



## Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères marins

### Renseignements de base

*Un inventaire des facteurs écologiques que le MPO devrait considérer lors de l'examen préalable des projets de prospection sismique dans les eaux canadiennes a été établi lors d'un atelier de travail, tenu en mars 2003, dont l'objectif était d'élaborer un cadre décisionnel pour l'examen préalable de ces projets. Les sources d'incertitude quant aux effets des bruits sismiques sur ces facteurs écologiques et les manières de présenter cette incertitude dans des documents d'évaluation scientifique des impacts possibles ont aussi été discutées. On n'a toutefois pas tenté de faire une revue critique des ouvrages scientifiques sur les impacts des bruits sismiques ou l'efficacité de mesures d'atténuation. Conséquemment, ni les marges de tolérance des impacts écologiques, s'il en existe, ni les normes opérationnelles visant à assurer le respect de ces marges, n'ont été couvertes.*

*À la suite de l'atelier de travail, des équipes de scientifiques ont préparé une revue exhaustive des publications spécialisées primaires et secondaires portant sur des études expérimentales et la surveillance sur le terrain des effets des sons, en particulier les bruits sismiques, sur les organismes marins. Des analyses ont aussi été effectuées par des contractuels sur les normes et les mesures d'atténuation appliquées par d'autres organismes nationaux et internationaux chargés de la réglementation des relevés sismiques effectués dans les écosystèmes marins, ainsi que sur les forces et les faiblesses des divers modèles de propagation des sons dans le milieu marin. Ces documents ont été passés en revue lors d'une réunion du Processus consultatif national portant sur le cadre d'évaluation des impacts des relevés sismiques, tenue en mai 2004, bien que, en raison du manque de temps, un examen critique détaillé du document sur les normes et les mesures d'atténuation n'a pu être effectué.*



Figure 1 : Carte du Canada

### Sommaire

- D'après les données disponibles, on peut conclure que les bruits sismiques émis dans le milieu marin ne sont pas complètement sans répercussions, mais il n'est également pas certain qu'ils résultent en dommages graves et irréversibles pour l'environnement. Toutefois, parmi la large gamme des effets entre ces deux extrêmes, il existe de nombreuses répercussions nuisibles *potentielles*. Les risques que posent ces répercussions sont en général mal quantifiés, souvent inconnus, et susceptibles de varier selon les conditions du milieu et la condition des organismes exposés aux sons. Des relevés sismiques sont effectués en mer depuis longtemps à l'échelle planétaire sans qu'ils n'aient donné lieu à des mortalités documentées de poissons ou d'invertébrés, mais seulement à des éléments circonstanciels les associant à de rares échouements de mammifères marins et de calmars géants. Ceci suggère que des relevés sismiques assujettis aux mesures d'atténuation courantes en place sont peu probables de poser un risque élevé de mortalité chez

les organismes marins. Cet énoncé doit toutefois être nuancé, parce que des effets sublétaux ou à plus long terme pourraient s'être produits mais ne pas avoir été décelés lors des programmes typiques de surveillance mis en place.

- Les réponses comportementales immédiates des organismes marins à l'exposition à des bruits sismiques, en particulier celles des mammifères marins, sont bien documentées. On pense entre autres aux comportements d'évitement du secteur où les sons sont produits ou à la diminution des vocalisations. Les conséquences potentielles à long terme de ces changements de comportement à court terme sont l'objet d'un débat entre les spécialistes. Ce débat est en grande partie spéculatif car peu de données empiriques sont disponibles pour établir la probabilité que se produise la chaîne complète d'événements menant à des conséquences graves à long terme résultant des réponses comportementales à court terme. Les probabilités combinées que tous les événements de la chaîne se produisent constituent le véritable risque à gérer.
- Quel que soit le niveau absolu de risque que posent les bruits sismiques, il existe des mesures d'atténuation qui, selon les éléments probants disponibles, permettent de réduire les risques à divers degrés et parfois substantiellement. L'efficacité de mesures particulières d'atténuation n'a pas été évaluée en détail lors de la réunion, mais on a convenu de façon générale qu'elle dépendait de l'effet escompté et de la mise en oeuvre. L'impact de la mise en oeuvre de certaines mesures d'atténuation sur les activités de prospection sismique, tel ne pas mener des relevés à certaines périodes ou à des endroits critiques, est aussi fonction de nombreux facteurs, mais pourrait parfois être important. Il est évident que beaucoup plus de recherche et d'activités de surveillance sont nécessaires afin de clarifier et de mieux quantifier les risques et les effets incertains, s'ils se produisent, et pour

évaluer l'efficacité de mesures d'atténuation permettant de contrer une liste plus complète d'effets potentiels. À cette fin, certains secteurs clés de recherche sont énumérés ci-dessous.

## ***Introduction***

En mai 2004, un groupe de scientifiques du MPO, d'autres agences fédérales et internationales, de l'industrie sur l'exploration d'hydrocarbure ainsi que des groupes environnementaux, ont passé en revue la littérature primaire et secondaire des études expérimentales et de surveillance en mer sur les effets des sons, particulièrement les sons sismiques, sur les organismes marins. Cette réunion a permis d'établir que l'information disponible sur essentiellement tous les aspects des impacts des bruits sismiques sur les écosystèmes marins était incomplète à divers degrés. Malgré cela, les documents de travail et les délibérations ont permis le regroupement d'un ensemble de renseignements qui ont permis de formuler les conclusions suivantes.

Ces conclusions serviront de fondement scientifique à l'élaboration d'un cadre de réglementation de l'utilisation de sons dans les milieux aquatiques, au moins pour les fréquences utilisées pour la prospection sismique. Certaines des conclusions tirées d'études en laboratoire pourraient être applicables à des fréquences plus élevées, mais lors de l'évaluation, l'accent a été mis sur les études scientifiques s'appliquant directement aux bruits sismiques. Ces conclusions serviront aussi de fondement scientifique à une démarche intégrée de gestion des incidences anthropiques sur les écosystèmes marins et d'examen préalable des projets de prospection sismique au niveau régional et national au sein du MPO.

## ***Préoccupation relative à l'habitat***

La préoccupation principale lors de la revue était l'effet des sons, particulièrement les

sons sismiques, sur les organismes marins. L'avis d'experts a été recueilli pour assurer un fondement scientifique à l'élaboration d'un cadre de réglementation de l'utilisation de sons dans les milieux aquatiques, au moins pour les fréquences utilisées pour la prospection sismique.

des bruits sismiques aurait réduit la base de l'information, déjà mince, à un point qui n'aurait pas permis d'étayer quelque conclusion que ce soit à un niveau de confiance acceptable. Nous avons donc élargi notre champ de recherche de renseignements pertinents.

## Considérations de gestion

### Considérations générales :

- 1) Les énoncés et conclusions qui suivent reposent sur les renseignements disponibles présentés lors de l'atelier de travail sur le cadre d'évaluation des impacts des relevés sismiques. Des recherches supplémentaires sont requises dans de nombreux domaines et un certain nombre d'entre elles sont identifiées dans le procès-verbal de la réunion. Ces énoncés et conclusions devraient être réévalués à mesure que de nouveaux renseignements sont disponibles.
  - 2) Lorsque l'on considère les impacts possibles des bruits sismiques sur l'écosystème marin, il est logique d'inclure ces considérations dans le cadre plus vaste des incidences de tous les bruits anthropiques sur l'écosystème. Les principales sources de bruits anthropiques qu'il serait approprié de considérer dans un contexte général sont les bruits sismiques, le trafic maritime, les explosifs, la construction et le SONAR à basse fréquence. En outre, la portée des impacts du bruit dans l'environnement, s'il y a lieu, devrait être évaluée dans le contexte d'autres utilisations de l'écosystème.
  - 3) En raison de la rareté de renseignements scientifiques, notamment de ceux tirés d'expériences en mer portant sur les poissons, les invertébrés et les gros mammifères marins, il est extrêmement difficile d'évaluer les impacts d'un type particulier de bruits sismiques, ou plus généralement du bruit, sur une espèce en particulier. Ne considérer que les impacts
- 4) Ce n'est pas seulement pour des raisons de commodité que nous avons élargi notre champ de recherche de renseignements au-delà des publications sur les effets des bruits sismiques sur les espèces marines. Étant donné la rareté de renseignements solides sur de si nombreuses facettes de ce problème multidimensionnel, il est probable que seule une vue d'ensemble de toutes les sources de renseignements disponibles nous permettra de faire une évaluation utile du risque.
  - 5) De nombreuses conclusions ont trait à la probabilité que divers effets biologiques se produisent si les animaux sont exposés à des bruits sismiques. Ici, il s'agit d'une probabilité relative, qui n'est pas le produit d'évaluations quantitatives du risque puisque les renseignements disponibles ne permettent pas d'en faire. Établir qu'un événement a une « forte probabilité » de se produire ne signifie pas que nous nous attendons forcément à ce qu'il se produise chez neuf animaux exposés au bruit sur dix, ou même dans neuf de dix réplifications d'une même expérience. Cela signifie plutôt que, en comparaison de la probabilité attendue pour l'événement en l'absence de bruits sismiques, celle-ci a augmenté considérablement, et que cet événement serait observé si recherché avec une diligence appropriée. Il se peut par ailleurs que ce ne soit pas un événement typique. Lorsqu'il est possible de quantifier la probabilité d'un événement, nous utilisons le terme « probabilité » plutôt que « vraisemblance ».
  - 6) Les conclusions qui suivent font souvent allusion aux « bruits sismiques » et « conditions de prospection en mer ». Ces

expressions sont utilisées au sens familier et ne sont pas prescriptives. Dans le présent document, l'expression « bruits sismiques » désigne généralement les ondes produites par les types de canons à air et les réseaux de canons à air normalement utilisés à l'heure actuelle dans les eaux canadiennes. L'expression « conditions de prospection en mer » fait référence aux relevés sismiques 2-D et 3-D faisant appel à des mesures comme l'élévation graduelle du niveau de bruit au départ, et à la cessation de l'émission des sons lorsque des cétacés se trouvent à proximité du lieu de prospection.

- 7) Il est probable que la vraisemblance et la gravité des effets biologiques qui peuvent résulter des relevés sismiques varient en fonction des conditions environnementales locales (couverture de glace, topographie du fond marin, état de la mer, etc.) et de la condition des organismes (état de reproduction, état nutritif, etc.). L'évaluation du risque et du potentiel d'atténuation de ces effets devrait tenir compte de ces facteurs, mais il n'est pas nécessaire que les cadres réglementaires soient assortis de règles complexes pour être efficaces.

#### Limites imposées aux conclusions quantitatives :

- 8) On a convenu que l'aspect biologiquement important des bruits sismiques est le « son capté » par le(s) organisme(s) qui peuvent être potentiellement touchés. Mais le « son capté » est multidimensionnel. Les bruits sismiques (ou le bruit en général) peuvent être caractérisés par leur spectre de fréquences (énergie ou pression acoustiques en fonction de la fréquence acoustique), la pression acoustique de crête (un concept du domaine temporel, référant à l'amplitude instantanée maximale du signal de pression), la pression acoustique efficace (moyenne quadratique temporelle des pressions acoustiques instantanées calculée sur un intervalle de temps donné), le niveau

d'exposition au bruit (une mesure de la « dose » d'énergie acoustique captée sur un intervalle de temps) et par d'autres moyens.

- 9) Les mécanismes par le biais desquels l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en des impacts biologiques sont suffisamment divers qu'il se peut qu'un seul paramètre ne puisse suffire à décrire le risque d'impacts d'un type particulier de bruits sismiques. Certains mécanismes peuvent être convenablement caractérisés par un ou deux de ces paramètres, tandis que d'autres peuvent ne l'être par aucun d'eux. Par exemple, il se peut que la pression acoustique de crête soit le paramètre le plus pertinent pour ce qui est du risque de traumatisme, alors que la pression acoustique efficace peut être celui qui est le plus pertinent pour les effets non traumatiques, comme les élévations temporaires du seuil d'audition. La bande de fréquences, l'intensité et la durée d'exposition contribuent toutes aux effets auditifs parce que, bien que l'effet auditif doit se produire dans les limites de la bande de fréquences d'exposition, nous prévoyons qu'il sera plus grand dans les limites du domaine des fréquences audibles par une espèce et diminuera aux marges de son seuil auditif.
- 10) De nombreuses études sur les incidences des bruits sismiques sur les animaux marins ne rendent pas compte de tous les renseignements sur les sons utilisés ou captés. Cette pratique mène souvent à l'élimination de renseignements importants et rend très difficile la comparaison des résultats d'une étude à l'autre.
- 11) Bien que les expériences sérieuses devraient être en mesure de déterminer quelle(s) caractéristique(s) du stimulus sonore cause (causent) les réactions observées (lorsqu'elles se produisent), les ouvrages publiés sur des expériences portant sur des poissons et des invertébrés marins décrivent rarement en

---

détail suffisamment de caractéristiques des sons utilisés pour permettre d'interpréter avec confiance les observations biologiques.

- 12) Les ouvrages publiés sur des expériences portant sur l'exposition des mammifères marins à des stimuli sonores et sur leur observation sur le terrain suite à de tels stimuli sont plus nombreux que les ouvrages publiés sur les effets de ces stimuli sur d'autres organismes marins. Les premiers constituent alors probablement un fondement plus solide (mais encore partiel) pour établir des seuils. Toutefois, les résultats, lorsque considérés dans leur ensemble, sont complexes et incohérents et n'ont pas permis de s'entendre sur les seuils quantitatifs pour les impacts sur les mammifères marins, même lorsque les résultats étaient issus d'études donnant des descriptions adéquates des caractéristiques des sons. L'évaluation détaillée en voie d'être faite par le groupe d'experts sur les critères acoustiques du NMFS couvre mieux ces renseignements, et pourrait contenir une synthèse quantitative des relations entre les stimuli et les réponses reposant sur les renseignements disponibles à l'heure actuelle. Cette évaluation, lorsqu'elle sera diffusée, constituera peut-être une source utile de renseignements pour définir les seuils de tolérance réglementaires. Lorsque les niveaux de sensibilité des tortues, des poissons ou des invertébrés marins sont documentés comme étant supérieurs à ceux des mammifères marins, les normes, lignes directrices et/ou règlements canadiens devraient en tenir compte. Nous avons formulé l'hypothèse que les espèces sédentaires qui ne peuvent pas quitter un secteur exposé à des bruits sismiques peuvent connaître des niveaux plus élevés d'exposition que les animaux mobiles et les mesures de gestion devraient aussi tenir compte de ce fait.
- 13) Le « degré d'importance » écologique peut être une expression chargée de

sens, quoique, dans les conclusions qui suivent, le terme « important » n'est utilisé que dans le contexte des secteurs de responsabilité du MPO. Plus précisément, le MPO est responsable de la conservation des espèces aquatiques (sauf les oiseaux) et des écosystèmes, et lorsque des incidences nuisibles à l'échelle d'une population sont considérées comme probables, le MPO doit voir à ce qu'elles soient atténuées ou corrigées. De même, dans le cas des espèces aquatiques protégées en vertu de l'Annexe 1 de la LEP, s'il est probable que des individus soient tués, qu'ils soient blessés ou qu'ils soient harcelés, le MPO doit soit prendre des mesures pour réduire les impacts ou accorder un permis en vertu des dispositions de l'article 73 de la LEP.

#### Autres limites :

- 14) Des effets sublétaux sur des organismes marins ont été signalés dans un certain nombre d'études, notamment des teneurs élevées de composantes chimiques causées par le stress et des dommages aux oreilles ou à d'autres structures morphologiques. Le peu d'études à long terme sur les organismes marins exposés à des bruits sismiques signifie que les conséquences à long terme de ces effets, lorsqu'ils se produisent, demeurent inconnues.
- 15) Le degré de gravité des impacts au niveau d'une population peut être plus élevé dans le cas d'un effet comme le masquage, s'il se produit, parce que le masquage peut toucher une très grande région géographique dans le cas des sons de basse fréquence. En outre, les signes immédiatement observables qu'un effet de masquage s'est produit peuvent être peu nombreux, de sorte qu'il est moins probable que des mesures d'atténuation soient déclenchées que cela ne serait le cas si des animaux étaient tués à la suite d'un traumatisme (une conséquence plus facilement observable et plus limitée sur le plan géographique).

**Conclusions au sujet des  
poissons****Effets physiques**

- 1) Il n'existe aucun cas documenté de mortalité de poissons imputable à l'exposition à des bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer. En ce qui concerne la détectabilité de mortalités de poissons, si elles se produisent, on a noté qu'au Canada, les relevés sismiques comprennent souvent, mais non systématiquement, la participation de bateaux de queue chargés de déceler les mortalités de poissons et qu'aucune mortalité n'a été observée. On a noté aussi que ces dernières ne sont pas forcément des événements cachés et les mortalités de poissons causées par des conditions anoxiques, des déversements de substances toxiques, etc., sont souvent facilement décelables. Cependant, on a également soutenu que l'efficacité de détection des mortalités de poissons par les navires de queue n'a pas été vérifiée de façon indépendante, de sorte que l'on ne peut pas éliminer la possibilité que certaines n'aient pas été décelées.
- 2) Dans des conditions expérimentales, des chercheurs ont découvert que certains individus de trois des quatre espèces mises à l'épreuve sont morts à la suite d'une exposition de 24 h à des tonalités de fréquence basse (< 500 Hz) de > 170 dB. Des participants à l'atelier ont noté que les conditions expérimentales étaient fortement différentes des conditions de prospection sismique en mer et qu'il n'était pas justifié d'extrapoler les résultats de cette expérience aux relevés sismiques. D'autres ont toutefois soutenu que les résultats indiquent que le risque de mortalité directe de poissons imputable aux sons ayant quelques caractéristiques en commun avec les bruits sismiques ne peut pas être complètement ignoré.

- 3) Un rapport anecdotique de mortalité de poissons à la suite d'une exposition aux émissions d'un canon à air situé à moins de 2 m d'eux a été discuté, mais a été considéré comme étant non concluant par rapport aux conditions de prospection en mer. En général, on considère qu'il est *peu probable* que l'exposition à des bruits sismiques résulte en une mortalité directe de poissons.
- 4) Dans des conditions expérimentales, on a parfois observé des effets sublétaux et/ou physiologiques, y compris des effets sur l'ouïe, chez des poissons exposés aux émissions d'un canon à air. Le protocole expérimental était tel qu'il était impossible de déterminer à la satisfaction de tous les spécialistes quelle intensité acoustique était responsable des dommages observés aux structures de l'oreille, ni le degré d'importance de ceux-ci sur le plan biologique. Les expériences simulées en mer visant à établir ces effets n'étaient pas concluantes. Les renseignements dont nous disposons ne nous permettent pas d'évaluer la vraisemblance d'effets sublétaux ou physiologiques dans des conditions de prospection en mer. Le degré d'importance écologique des effets sublétaux ou physiologiques, lorsqu'ils se produisent, peut se situer entre négligeable à important selon leur nature.

**Effets sur le comportement**

- 5) Les effets suivants chez certains poissons exposés à des bruits sismiques ont une forte vraisemblance de se manifester :
  - Une réaction de sursaut,
  - un changement dans le comportement de nage (y compris potentiellement des changements dans la vitesse et la direction de nage),
  - un changement dans la distribution verticale.
- 6) Ces effets devraient être de courte durée, inférieure ou égale à la durée de l'exposition, varier d'une espèce et d'un individu à l'autre et dépendre des

propriétés des sons captés. On s'attend à ce que le degré d'importance écologique de tels effets soit faible, sauf lorsqu'ils ont une incidence sur les activités de reproduction.

7) Plusieurs études scientifiques ont porté sur d'autres effets des bruits sismiques sur le comportement des poissons. Certaines ont permis d'établir les effets suivants et d'autres non :

- un changement dans la répartition horizontale du poisson non étroitement associé à des éléments de l'habitat, tels des récifs et des pinacles;
- un changement dans la capturabilité du poisson possiblement lié à des changements dans le comportement. Des différences dans les protocoles expérimentaux et l'absence de groupes témoins adéquats dans certaines des expériences signifient que les résultats publiés ne permettent pas de prédire la nature de tout changement qui peut se produire ou même si un changement se produira.

8) La durée de ces effets peut ou non se prolonger au-delà de la durée d'exposition. Ils peuvent varier d'une espèce et d'un individu à l'autre et dépendre des propriétés des sons captés. On s'attend à ce que le degré d'importance écologique des effets soit faible, sauf lorsqu'ils peuvent mener à la dispersion de bancs de reproducteurs ou à la déviation des voies de migration. L'ampleur de l'effet dans ces cas dépendra de la biologie de l'espèce touchée et de l'ampleur de la dispersion ou de la déviation.

#### Utilisations fonctionnelles des sons

9) Le potentiel des bruits sismiques de perturber la communication entre les poissons, la détection de prédateurs ou de proies, la navigation et d'autres utilisations des sons n'a pas été étudié. Certains supposent que la nature discontinuée des bruits sismiques peut

permettre à ces fonctions de se produire entre les « impulsions » de sons. Certains supposent aussi que les réponses comportementales peuvent inclure l'arrêt de la production de sons. Si des dommages auditifs se produisaient, on peut aussi s'attendre à ce qu'ils aient une incidence sur ces fonctions. Le degré d'importance écologique de ces effets est inconnu.

## Conclusions au sujet des invertébrés

### Effets physiques

- 1) Aucun cas documenté de mortalité d'invertébrés imputable à l'exposition à des bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer n'a été trouvé. Un rapport anecdotique de l'échouement de calmars géants à deux reprises, correspondant à des périodes de prospection sismique, a été discuté mais trouvé peu concluant.
- 2) Dans des conditions expérimentales, des effets létaux et/ou sublétaux, y compris des effets sur la structure externe, ont parfois été observés chez des invertébrés exposés aux émissions d'un canon à air situé à proximité (moins de 5 m).
- 3) Par conséquent, on considère qu'il est *peu probable* que l'exposition à des bruits sismiques entraîne directement la mort d'invertébrés.

### Effets physiologiques

- 4) Il existe une série de publications établissant les effets de l'exposition prolongée à des bruits non sismiques sur la physiologie de crustacés dans des conditions expérimentales. Les effets incluent une baisse des taux de croissance et de reproduction et des modifications du comportement, ce qui indique que certains invertébrés sont sensibles au bruit. Chez un gastéropode (mollusque), les effets physiologiques

(signes de stress) ont été observés dans des conditions de prospection sismique en mer. Chez d'autres espèces, de tels effets étaient rarement présents, sauf pour quelques signes d'excitation chez des crabes soumis à des sons comparativement à des crabes témoins.

- 5) Le manque de renseignements ne permet pas d'évaluer la vraisemblance d'effets sublétaux ou physiologiques sur les crustacés durant les périodes de prémue, de mue et de postmue.
- 6) Le degré d'importance écologique des effets sublétaux ou physiologiques, s'ils se produisaient, pourrait varier entre négligeable à important selon leur nature.

### **Effets comportementaux**

- 7) Il existe une forte probabilité de voir les effets suivants chez certains invertébrés exposés à des bruits sismiques :
  - Une réaction de sursaut,
  - un changement dans les comportements de nage/déplacement (y compris potentiellement un changement dans la vitesse de nage/déplacement et dans la direction).
- 8) Des taux de capture d'espèces pêchées commercialement à la hausse et à la baisse ont été documentés, mais les changements ne se produisent pas de façon cohérente.
- 9) On s'attend à ce que ces effets soient de courte durée, souvent moindre que la durée d'exposition, qu'ils varient d'une espèce et d'un individu à l'autre et qu'ils dépendent des propriétés des sons captés.
- 10) Certains invertébrés sont sédentaires ou ont peu de capacité de se déplacer. Leur capacité d'éviter les bruits sismiques est donc extrêmement limitée en comparaison de nombreux poissons et mammifères marins. Cela peut les exposer davantage aux bruits sismiques,

mais rien ne permet de supposer qu'une exposition accrue rend ces invertébrés fondamentalement plus ou moins sensibles à ces bruits.

- 11) On s'attend à ce que le degré d'importance écologique des effets soit faible, sauf si les effets de l'exposition à des bruits sismiques avaient une incidence sur les activités de reproduction ou de croissance (mue) ou menaient à la dispersion de groupes de reproducteurs ou à la déviation des voies de migration. L'ampleur de l'effet dans ces cas dépendra de la biologie de l'espèce et de l'ampleur de la dispersion ou de la déviation.

### **Utilisations fonctionnelles des sons**

- 12) Le potentiel pour les bruits sismiques de perturber la communication, l'orientation, la détection de prédateurs et de proies, la locomotion et d'autres utilisations fonctionnelles des sons par les invertébrés n'a pas été étudié. Les sons forts réduiront l'efficacité de la communication et d'autres utilisations fonctionnelles des sons, mais le degré de gravité de ces effets et les conditions dans lesquelles ils se produisent chez les invertébrés demeurent inconnus. On ne sait pas si les invertébrés peuvent communiquer par voie acoustique durant les intervalles entre les impulsions de bruits sismiques. Le degré d'importance écologique de tels effets, s'ils se produisent, est inconnu.

### **Conclusions au sujet du zooplancton, des oeufs et des larves de poissons et d'invertébrés**

- 1) Peu d'études sur les effets des bruits sismiques sur le zooplancton, les oeufs et les larves ont été recensées et certaines d'entre elles donnaient une description inadéquate du protocole expérimental et des propriétés des sons appliqués lors

des traitements, ou souffraient de lacunes dans les méthodes.

- 2) Les données sont généralement insuffisantes pour évaluer les dommages potentiels aux oeufs et aux larves de poissons, de mollusques et de crustacés (ou d'autres organismes planctoniques) que peuvent causer les bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer.
- 3) D'après les expériences publiées jusqu'à maintenant, les résultats montrent que l'exposition aux bruits peut stopper le développement des oeufs et causer des anomalies de développement chez une petite proportion d'oeufs et/ou de larves qui y ont été exposés. Toutefois, ces résultats ont été obtenus suite à un nombre d'expositions beaucoup plus élevé que cela pourrait se produire dans des conditions de prospection en mer et à des intensités acoustiques qui ne se produisent qu'à quelques mètres de la source sonore.
- 4) Les effets des bruits sismiques sur le comportement et la perception sensorielle des oeufs et des larves de poissons et d'invertébrés sont inconnus.
- 5) En général, le niveau de mortalité des oeufs et des larves qui pourrait résulter de l'exposition à des bruits sismiques, établi d'après des modèles, serait nettement inférieur au niveau qui pourrait nuire aux populations. Toutefois, certaines caractéristiques du cycle vital, notamment la distribution agrégée et le moment où se produisent les événements clés du cycle vital par rapport à la durée et à la couverture des relevés sismiques, pourraient nécessiter une évaluation au cas par cas.
- 6) Aucune étude portant spécifiquement sur le rôle des bruits sismiques dans la variation du recrutement chez les poissons et les invertébrés marins n'a été recensée. Beaucoup d'études ont été publiées sur les causes de la variation du recrutement chez ceux-ci, mais aucune

n'a considéré qu'il existe des anomalies de recrutement (positives ou négatives) qui pourraient être liées dans l'espace ou le temps à des activités de prospection sismique. Cette absence d'évidence s'applique à l'échelle des stocks, mais ne donne pas d'information sur la possibilité d'effets sur la dynamique du recrutement à l'échelle locale.

### **Conclusions au sujet des tortues marines**

- 1) Les résultats d'études auditives donnent à penser que les tortues marines, en particulier la carette et la tortue verte, sont capables d'entendre les sons graves et d'y répondre, mais leur seuil auditif semble élevé.
- 2) Lors de trois études, les réactions comportementales suivantes de tortues marines gardées en enclos et exposées aux sons d'un canon à air ont parfois été observées :
  - une vitesse de nage plus élevée,
  - une activité accrue,
  - un changement dans la direction de nage,
  - l'évitement.
- 3) Les tortues marines peuvent s'habituer aux bruits sismiques au fil du temps, mais les résultats de trois études étaient non concluants à ce sujet.
- 4) La perte de sensibilité auditive et le stress physiologique ont aussi été considérés comme une conséquence possible de l'exposition aux bruits sismiques, mais la seule étude considérée était non concluante.
- 5) La réaction, s'il en existe une, des tortues marines en liberté aux bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer est inconnue.

6) D'après les études réalisées jusqu'à maintenant, on considère qu'il est *peu probable* que les tortues marines soient plus sensibles aux bruits sismiques que les cétacés ou certains poissons marins. Par conséquent, toute mesure d'atténuation visant à réduire le risque ou la gravité d'exposition des cétacés aux bruits sismiques pourrait nous renseigner au sujet des mesures visant à réduire le risque ou le degré de gravité d'exposition des tortues marines aux bruits sismiques. Les tortues marines sont toutefois plus difficiles à détecter, visuellement et acoustiquement, que de nombreuses espèces de cétacés, de sorte que nous nous attendons à ce que les mesures d'atténuation reposant sur des observations ou la détection acoustique de tortues soient moins efficaces pour celles-ci que pour les cétacés.

## Conclusions au sujet des mammifères marins

### Mortalité et effets physiques

1. Il n'existe aucun cas documenté de mortalité de mammifères marins à la suite de l'exposition à des activités de prospection gazière et pétrolière par relevé sismique. Un cas d'échouement de deux baleines coïncidant dans l'espace et le temps à des activités de prospection sismique menées par un navire de recherche a été signalé. Un autre échouement de baleines impliquant le même navire et les mêmes baleines, coïncidant dans le temps mais non dans l'espace, a aussi été signalé, mais aucun mécanisme évident qui pourrait relier la distance entre le navire et le lieu d'échouement n'est établi. Dans les deux cas, le navire de recherche utilisait aussi un canon à air produisant des sons de fréquences moyennes nettement plus semblables aux signaux de fréquences moyennes émis par les sonars tactiques et impliqués dans les échouements de baleines en masse, qu'aux bruits

sismiques. Le rôle des différentes sources sonores dans les échouements n'a pas été établi dans cette étude. Par conséquent, même si les échouements de baleines ont été liés à l'exposition à des sons anthropiques, on considère qu'il est *peu probable* que l'exposition à des bruits sismiques cause la mortalité directe de mammifères marins.

2. Dans des conditions expérimentales, on a parfois observé une élévation temporaire sublétales du seuil auditif chez des mammifères marins en captivité exposés à des sons par impulsions. La vraisemblance de ces effets n'a pas encore été évaluée dans des conditions de prospection en mer; pour certaines espèces de mammifères marins, les niveaux et les types de sons qui peuvent produire une élévation du seuil auditif peuvent être prédits, de sorte que de telles évaluations peuvent être possibles. Le degré d'importance de ces effets sur le seuil auditif, s'ils se produisaient, serait probablement sans importance à moins que :

- a. le seuil soit haussé à maintes reprises ou pendant une période prolongée, ce qui pourrait résulter en un déplacement permanent du seuil auditif;
- b. d'autres menaces sont présentes au même moment que l'élévation temporaire du seuil auditif et que celles-ci sont normalement évitées par des moyens acoustiques, notamment des prédateurs ou la possibilité d'enchevêtrement dans des engins de pêche.

3. Il n'existe aucun cas documenté de mammifères marins ayant subi des dommages à des tissus non-auditifs à la suite de l'exposition à des bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer. Par conséquent, on considère qu'il est *peu probable* que l'exposition à des bruits sismiques dans des conditions de prospection en mer résulte en des dommages à de tels tissus

chez les mammifères marins, mais l'évaluation des propositions devrait tenir compte de la présence d'autres sources sonores opérant simultanément lors des activités de prospection sismique.

### Effets comportementaux directs

#### Déplacement et déviation des voies migratoires :

4) Il existe des cas documentés de déplacement et de déviation des voies migratoires chez certaines espèces de mammifères marins exposés à des bruits sismiques. La durée de ces effets peut ou non s'étendre au-delà de la durée d'exposition. On s'attend à ce que les effets varient selon le contexte, l'espèce, le sexe, la classe d'âge et l'individu, et à ce qu'ils dépendent des propriétés des sons captés. On s'attend à ce que le degré d'importance écologique de ces effets soit faible, mais il pourrait être plus élevé dans les cas suivants :

- ils déplacent des mammifères marins d'aires d'alimentation pour lesquelles il n'y a pas d'alternatives;
- ils déplacent des mammifères marins d'aires de repos pour lesquelles il n'y a pas d'alternatives;
- ils déplacent des mammifères marins d'aires de reproduction ou de croissance,
- ils dévient des animaux en migration de leurs voies migratoires pour lesquelles il n'y a pas d'alternatives ou, s'il y en a, ils devront dépenser beaucoup plus d'énergie pour migrer.

5) L'ampleur des effets dans ces cas dépendra de la biologie de l'espèce touchée et de l'ampleur et de la durée du déplacement ou de la déviation. Il y a aussi un risque qu'un projet de prospection sismique mené dans un autre secteur puisse causer l'intrusion de compétiteurs déplacés dans l'habitat essentiel ou l'aire de productivité

biologique élevée occupé par d'autres espèces.

6) En résumé, l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en un déplacement et/ou une déviation des voies migratoires chez certains mammifères marins, mais ces effets dépendent de l'espèce, de l'individu et du contexte. Le degré d'importance écologique de ces effets est *inconnu*, mais il existe des conditions dans lesquelles le pire des scénarios pourrait avoir de fortes incidences.

#### Changements dans les régimes de plongée et de respiration

7) Des changements dans les régimes de plongée et de respiration chez certaines espèces de mammifères marins (p. ex., baleine boréale, phoque commun, phoque gris) exposés à des bruits sismiques ont été documentés. Il y a des données indiquant que la durée de ces effets peut aller au-delà de la durée d'exposition. On s'attend à ce que les effets varient selon le contexte, l'espèce et les individus, et qu'ils dépendent des propriétés des sons captés. On s'attend à ce que le degré d'importance écologique de ces effets soit faible, sauf dans les cas suivants :

- ils perturbent l'alimentation;
- ils entraînent de grands coûts énergétiques.

L'ampleur des effets dans ces cas dépendra de la biologie de l'espèce et de l'ampleur et de la durée de la dispersion ou de la déviation.

8) En résumé, l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en des changements dans les régimes de plongée et de respiration chez certains mammifères marins, mais on s'attend à ce que ces effets varient selon l'espèce, l'individu et le contexte. Le degré d'importance écologique de ces effets est *inconnu*, mais il existe des conditions

dans lesquelles le pire des scénarios pourrait avoir de fortes incidences.

#### Changements dans le comportement social

- 9) Le comportement social peut inclure une vaste gamme d'activités, notamment l'accouplement, l'alimentation coopérative, les jeux, les interactions agressives et la communication (voir ci-dessous). Les études sur les changements de comportement mentionnées dans d'autres sous-sections de ce résumé décrivent les effets sur certaines activités qui pourraient être considérées comme des activités « sociales ». Cependant, aucune étude ciblée des effets des bruits sismiques sur l'accouplement, l'alimentation coopérative, les jeux ou les interactions agressives n'a été menée.
- 10) En résumé, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en des changements dans le comportement social des mammifères marins, mais s'ils se produisaient, il existe des conditions dans lesquelles le pire des scénarios pourrait avoir des conséquences très importantes.

#### Changements dans les modèles de vocalisation

- 11) Les changements dans les modèles de vocalisation des mammifères marins que peuvent causer les sons anthropiques ont été l'objet d'études ciblées. Chez la plupart des espèces étudiées, des changements mesurables dans les patrons de vocalisation ont été observés, mais ces études n'ont pas été menées dans des conditions de prospection sismique. Au Royaume-Uni, en Norvège et dans le goulet de l'île de Sable, les cachalots macrocéphales n'ont pas cessé d'émettre des sons lorsque exposés à des bruits sismiques. Lors d'une étude menée au large de l'île Heard, ces cétacés n'ont pas émis de sons lorsque des bruits sismiques ont été transmis très loin d'eux (à une distance de 690-1 070 km) dans certaines parties de l'étude, mais l'on fait à un autre moment de l'étude lorsque

exposés à ces bruits. Dans le Pacifique Nord-Est, des rorquals bleus ont cessé de communiquer entre eux pendant environ une heure lorsqu'ils étaient en deçà de 10 km d'un petit réseau de canons à air (1 600 po<sup>3</sup>), puis ont recommencé à communiquer lorsqu'ils s'en ont éloigné.

- 12) Des données démontrent que l'exposition particulière à des bruits sismiques a parfois causé des changements dans les patrons de vocalisation chez des mammifères marins. Il n'a toutefois pas été possible de mesurer les conséquences fonctionnelles de ces changements (comme la perte de contact entre les individus ou la réduction de la capacité de coordonner les comportements sociaux), s'il en existe, ni le pourcentage de fois qu'ils pourraient se produire.
- 13) En résumé, on *sait* que l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en des changements dans le comportement de vocalisation chez les mammifères marins et, lorsque cela se produit, il existe des conditions dans lesquelles le pire des scénarios pourrait avoir des conséquences très importantes.

#### **Conséquences fonctionnelles des effets physiques et comportementaux**

##### Efficacité réduite de communication

- 14) De nombreuses espèces de mammifères marins produisent des sons et y répondent. Des études ont démontré que ces vocalisations servent parfois à communiquer de l'information importante pour l'alimentation, l'accouplement, le soin des petits, l'évitement des prédateurs et le maintien des groupes sociaux. Des études ont aussi révélé que les vocalisations peuvent se produire même si aucune conséquence fonctionnelle n'est observable, quoique dans ces cas, il n'est pas clair si elles n'avaient pas de conséquences ou si les effets étaient de plus longue durée ou se produisaient plus loin que la zone d'étude. Il est donc difficile pour les recherches de donner des

résultats concluants sur la fréquence et les conséquences de la perturbation de la communication imputable à des activités anthropiques, y compris les bruits sismiques.

- 15) Aucune étude n'a été publiée sur le potentiel qu'ont les bruits sismiques de réduire l'efficacité de la communication chez les mammifères marins. Les sons forts la réduiront, mais le degré de gravité et les conditions dans lesquelles cela se produit chez les mammifères marins sont mal connus. Lorsque des bruits sismiques sont émis, les intervalles entre les impulsions offrent aux cétacés l'opportunité de communiquer, mais ce comportement n'a pas été observé sur le terrain. Des données inédites révèlent en outre que, lorsque des réflexions par trajets multiples se produisent, comme aux endroits où la topographie du fond marin est complexe, les impulsions de bruits sismiques peuvent s'étaler avec la distance et le temps, de sorte que les intervalles calmes entre les impulsions peuvent être réduits ou éliminés. Les bruits sismiques pourraient donc masquer les appels des cétacés, notamment le rorqual bleu, quoique les distances où le masquage serait effectif, s'il se produisait, sont inconnues. On ne sait pas si les baleines peuvent réduire les effets de masquage par divers moyens, comme des changements dans leurs patrons de vocalisation, et les conséquences de ces changements (s'ils se produisent) sont inconnues. Cette réponse facultative a été documentée chez certaines autres espèces de mammifères marins exposées à des sons forts d'origine anthropique. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en une réduction de la capacité de communication chez les mammifères marins.

#### Réduction de la capacité d'écholocation

- 16) Aucune étude ciblée du potentiel qu'ont les bruits sismiques de réduire l'efficacité d'écholocation chez les mammifères

marins n'a été effectuée. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en une réduction de l'efficacité d'écholocation chez les mammifères marins.

#### Capacité diminuée de détection acoustique passive de proies

- 17) Aucune étude ciblée du potentiel qu'ont les bruits sismiques de diminuer la capacité de détection passive de proies chez les mammifères marins n'a été effectuée. Dans une étude publiée sur les effets des bateaux d'observation des baleines sur le comportement des épaulards, on a formulé l'hypothèse que les sons produits par ces bateaux pourraient réduire la capacité de ces cétacés de détecter des proies. On ne sait pas si un tel effet pourrait se produire durant l'exposition à des bruits sismiques ou chez quelles espèces de mammifères marins la détection passive de proies est une importante stratégie d'alimentation. Le potentiel d'un tel effet est toutefois plus grand chez les mysticètes, qui entendent mieux les sons de fréquences basses que d'autres mammifères marins. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques pourrait diminuer la capacité de détection acoustique passive de proies chez les mammifères marins.

#### **Capacité diminuée de détection acoustique passive de prédateurs**

- 18) Aucune étude ciblée du potentiel qu'ont les bruits sismiques de diminuer la capacité de détection passive de prédateurs chez les mammifères marins n'a été effectuée. Le potentiel d'un tel effet est plus grand chez les mysticètes, qui entendent mieux les sons de fréquences basses que d'autres mammifères marins. Cependant, on ne sait pas si un tel effet se produit durant l'exposition à des bruits sismiques et, si cela est le cas, dans quelle mesure. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition

à des bruits sismiques pourrait accroître la vulnérabilité des mammifères marins à leurs prédateurs.

**Capacité diminuée d'évitement des menaces anthropiques (comme la collision avec des navires, l'enchevêtrement dans des filets)**

19) Aucune étude ciblée du potentiel qu'ont les bruits sismiques de réduire la capacité des mammifères marins d'éviter des menaces anthropiques n'a été effectuée. Des rapports ont été publiés sur d'autres types de sons nuisant à la capacité de baleines individuelles d'éviter des menaces anthropiques, comme la collision avec des navires et l'enchevêtrement dans des filets, mais on ne sait pas dans quelle mesure cette réaction est répandue. On ne sait pas non plus si un tel effet pourrait résulter de l'exposition à des bruits sismiques. Par conséquent, le fait que l'exposition à des bruits sismiques pourrait réduire la capacité des mammifères marins d'éviter des menaces anthropiques est *préoccupant*, mais le risque n'a pas été prouvé.

Capacité diminuée pour le soin des petits ou la formation de liens parentaux

20) Aucune étude ciblée du potentiel qu'ont les bruits sismiques de réduire la capacité des mammifères marins de prendre soin de leurs petits ou de former des liens parentaux n'a été effectuée. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut réduire la capacité de soin des petits ou de formation de liens parentaux chez les mammifères marins.

**Effets chroniques (p. ex., changements physiologiques causés par le stress, fécondité réduite)**

21) Aucune étude du potentiel qu'ont les bruits sismiques de causer des effets chroniques, comme l'immunosuppression ou la diminution de la fécondité, n'a été effectuée chez les mammifères marins. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en de tels effets chroniques chez les mammifères marins.

**Effets indirects (p. ex., disponibilité réduite des proies)**

22) Aucune étude du potentiel qu'ont les bruits sismiques de réduire la disponibilité des proies des mammifères marins, soit par déplacement de celles-ci ou réduction de leur capturabilité, n'a été effectuée. Par conséquent, on ne *sait pas* si l'exposition à des bruits sismiques peut résulter en de tels effets indirects sur les mammifères marins.

**Besoins en recherche**

Lors de l'examen de la documentation disponible, un grand nombre de domaines de recherche pour le futur ont été identifiés. Certains se sont révélés comme étant particulièrement utiles pour ce qui est d'accroître la quantité de renseignements requis par ceux qui quantifient et ceux qui gèrent les risques que posent les relevés sismiques effectués dans les écosystèmes marins.

- 1) D'autres travaux doivent être effectués en vue d'établir les caractéristiques des sons et les conditions environnementales qui donnent lieu à des effets des bruits sismiques sur le comportement, la physiologie et le bien-être physique de toutes les espèces marines.
- 2) Les renseignements disponibles sur l'efficacité des mesures d'atténuation doivent être évalués plus à fond à titre de

- 
- fondement pour fournir des avis provisoires en matière d'exigences opérationnelles appropriées à court terme et d'autres recherches en vue d'élargir nos connaissances à long terme.
- 3) En plus de recherches ciblées, un programme de collecte structuré de données mené en parallèle avec les relevés sismiques, visant à faciliter l'apprentissage par la pratique, a beaucoup de mérite. Toutefois, de tels programmes de cueillette de données doivent être bien coordonnés et assortis des ressources nécessaires pour analyser, interpréter et appliquer les nouvelles données à mesure qu'elles sont recueillies et présentées aux autorités scientifiques.
  - 4) Quelques études représentatives sur les relations entre la distance et les effets pour tous les taxons, en particulier les oeufs et les larves, aideraient grandement à comprendre les risques potentiels que posent les bruits sismiques. Les effets potentiels découlant du niveau d'exposition au bruit (cumulatif d'un relevé) ainsi que du niveau de pression acoustique de crête devraient être considérés, y compris dans des conditions de relevés 3-D.
  - 5) Des recherches spécifiques sont requises sur le niveau de sons captés par les invertébrés sessiles et les effets des bruits sismiques sur eux. La physique des niveaux sonores auxquels les organismes benthiques sont exposés est compliquée en raison de l'interaction entre les effets de cisaillement et les effets de pression, ainsi que de la proximité du fond. Par conséquent, il est probable que les résultats de modèles génériques de la propagation des sons soient trompeurs pour ce qui est des niveaux d'exposition des espèces benthiques sessiles. L'erreur pourrait se manifester dans n'importe quel sens et, aux endroits où la topographie du fond est complexe, il pourrait y avoir une répartition irrégulière de secteurs ayant des niveaux d'exposition plus élevés que ceux prédits par les modèles de propagation des sons et d'autres secteurs avec des niveaux plus faibles.
  - 6) Aucun renseignement n'est disponible sur les effets des bruits sismiques sur la mue des invertébrés possédant un exosquelette.
  - 7) Les meilleurs modèles de propagation des sons dans les secteurs où se fera probablement de la prospection sismique doivent être davantage clarifiés, ainsi que la mesure dans laquelle les caractéristiques de l'habitat devraient influencer sur le choix des modèles. La sensibilité et la précision des prédictions des modèles génériques par rapport aux exigences d'évaluation des impacts potentiels devraient être aussi évaluées, quoique l'application de modèles génériques à des endroits spécifiques demeurera souhaitable.
  - 8) De meilleures données sont requises pour la modélisation du patron attendu de dispersion des bruits sismiques lors des relevés. On devrait préconiser la prise de mesures du niveau d'intensité acoustique en champ proche et en champ éloigné à titre d'élément des activités de prospection sismique planifiées dans les secteurs qui n'ont pas encore été prospectés ou pour lesquels les modèles établis se sont révélés inexacts.
  - 9) D'autres recherches sur les impacts potentiels des bruits sismiques sur les mammifères marins sont requises d'urgence. Les questions les plus pressantes à examiner qui doivent faire l'objet de recherches ou d'analyses plus détaillées des données disponibles comprennent:
    - a) La répartition spatio-temporelle ainsi que l'état et les besoins physiologiques des populations de mammifères marins sont des variables mal connues des scientifiques qui limitent notre capacité de prédire les effets que les relevés sismiques auront sur elles. Si nous ne savons
-

---

pas quelles espèces sont présentes où, quand et pourquoi, il existera toujours un risque de perturber et de blesser les espèces très sensibles. On devrait aussi tenter de caractériser le degré de variation naturelle à long terme de l'abondance et de la résidence.

- b) Beaucoup d'autres renseignements sur les réactions des mammifères marins (et de leurs proies) aux sons provenant des réseaux de canons à air sont requis. Des études de base menées avant les activités de prospection sismique, en plus de comparaisons de leur comportement en l'absence et en présence de bruits sismiques, permettraient de recueillir ce type de données.
- c) Des renseignements plus précis sur les bruits d'origines naturelles et anthropiques dans l'océan sont nécessaires.
- d) L'efficacité de toutes les mesures d'atténuation potentielles doit être examinée et documentée de façon plus détaillée. Entre autre, la mesure dans laquelle la surveillance acoustique passive et/ou active des mammifères marins à partir du navire émetteur constitue une mesure d'atténuation efficace a besoin d'être documentée.
- e) Des études ciblées du comportement social des mammifères marins durant l'exposition aux bruits sismiques sont spécialement nécessaires, étant donné l'importance des activités de prospection sismique sur leur biologie.
- f) Les effets de sons d'origine anthropique sur les patrons de vocalisation des mammifères marins sont bien documentés, mais les effets des bruits sismiques sont mal connus et des études complémentaires sont donc indispensables.

Nombre de ces questions sont également mal comprises pour ce qui est de nombreux taxons de tortues, de poissons et d'invertébrés marins. Bien que les participants à l'atelier aient donné la priorité aux sujets énumérés ci-dessus, des recherches qui permettraient de combler ces lacunes, en particulier en ce qui concerne la répartition spatio-temporelle des proies importantes et leurs réactions aux bruits sismiques, seraient de grande valeur. Un certain nombre d'autres sujets nécessitant des recherches complémentaires ont aussi été proposés et sont mentionnés dans le procès-verbal de la réunion.

### **Références**

MPO, 2003. Un cadre pour aider le MPO à évaluer les demandes portant sur l'examen de propositions de prospection sismique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapp. sur l'état des habitats 2003/001.

LGL. 2004. Assessment of Regulatory Practices Governing the Limits of Sound Energy Produced during Seismic Operations (draft). LGL Limited, environmental research associates, Report TA4014-1. (non-publié)

### **Pour obtenir de plus amples renseignements**

Contactez : Hugh Bain  
Sciences de l'environnement  
Pêches et Océans Canada  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0E6

Tél. : (613) 990-0288  
Télécopieur : (613) 954-0807  
Courriel : [bainh@dfo-mpo.gc.ca](mailto:bainh@dfo-mpo.gc.ca)

Ce rapport est disponible auprès du :

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

Téléphone : (613) 990-0293  
Télécopieur : (613) 954-0807  
Courriel : [CSAS@dfo-mpo.gc.ca](mailto:CSAS@dfo-mpo.gc.ca)  
Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas)

ISSN 1708-637X (imprimé)  
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2004

*An English version is available upon request  
at the above address.*



***La présente publication doit être  
citée comme suit***

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.