comportent les zones suivantes :

- *Espèces menacées avec des petits dans une zone d'atténuation de 1 km*
- *Espèces menacées dans une zone d'atténuation de 600 m*

- *Autres mammifères marins dans une zone d'atténuation de 200 m*

Les sources acoustiques de niveau 1 ou 2 ne seront en aucun cas activées, sauf par démarrage progressif, à moins que la source ne soit réactivée après une seule interruption de tir (non en réponse à une observation de mammifères marins dans une zone d'atténuation) de moins de 10 minutes immédiatement après une opération normale à pleine puissance, et que les observateurs qualifiés n'aient pas détecté de mammifères marins dans les zones d'atténuation pertinentes. Cela signifie une augmentation graduelle de la puissance de la source, en commençant par le bulleur de la plus faible capacité, sur une période d'au moins 20 minutes et d'au plus 40 minutes.

Il est reconnu que d'autres technologies acoustiques peuvent être utilisées pour les levés sismiques des diagraphies de puits et qu'il n'est peut-être pas possible de procéder à un démarrage progressif de la même manière que pour une grappe de sources sismiques maritimes conventionnelle. Dans la mesure du possible, l'activation initiale de la source acoustique doit se faire par une augmentation graduelle de la puissance de la source sur une période d'au moins 20 minutes et d'au plus 40 minutes.

Une source sonore de niveau 1 ne peut être activée pendant les heures de clarté, à moins qu'au moins un OMM qualifié ait continuellement surveillé la présence de mammifères marins, qu'aucun mammifère marin (autre que les otaries à fourrure) n'ait été observé dans la zone d'atténuation pertinente pendant au moins 30 minutes et qu'aucune otarie à fourrure n'ait été observée dans les zones d'atténuation pertinentes pendant au moins 10 minutes. De plus, la SAP pour détecter la présence de mammifères marins a été effectuée par un opérateur de SAP qualifié pendant au moins 30 minutes avant l'activation et aucun cétacé qui émet des vocalisations n'a été détecté dans les zones d'atténuation pertinentes.

Pour tous les levés de niveau 1, les exigences minimales en matière d'observateur qualifié sont les suivantes :

- Il y aura en tout temps au moins deux OMM qualifiés à bord.
- Il y aura en tout temps au moins deux opérateurs de SAP qualifiés à bord.
- En tout temps, lorsque la source acoustique se trouve dans l'eau, au moins un OMM qualifié (pendant les heures de clarté) et au moins un opérateur de SAP qualifié assureront la surveillance des mammifères marins. Dans la mesure où cela ne cause pas de problèmes de santé et de sécurité, il est recommandé que les deux OMM qualifiés soient en surveillance pendant les observations de jour avant le démarrage ou à tout autre moment important lorsque cela est pratique et possible.

Les exigences du niveau 2 concernant les OMM sont semblables à celles du niveau 1. La SAP n'est pas requise pour les levés de niveau 2.

Un OMM ayant une compréhension adéquate du système de SAP en service, bien qu'il ne soit pas nécessaire pour les tâches d'observation visuelle, peut assurer une couverture temporaire à la place d'un opérateur de SAP qualifié afin d'assurer la poursuite de la surveillance pendant 24 heures.

Pour être un opérateur formé (OMM ou SAP), une personne doit :

- avoir terminé avec succès le cours d'observation des mammifères marins ou le cours d'opérateur de SAP reconnu par le DOC;
- avoir démontré toutes les compétences requises dans le cadre d'un processus d'évaluation conforme aux normes du DOC.

En plus de ce qui précède, la personne doit compter au moins 12 semaines de travail en mer à son actif dans le cadre d'activités de levé sismique maritime dans les eaux continentales de la Nouvelle-Zélande, soit à titre d'OMM ou d'opérateur de SAP sous la supervision d'un observateur qualifié.

Pour les levés de niveau 1, l'équipage de navires de levés sismiques ne peut pas être considéré comme un observateur qualifié, quelle que soit sa formation ou son expérience. Toutefois, pour les navires de levé sismique de niveau 2, l'équipage formé et expérimenté tel qu'il est décrit ci-dessus peut agir à titre d'observateur qualifié.

5.3 ARRÊT DES BULLEURS

Tout observateur qualifié en service est habilité à retarder le début des opérations ou à interrompre un levé actif si un mammifère marin est observé dans la zone d'atténuation appropriée.

5.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Les essais de source sismique seront soumis aux procédures de démarrage progressif pertinentes pour chaque niveau de levé, bien que la durée minimale de 20 minutes ne s'applique pas. Dans la mesure du possible, la puissance doit être augmentée graduellement jusqu'au niveau d'essai requis à une vitesse ne dépassant pas celle d'un démarrage normal. Les essais de sources sismiques de niveaux 1 et 2 dont la capacité combinée maximale est inférieure à 2,49 litres ou 150 po³ ne nécessitent pas de procédures de démarrage progressif et peuvent être effectués à la suite des observations pertinentes préalables au démarrage.

Les tests de source acoustique ne peuvent pas être utilisés à des fins d'atténuation ou pour éviter la mise en œuvre de procédures de démarrage progressif.

Les exploitants sont fortement encouragés à réduire le bruit maritime inutile, si possible dans la réalité, en arrêtant la source acoustique à la fin d'une ligne et en la réactivant conformément aux procédures de démarrage progressif applicables et aux observations préalables au démarrage. L'utilisation de sources acoustiques à des fins d'atténuation pendant les virages de ligne immédiatement après les opérations normales de pleine puissance est permise, à condition que la puissance de la source acoustique soit réduite à des niveaux qui limitent le sondage à la limite de la zone d'atténuation. L'utilisation de sources acoustiques à des fins d'atténuation ne doit être utilisée que dans des situations exceptionnelles lorsque l'exploitant le juge nécessaire. Si des mesures acoustiques d'atténuation sont utilisées, elles seront soumises aux mêmes dispositions d'arrêt que les opérations normales de levé sismique.

5.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Les sources acoustiques de niveau 1 ne peuvent être activées pendant la nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation, sauf si une surveillance acoustique passive de la présence de mammifères marins a été effectuée par un opérateur qualifié de SAP pendant au moins 30 minutes avant l'activation, et si l'observateur qualifié n'a pas détecté de cétacés émettant des vocalisations dans les zones d'atténuation concernées.

Si l'on opère dans une zone où l'on s'attend à ce que des petits soient présents ou ont été observés au cours du levé, on doit supposer que les détections, par la SAP, de cétacés qui émettent des vocalisations proviennent d'une baleine et son petit. Dans ce cas, les dispositions les plus strictes relatives à la zone d'atténuation doivent être appliquées, à moins que l'OMM n'en décide autrement dans de bonnes conditions de visibilité.

Si l'on opère dans une zone où l'on s'attend à ce que des petits soient présents, on doit supposer que les détections, par la SAP, de cétacés qui émettent des vocalisations proviennent d'une baleine et son petit. Dans ce cas, les dispositions les plus strictes relatives à la zone d'atténuation doivent être appliquées, à moins que l'OMM n'en décide autrement. En raison de la portée de détection limitée de la technologie de SAP pour les cétacés à très haute fréquence (supérieure à 300 m), toute détection bioacoustique de ce type nécessitera l'arrêt immédiat d'un levé actif ou retardera le début des activités, quelle que soit l'intensité du signal ou que la distance ou la position par rapport à la source acoustique ait été déterminée. L'arrêt d'une source acoustique activée ne sera pas nécessaire si des observations visuelles effectuées par un OMM qualifié confirment que la détection acoustique portait sur une espèce de mammifère marin n'étant pas désignée comme espèce menacée.

Si le système de SAP a mal fonctionné ou s'il est endommagé, les opérations peuvent se poursuivre pendant 20 minutes sans SAP, le temps que l'opérateur de SAP trouve le problème. Si le diagnostic indique que l'équipement de SAP doit être réparé pour résoudre le problème, les opérations peuvent se poursuivre pendant 2 heures supplémentaires sans SAP, pourvu que toutes les conditions suivantes soient remplies :

- il fait jour et l'état de la mer est inférieur ou égal à 4 sur l'échelle de Beaufort;
- aucun mammifère marin n'a été détecté uniquement par la SAP dans les zones d'atténuation pertinentes au cours des 2 heures précédentes;
- deux OMM sont en fonction en tout temps pendant les opérations lorsque la SAP n'est pas opérationnelle;
- le DOC est averti par courrier électronique dès que possible avec l'heure et le lieu où les opérations ont commencé sans système de SAP actif;
- les opérations avec une source active, mais sans système de SAP actif, ne dépassent pas un total cumulé de 4 heures au cours d'une période de 24 heures.

Si la SAP ou d'autres technologies de rechange sont intégrés pour appuyer l'observation des mammifères marins et sont pleinement opérationnelles, des sources acoustiques de niveau 2 peuvent être activées, et des levés actifs peuvent être effectués la nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation.

Toutefois, lorsque les observations se limitent aux OMM pour les opérations de levé de niveau 2, le démarrage peut être amorcé et les levés actifs peuvent se dérouler la nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation uniquement si :

- il n'y a pas eu plus de 3 arrêts ou démarrages retardés à la suite de l'observation de mammifères marins au cours des 24 heures précédentes d'opérations de levés actifs dans de bonnes conditions d'observation;
- si aucune opération de levé active n'a été menée au cours des 24 heures précédentes, les OMM ont entrepris des observations dans un rayon de 20 milles nautiques de la position de démarrage proposée pendant au moins les deux dernières heures de bonnes conditions d'observation de jour précédant les opérations proposées et aucun mammifère marin n'a été détecté.

5.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Il est interdit d'utiliser des explosifs comme source acoustique dans les eaux continentales de la Nouvelle-Zélande.

Lorsque des activités sont prévues dans des zones d'importance écologique ou des sanctuaires de mammifères marins, la modélisation des pertes de transmission du son sera intégrée à la méthodologie d'évaluation d'impact sur les mammifères marins et vérifiée sur le terrain au cours du levé par des moyens appropriés. Cette modélisation indiquera les niveaux sonores prévus dans les différentes zones d'atténuation et les impacts potentiels sur les espèces présentes. S'il est prévu que les niveaux sonores dépassent soit 171 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ à des distances correspondant aux zones d'atténuation pertinentes pour les espèces menacées, soit 186 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ à 200 m, il sera envisagé soit d'étendre le rayon de la zone d'atténuation, soit de limiter en conséquence la puissance de la source acoustique.

En plus des exigences normales d'observation avant le démarrage, décrites ci-dessus, lorsque l'on arrive pour la première fois à un nouvel emplacement dans le programme de levé, l'activation initiale de la source acoustique ne doit pas être effectuée de nuit ou dans de mauvaises conditions d'observation, sauf si l'une ou l'autre de ces conditions est remplie :

- Les OMM ont effectué des observations dans un rayon de 20 milles nautiques de la position de départ prévu pendant au moins les deux dernières heures dans de bonnes conditions d'observation précédant les opérations proposées, et aucun mammifère marin n'a été détecté;
- Lorsqu'il y a eu moins de 2 heures de bonnes conditions d'observation avant les opérations proposées (dans un rayon de 20 milles nautiques de la position de départ prévu), la source peut être activée si :
 - la SAP a été utilisée pendant les 2 heures précédant immédiatement les opérations proposées;
 - deux OMM ont effectué une surveillance visuelle au cours des 2 heures précédant immédiatement les opérations proposées;
 - aucune espèce menacée n'a été observée lors de la surveillance visuelle ou détectée lors de la surveillance acoustique dans les zones d'atténuation concernées au cours des 2 heures précédant immédiatement les opérations proposées;
 - aucune otarie à fourrure n'a été observée lors de la surveillance visuelle dans la zone d'atténuation concernée au cours des 10 minutes précédant immédiatement les opérations proposées;
 - aucun autre mammifère marin n'a été observé lors de la surveillance visuelle ou détecté lors de la surveillance acoustique dans les zones d'atténuation concernées au cours des 30 minutes précédant immédiatement les opérations proposées.

6.0 BRÉSIL

Le Monitoring Guide for Monitoring Marine Biota During Seismic Data Acquisition Activities (IBAMA 2005; IBAMA 2018) (Guide de surveillance du biote marin pendant les activités d'acquisition de données sismiques) du Brésil a été publié pour la première fois en 2005 et mis à jour en octobre 2018. En plus de toute zone de restriction temporaire identifiée dans le cadre du processus d'autorisation, le document établit des procédures pour atténuer les impacts potentiels de l'acquisition de données sismiques sur le biote marin. Les mesures d'atténuation décrites dans le guide sont obligatoires en tant que conditions pour obtenir un permis de levé sismique. IBAMA (Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles) peut exiger des procédures plus restrictives que celles prévues dans le guide. Les renseignements qui suivent ont été adaptés d'après une traduction anglaise du guide original en portugais de 2018 (IBAMA 2018).

6.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMIQUES

L'opération doit être planifiée de manière à éviter les mammifères marins et les tortues pendant les périodes de reproduction, d'alimentation, d'accouplement ou de migration. Le promoteur doit également coordonner ses activités avec tout autre programme sismique qui chevauche le sien. Les grappes de bulleurs doivent être organisées pour réduire au minimum l'émission horizontale d'énergie acoustique et réduire au minimum l'émission de bruit à des fréquences plus élevées. Les exploitants sont encouragés à investir dans des technologies et des solutions de rechange opérationnelles qui réduisent le bruit dans l'environnement marin. La formation préalable aux opérations des membres d'équipage responsables est obligatoire.

6.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

L'intensification ne peut commencer qu'après 30 minutes sans détection de mammifères marins ou de tortues dans une zone d'exclusion de 1 000 m à partir du centre de la grappe. Si des animaux sont détectés dans la zone d'exclusion pendant l'intensification, les bulleurs doivent immédiatement être arrêtés jusqu'à ce que 30 minutes se soient écoulées sans que des mammifères marins ou des tortues soient détectés dans la zone d'exclusion. À ce stade, une intensification complète est requise. Une intensification et une surveillance de 30 minutes doivent avoir lieu si les bulleurs sont restés silencieux pendant plus de 5 minutes. En cas d'interruptions de moins de 5 minutes, l'activité peut reprendre avec la même puissance, à moins qu'un mammifère marin ou une tortue marine soit détecté dans la zone d'exclusion pendant cet intervalle de 5 minutes. Dans ce cas, une nouvelle procédure d'intensification devrait être amorcée.

La surveillance doit être effectuée simultanément par au moins deux observateurs qualifiés, que le navire tire ou non avec ses bulleurs.

Les bulleurs doivent être progressivement mis en service sur minimum 20 minutes et maximum de 40 minutes. L'augmentation graduelle doit être planifiée afin d'atteindre la pleine puissance le plus près possible du début de la ligne sismique.

Chaque équipe d'observateurs à bord est formée d'au moins trois professionnels, de sorte qu'au moins deux sont en observation simultanée tout au long de la journée (pour diviser le champ de vision en deux moitiés). Le guide fournit des précisions sur l'équipement mis à la disposition des observateurs, ainsi que des instructions sur la manière de mener, de documenter et de présenter leur travail. Il s'agit notamment de la durée des quarts de travail, des périodes de repos, de l'étalonnage des distances et de la localisation des animaux observés.

Tous les observateurs à bord doivent avoir fait des études supérieures dans un domaine compatible avec la fonction, comme la biologie, l'océanographie, l'ingénierie des pêches ou la médecine vétérinaire. Il est souhaitable d'avoir une formation théorique sur les mammifères marins. Au moins deux observateurs doivent avoir une expérience préalable d'au minimum 100 jours dans l'observation des biotes marins à bord de navires sismiques. Au moins deux professionnels de chaque équipe doivent parler couramment la langue des autres membres de l'équipage du navire sismique.

6.3 ARRÊT DES BULLEURS

La procédure d'atténuation prioritaire consiste à arrêter les grappes de bulleurs. Elle doit être exécutée dans toutes les situations où des mammifères marins ou des tortues sont détectés dans la zone d'exclusion de 1 000 m. Il ne devrait y avoir aucune procédure intermédiaire qui retarde l'arrêt des bulleurs.

6.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Les tirs à l'extérieur de la zone d'acquisition sont interdits, à l'exception de ceux nécessaires aux changements de ligne. Les essais de source sonore à puissance maximale devraient de préférence avoir lieu dans la zone d'acquisition. Si l'essai des sources sonores est inférieur à la pleine puissance, il n'est pas nécessaire de recommencer la procédure à la puissance minimale, mais il faut augmenter graduellement la puissance de l'essai à la pleine puissance.

La surveillance doit être effectuée simultanément par au moins deux observateurs qualifiés, que le navire tire ou non avec ses bulleurs y compris les changements de ligne, l'entretien des sources sonores ou pendant la navigation entre le port et la zone d'acquisition sismique.

Le Guide prévoit deux scénarios pour les changements de ligne. Si le changement de ligne dure moins de 20 minutes, les tirs ne doivent pas être interrompus, ce qui assure une puissance maximale tout au long de la manœuvre. Si le changement de ligne est de plus de 20 minutes, il faut arrêter les grappes de bulleurs à la fin de chaque ligne et les redémarrer conformément aux procédures normales d'observation (30 minutes) et d'intensification (au moins 20 minutes).

Il est interdit d'utiliser comme autre mécanisme d'atténuation ou mécanisme d'« opération nocturne » un canon d'atténuation ou un seul bulleur.

6.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

La surveillance acoustique passive est obligatoire 24 heures sur 24 pour toute la durée de l'opération sismique. L'utilisation de la SAP était volontaire en 2005. Bien que l'IBAMA reconnaisse les limites de la SAP, elle considère qu'en coordination avec l'observation visuelle, la SAP peut augmenter considérablement l'efficacité de l'atténuation de l'impact acoustique sur les mammifères marins (IBAMA 2018). Le Brésil exige de l'exploitant qu'il soumette un projet ou un plan de SAP pour approbation dans le cadre du processus d'autorisation. Deux sections du Guide portent sur les exigences de base (notamment l'utilisation d'équipement de pointe, le nombre de récepteurs, le positionnement du réseau de commande de la SAP, les quarts de travail de l'opérateur de SAP et le mécanisme de réduction de la fatigue, l'utilisation recommandée du PAMGuard, la tenue de registres).

Il doit y avoir au moins 3, de préférence 4, opérateurs de SAP à bord du navire pour maintenir un fonctionnement 24 heures sur 24. Au moins deux de ces opérateurs devraient avoir une expérience reconnue à titre d'opérateur de SAP sur des navires sismiques.

Le Guide prévoit des seuils de vitesse du vent, de conditions météorologiques et d'état de la mer qui peuvent limiter l'efficacité des observations visuelles. Malgré ces limites, les observations visuelles pendant les heures de clarté devraient se poursuivre, même si la SAP est opérationnelle.

Pendant la nuit, ou si le navire opère durant une période de faible visibilité, l'acquisition sismique peut se poursuivre pendant une heure au maximum le long de la ligne sismique actuelle si le système de SAP est temporairement hors service. Le fonctionnement doit être suspendu après cette période si le système de SAP continue de mal fonctionner et si la visibilité ne s'est pas améliorée en raison de l'obscurité ou de mauvaises conditions météorologiques. En cas de défaillance du système de SAP pendant les périodes de bonne visibilité, les opérations sismiques doivent être autorisées exclusivement pendant la journée avec surveillance visuelle pendant une période maximale de 48 heures. À la fin de cette période, l'activité sismique devrait être interrompue jusqu'à ce que le système de SAP devienne fonctionnel.

Si l'observation visuelle devient possible pendant l'utilisation d'un système de SAP pour un démarrage de ligne ou un essai, il n'est pas nécessaire de recommencer la procédure d'observation visuelle de 30 minutes. Le balayage visuel simultané doit être effectué avec la SAP pendant les 30 premières minutes du balayage.

Le Guide fournit des exemples de ce qu'un opérateur de SAP doit prendre en compte si un mammifère marin est détecté, mais la distance par rapport à la grappe n'a pas été déterminée.

6.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Dans le cas de levés sismiques qui se chevauchent, des arrangements d'exploitation spéciaux pourraient être proposés, ainsi que l'adoption de mesures d'atténuation et de surveillance supplémentaires, par exemple, le refus de délivrer un permis.

Dans le cas d'un levé à large azimuth faisant appel à plusieurs navires, les observateurs et les opérateurs de SAP devraient être présents sur le navire où se trouve la source sismique. Si la géométrie d'acquisition fait appel à plusieurs sources en même temps, tous les navires où se trouve une source doivent être équipés d'observateurs et de systèmes de SAP.

Étant donné que le Guide traite à la fois de l'atténuation et de la surveillance, il fournit plusieurs pages de directives détaillées sur la collecte et la déclaration des données (en particulier la combinaison des données visuelles et des données de SAP).

Il n'y a aucune référence aux seuils acoustiques dans le Guide.

7.0 GROENLAND

Le document « Offshore Seismic Surveys in Greenland. Guidelines to Best Practices, Environmental Impact Assessments and Environmental Mitigation Assessments » du Groenland (DCE 2015) détaille les pratiques qui doivent être suivies dans les eaux groenlandaises afin de réduire les impacts sur les mammifères marins et les poissons en plus de fournir des conseils sur la préparation des évaluations environnementales. L'exploitant est tenu de présenter une étude d'impact sur l'environnement s'il existe un risque d'impacts importants. La modélisation acoustique est requise pour toutes les études d'impact sur l'environnement des programmes sismiques. Si le risque est jugé mineur, l'exploitant doit soumettre une évaluation d'atténuation environnementale.

Les lignes directrices désignent, et illustrent sur des cartes, deux types de zones liées à la présence de mammifères marins : les zones préoccupantes et les zones fermées. Les *zones préoccupantes* sont celles où l'on trouve des espèces vulnérables particulières de phoques, de morses et de baleines et où il existe un risque de chevauchement avec les levés sismiques. Si des études sismiques doivent chevaucher ces zones pendant la saison indiquée sur la carte, des réglementations particulières destinées à protéger ces espèces contre les perturbations peuvent être introduites, en particulier si de nouvelles informations sur l'abondance et la présence de ces mammifères marins particuliers ont été obtenues. Cette réglementation peut faire référence à des mesures d'atténuation telles que la densité des lignes, le niveau de la source de la grappe de bulleurs, la fermeture temporaire de zones, etc.

En règle générale, dans les *zones fermées* les levés sismiques ne sont pas possibles. Toutefois, des levés sismiques limités peuvent être autorisés après une demande particulière comprenant un programme de tir détaillé et une proposition d'études d'impact sur le mammifère marin en question. Un levé sismique limité signifie qu'une seule entreprise exerce ses activités, que seulement quelques lignes courtes sont placées à l'intérieur de la zone protégée et qu'elles sont largement espacées (supérieur à 10 km).

7.1 PLANIFICATION DES LEVÉS SISMQUES

Les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales doivent être mises en œuvre et utilisées afin de minimiser les impacts environnementaux. Lors de la planification d'un levé sismique (DCE 2015), il faut :

- choisir les niveaux de puissance les plus bas possible pour atteindre les objectifs géophysiques du levé.
- chercher des méthodes permettant de réduire ou d'atténuer les bruits haute fréquence inutiles produits par les canons à air et améliorer la possibilité de les diriger.
- déterminer quelles espèces de mammifères marins sont susceptibles d'être présentes dans la zone visée par le levé et évaluer s'il y a des considérations saisonnières ou liées à l'habitat qui doivent être prises en compte, par exemple, les périodes de migration, de reproduction, de mise bas ou de présence des petits.
- se renseigner sur d'autres levés sismiques prévus dans les zones avoisinantes de délivrance de permis au Groenland et au Canada.

7.2 ZONE DE SÉCURITÉ ET ACTIVATION DES BULLEURS

Le Groenland a adopté la zone d'exclusion de 500 m du centre de la grappe de l'Énoncé des pratiques canadiennes (DEC 2015). Une observation préalable au tir doit normalement être effectuée sur une période de 30 minutes avant le début de toute utilisation des bulleurs. L'observateur des mammifères marins et des oiseaux de mer (OMMOM) doit effectuer une évaluation visuelle pour déterminer si des mammifères marins se trouvent à moins de 500 mètres du centre de la grappe de bulleurs. Toutefois, dans les eaux profondes (profondeur supérieure à 200 m), l'observation préalable au tir doit être prolongée à 60 minutes, car on sait que les espèces qui plongent en profondeur (par exemple, le cachalot et les baleines à bec) plongent pendant plus de 30 minutes.

Si des mammifères marins sont détectés (par l'OMMOM) dans cette zone pendant l'observation avant le tir, l'intensification des sources sismiques sera retardée jusqu'à leur passage, ou jusqu'à ce que le passage du navire ait pour conséquence que les mammifères marins se trouvent à plus de 500 m de la source. Dans les deux cas, il y aura un délai de 20 minutes entre le moment de la dernière observation à moins de 500 mètres de la source et le début de l'intensification, afin de déterminer si les animaux ont quitté la zone.

Si des mammifères marins sont susceptibles d'être présents dans la zone, les activités sismiques peuvent, dans la mesure du possible, ne commencer que pendant le jour, lorsque l'atténuation visuelle par l'OMMOM est possible. C'est l'OMMOM qui détermine si une atténuation visuelle est possible ou non.

Une intensification (du début de l'intensification au début de la ligne) ne doit pas dépasser 20 minutes (par exemple, une intensification de plus de 40 minutes est excessive). Une fois que l'intensification a été effectuée et que les bulleurs sont à pleine puissance, la ligne de levé doit démarrer immédiatement. Dans la mesure du possible, les intensifications doivent être planifiées de manière à commencer en plein jour.

Les levés de site et les levés de profilage sismique vertical (PSV) doivent utiliser la procédure d'observation préalable au tir et la procédure d'intensification. L'utilisation d'un « mini-bulleur » (un seul bulleur ayant un volume inférieur à 10 po³) ne nécessite pas d'intensification, mais une observation préalable au tir doit tout de même être effectuée.

Au moins quatre observateurs de mammifères marins et d'oiseaux de mer formés, dont deux opérateurs de SAP certifiés, doivent se trouver à bord des navires sismiques opérant dans les eaux du Groenland. Les observateurs doivent être formés à la méthodologie d'observation et à l'atténuation des impacts sur les mammifères marins. Au moins deux d'entre eux doivent être certifiés pour le fonctionnement du système de SAP, y compris le dépannage du système. Les OMMOM doivent documenter leurs compétences en identification et en enregistrement des mammifères marins et des oiseaux de mer du Groenland. Deux OMMOM devraient être postés sur le site d'observation au moment des tirs.

Les OMMOM ont trois tâches :

- Surveiller la zone d'exclusion de 500 m pour les mammifères marins avant le démarrage et pendant les levés sismiques.
- Recueillir des données sur l'abondance et la répartition des oiseaux de mer et des mammifères marins au moyen d'enquêtes systématiques.
- Exploiter le système de SAP, ce qui exige qu'au moins deux des OMMOM soient des opérateurs de SAP certifiés.

7.3 ARRÊT DES BULLEURS

Si des mammifères marins sont détectés dans la zone d'exclusion (même lorsqu'ils sont sur la glace, c.-à-d. des ours polaires) pendant que les bulleurs tirent à pleine puissance ou pendant l'intensification, le tir doit être réduit au plus petit bulleur de la grappe (*canon d'atténuation*), ce qui devrait empêcher les animaux de s'approcher davantage de la grappe. La pleine puissance peut être rétablie dès que les animaux se trouvent à l'extérieur de la zone d'exclusion de 500 m.

7.4 INTERVALLES ENTRE LES LIGNES DU LEVÉ ET L'ARRÊT DES BULLEURS À DES FINS D'ENTRETIEN

Si un changement de ligne doit durer *plus d'une heure*, il faut arrêter le bulleur à la fin de la ligne et effectuer une observation complète avant le tir et une intensification 20 minutes avant la ligne suivante. Si l'on s'attend à ce qu'un changement de ligne dure *moins d'une heure*, la grappe doit être exploitée à une puissance plus faible ou avec un canon d'atténuation et les OMMOM doivent rester en surveillance. Avec les petits bulleurs (levés de site), l'intervalle de point de tir peut être augmenté jusqu'à un maximum de 5 minutes pendant le virage. S'il n'y a pas de mammifères marins dans la zone d'exclusion de 500 m, les bulleurs peuvent être redémarrés à pleine puissance au début de la nouvelle ligne sismique. Si un mammifère marin est aperçu, le navire doit attendre 20 minutes après que le mammifère marin a quitté la zone d'exclusion pour procéder à l'intensification.

Des essais de bulleurs peuvent être nécessaires avant le début d'un levé, ou pour vérifier les bulleurs endommagés ou défectueux après la réparation ou pour mettre à l'essai de nouvelles grappes. Si l'intention est de tester tous les bulleurs à pleine puissance, une intensification de 20 minutes est requise. Si l'intention est de tester un seul bulleur à faible puissance, il n'est pas nécessaire de procéder à une intensification. Si l'intention est de tester un seul bulleur ou un certain nombre de bulleurs à haute puissance, le bulleur ou les bulleurs devraient d'abord être tirés à une puissance inférieure, puis augmentés au niveau de l'essai requis. Ces essais devraient être effectués sur une période proportionnelle au nombre de bulleurs à tester et, idéalement, ne pas dépasser 20 minutes.

Les OMMOM doivent assurer une surveillance avant tout essai de bulleur.

Si, pour une raison ou pour une autre, le tir des bulleurs s'est arrêté et n'a pas repris pendant au moins 10 minutes, une intensification de 20 minutes doit être effectuée. S'il n'y avait pas d'OMMOM sur place avant la pause, une observation préalable au tir doit également être effectuée. L'OMMOM doit effectuer une évaluation visuelle entre 5 et 10 minutes des mammifères marins (et non une observation préalable au tir, étant donné qu'un OMMOM était en service immédiatement avant l'arrêt) dans la zone d'exclusion de 500 mètres. Si un mammifère marin est détecté alors que les bulleurs ne tirent pas, l'OMMOM doit conseiller de retarder le début du tir, conformément aux procédures d'observation et d'intensification préalable au tir. S'il n'y a pas de mammifères marins, l'OMMOM peut conseiller de commencer le tir des bulleurs. Si la pause dure moins de 5 minutes, les bulleurs peuvent démarrer immédiatement à pleine puissance. Dans la mesure du possible, le canon d'atténuation devrait demeurer allumé lorsque la grappe est complètement arrêtée.

7.5 LEVÉS EN SITUATION DE VISIBILITÉ RÉDUITE

Lorsque l'observation visuelle n'est pas propice à l'atténuation (par exemple, pendant les périodes d'obscurité, de mauvaise visibilité ou lorsque l'état de la mer est supérieur à 3), la SAP sera utilisée pour augmenter les compétences des observateurs. Si la SAP est utilisée, il incombe à l'opérateur de SAP d'évaluer toute détection acoustique et de déterminer s'il est probable qu'il y ait des mammifères marins dans l'eau à moins de 500 mètres de la source. Si l'opérateur de SAP considère que des mammifères marins sont présents dans le rayon d'action, alors le début de l'opération sera retardé comme indiqué ci-dessus.

Le Centre danois pour l'environnement et l'énergie encourage l'utilisation du PAMGuard ou d'un outil semblable.

7.6 MESURES D'ATTÉNUATION ADDITIONNELLES OU MODIFIÉES

Les lignes directrices stipulent que l'évaluation des impacts doit inclure les impacts cumulés, dont les autres levés sismiques (y compris ceux réalisés par plusieurs exploitants sismiques) dans la même zone générale (simultanément, antérieurement et si possible, aussi à l'avenir) et d'autres activités perturbatrices telles que la pêche.

Une partie importante de l'étude d'impact sur l'environnement sera un modèle prédictif de la propagation prévue du bruit des activités sismiques. Le modèle doit être à la fine pointe de la technologie et s'appuyer sur des données environnementales valides et à jour recueillies dans la zone concernée. Le modèle doit inclure un nombre pertinent d'échantillons de positions à des distances pertinentes du levé sismique. Le modèle doit inclure des fréquences jusqu'à au moins 48 kHz à des portées allant jusqu'à 20 km et des fréquences jusqu'à 20 kHz au-delà de 20 km. Les niveaux de bruit à présenter dans le modèle sont les niveaux de pression acoustique de pointe à pointe de 1 μPa (pointe à pointe), les niveaux de pression acoustique de valeur efficace de 1 μPa (valeur efficace mesurée sur 90 % de la durée de l'impulsion) et les niveaux d'exposition au bruit référencés à 1 $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ par impulsion. Pour l'évaluation des effets cumulatifs, le niveau d'exposition au bruit total (pour toutes les impulsions du bulleur et tous les levés et activités simultanés dans la zone) par 24 heures doit être présenté.

L'exposition au bruit réelle dans la zone modélisée doit être documentée à des endroits choisis et représentatifs pendant le levé sismique. La surveillance peut être effectuée sur la totalité ou une partie importante de la période de levé au moyen d'enregistreurs de données autonomes déployés, ou des mesures peuvent être obtenues à partir d'un navire de mesure pendant une partie représentative du levé.

Les enregistrements doivent être faits à plusieurs profondeurs pour chaque position, de préférence jusqu'à la profondeur maximale utilisée par les espèces dans la zone, mais au

moins jusqu'à une profondeur inférieure à la vitesse sonore minimale, déterminée à partir du profil vertical de la vitesse du son. Au moins trois intervalles d'enregistrement doivent être échantillonnés, jusqu'à une distance d'au moins 50 km de la zone de levé. Les profils de vitesse du son doivent être obtenus à chaque position d'enregistrement, directement ou à partir de mesures synchrones de la profondeur, de la salinité et de la température (mesures CTP).

Les directives relatives au poisson et à la pêche comprennent une recommandation générale de communiquer avec l'association de pêche et de chasse avant la mise en œuvre du programme et d'inviter un agent de liaison des pêches à bord, le cas échéant. Les lignes directrices précisent qu'il n'y a actuellement pas de mesures pour protéger les zones de frai, même si cela pourrait changer pour la morue à l'avenir.

8.0 NORVÈGE

Le document « Implementation of seismic surveys on the Norwegian Continental Shelf » (Norvège; document non daté) (Mise en œuvre des levés sismiques sur le plateau continental norvégien) est le document d'orientation de la Norvège pour la réalisation de levés sismiques sur le plateau continental norvégien. Il est fondé en partie sur le chapitre 2 du *Regulations relating to resource management in the petroleum activities (Resource Management Regulations)* (Règlement sur la gestion des ressources dans les activités pétrolières [Règlement sur la gestion des ressources]).

Le Guide norvégien est exclusivement consacré aux poissons et à la pêche, sans aucune directive sur les effets néfastes potentiels sur les mammifères marins.

La section 8 du Règlement sur la gestion des ressources stipule que « lorsque des levés sismiques sont amorcés, la source sonore doit être mise en marche graduellement pour donner aux poissons et aux mammifères marins l'occasion de quitter la zone autour du levé. »

8.1 ATTÉNUER LES EFFETS POTENTIELS SUR LE POISSON

Aucune restriction n'est imposée aux levés sismiques en ce qui concerne les dommages causés aux œufs, aux larves et aux alevins de poissons. Des restrictions sur l'activité sismique ont été mises en œuvre dans les zones où il y a d'importantes frayères et dans les zones où des migrations de reproduction concentrées ont lieu. Les restrictions de temps et de zone sont propres à chaque bloc et sont précisées dans les annonces des différents cycles d'octroi de permis.

8.2 ATTÉNUER LES EFFETS POTENTIELS SUR LA PÊCHE

Au plus tard cinq semaines avant le début des activités de levé, le titulaire de permis doit présenter les détails du levé à la direction norvégienne du pétrole, à la direction de la pêche, à l'institut de recherche marine et au ministère de la Défense.

Avant de procéder à un levé sismique, le titulaire de permis doit décider si le levé aurait pu être mené à un endroit différent, à un autre moment ou d'une manière qui serait préférable pour les pêcheurs, sans conséquences pratiques ou économiques majeures pour le titulaire de permis. Si les titulaires de permis n'ont pas inclus ces considérations et évaluations dans leur planification, il pourrait être difficile de déterminer si le levé complique inutilement d'autres intérêts commerciaux ou y nuit. Il est donc important que les titulaires de permis démontrent et documentent qu'ils ont tenu compte de ces facteurs dans leur planification.

La Loi sur les ressources marines et la Loi sur le pétrole ainsi que le Règlement connexe fournissent des lignes directrices concernant l'obligation de rendement des navires sismiques et d'autres facteurs tels que le maintien d'une distance de sécurité par rapport aux équipements

de pêche fixes et aux navires de pêche dans les pêcheries. Les escorteurs ne peuvent pas ordonner aux navires de pêche de s'écarter du navire sismique, et la communication avec les navires de pêche doit se faire principalement par l'intermédiaire du navire où se trouve la source sismique.

L'article 10-1, deuxième paragraphe, première phrase, de la *Loi sur le pétrole* est libellé comme suit :

[Traduction] « *Les activités pétrolières ne doivent pas inutilement ou dans une mesure déraisonnable entraver ni gêner la navigation, la pêche, l'aviation ou d'autres activités, ni causer ou menacer de causer des dommages aux pipelines, câbles ou autres installations sous-marines. Toutes les précautions raisonnables doivent être prises pour éviter de porter atteinte à la vie animale et à la végétation dans la mer.* » Cela suppose que les acteurs de l'industrie pétrolière doivent tenir compte des autres industries et des utilisateurs de la mer lorsqu'ils planifient leurs activités.

Si un titulaire de permis ne se conforme pas aux dispositions de l'article 10-1 de la *Loi sur le pétrole*, le gouvernement peut intervenir et suspendre les activités. Ces injonctions visant à suspendre des activités sont invasives et auront des conséquences économiques majeures (Norvège non datée).

On ne peut s'attendre à ce que toutes les acquisitions de données sismiques se fassent uniquement en période de faible activité de pêche. Les conditions météorologiques et les contraintes de temps dues, par exemple, au frai peuvent laisser entendre que le titulaire de permis dispose d'un temps très limité pour mener les levés et qu'il doit donc mener les levés même s'il y a des activités de pêche importantes dans le secteur.

L'article 5, premier paragraphe du Règlement sur la gestion des ressources, indique :

[Traduction] « *Les navires effectuant des levés sismiques doivent maintenir une distance sécuritaire par rapport aux navires menant des activités de pêche et de l'équipement de pêche fixe et flottant. Il faut porter une attention particulière lorsqu'une accumulation de bateaux de pêche est observée.* »

Le Règlement sur le pétrole indique que les navires effectuant des levés sismiques doivent avoir à leur bord un expert de la pêche lorsque les opérations de pêche dans la zone visée le nécessitent. L'expert en pêches doit de préférence participer au levé, mais pas après la réunion de lancement. Lors de cette réunion, l'expert en pêches devrait donner une séance d'information sur toute activité de pêche prévue en se fondant sur l'information obtenue et sur celle contenue dans l'évaluation de la Direction des pêches. L'expert doit obtenir une vue d'ensemble des navires dans la zone et devrait, bien avant le début de l'acquisition, communiquer avec les navires de pêche qui pourraient être touchés par les levés sismiques et recueillir leur point de vue ainsi que des renseignements leurs projets. Ainsi, l'acquisition sismique peut être ajustée et adaptée au bénéfice des deux industries.

Dans certains cas, le titulaire de permis qui recueille des données sismiques peut choisir d'avoir deux experts en pêches à bord. L'avantage est qu'un expert en pêches sera présent sur le pont en tout temps.

Les personnes qui agissent à titre d'experts en pêches doivent avoir réussi un examen dans le cadre d'un cours reconnu. Ceux qui participent au cours doivent maîtriser le norvégien et l'anglais et être en mesure de prouver qu'au cours des cinq dernières années, ils ont été des pêcheurs actifs pendant au moins douze mois consécutifs. Il doivent aussi prouver qu'ils possèdent des connaissances sur les activités de pêche dans les eaux où le navire sismique

sera exploité. Un minimum d'un an d'expérience à titre de capitaine ou premier officier est également requis.

L'expert en pêches doit, tous les cinq ans après avoir réussi le cours, être en mesure de prouver qu'au cours des cinq dernières années, il a été pêcheur actif ou expert en pêches pendant au moins douze mois consécutifs.

9.0 RÉFÉRENCES

- BOEM (United States Bureau of Ocean Energy Management). 2014. [RECORD OF DECISION Atlantic OCS Proposed Geological and Geophysical Activities Mid-Atlantic and South Atlantic Planning Areas, Final Programmatic Environmental Impact Statement \(PEIS\)](#). United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management..
- BOEM. 2016. [Notice to Lessees and Operators \(NTL\) of Federal Oil, Gas, and Sulphur Leases in the OCS, Gulf of Mexico OCS Region. Implementation of Seismic Survey Mitigation Measures and Protected Species Observer Program](#). BOEM NTL 2016-G02. United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico Outer Continental Shelf (OCS) Region.
- DCE (Danish Centre for Environment and Energy). 2015. Offshore Seismic Surveys in Greenland. [Guidelines to Best Practices, Environmental Impact Assessments and Environmental Mitigation Assessments](#). Nov 2015, 48 p.
- DEWHA (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts). 2008. EPBC Act Policy [Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales](#). September 2008.
- DOC (New Zealand Department of Conservation). 2013. [2013 Code of Conduct for Minimising Acoustic Disturbance to Marine Mammals from Seismic Survey Operations](#). Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 30 p.
- Hilcorp 2018. 2019 [Lower Cook Inlet 3D Seismic Survey Environmental Evaluation Document](#). Hilcorp LLC, Anchorage, Alaska
- IBAMA (Brazil Institute of Environment and Natural Resources). 2005. [Monitoring Guide for Monitoring Marine Biota During Seismic Data Acquisition Activities](#). April 2005.
- IBAMA. 2018. Monitoring Guide for Monitoring Marine Biota During Seismic Data Acquisition Activities. October 2018. Translated by Google Translate from Portuguese to English.
- JNCC 2017. [JNCC guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys](#). Joint Nature Conservation Committee, Aberdeen UK, 26 p.
- NOAA (United States National Oceanic and Atmospheric Administration). 2018. [Takes of Marine Mammals Incidental to Specified Activities; Taking Marine Mammals Incidental to Geophysical Surveys in the Atlantic Ocean](#). Federal Register / Vol. 83, No. 235 / Friday, December 7, 2018.
- NOPSEMA (Australian National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority). 2018. Information Paper. [Acoustic impact evaluation and management](#). September 2018.
- Norway (undated). [Implementation of seismic surveys on the Norwegian Continental Shelf](#) Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, Ministry of Petroleum and Energy.
- Norwegian Petroleum Directorate. 2015. [Act 29 November 1996 No. 72 relating to petroleum activities, last amended June 2015](#) (Petroleum Act).

-
- Norwegian Petroleum Directorate. 2017. [Regulations relating to resource management in the petroleum activities \(Resource Management Regulations\)](#). December 13, 2017.
- Nowacek, D.P. and B.L. Southall. 2016. Effective planning strategies for managing environmental risk associated with geophysical and other imaging surveys. Gland, Switzerland: IUCN. 42 p. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-053.pdf>.
- Offshore Technology. 2018. [Countries working towards ending oil exploration](#). Offshore Technology. July 3, 2018.
- Wright, A., F. Robertson, and A.M. Cosentino (eds). 2016. Incorporating new mitigation technologies into guidelines for seismic surveys and other underwater acoustic activities: Producing performance standards. Marine Species and Threats, Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 27 p.