



Fisheries and Oceans  
Canada

Pêches et Océans  
Canada

Science

Sciences

**C S A S**

Canadian Science Advisory Secretariat

Proceedings Series 2004/045

**S C C S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique

Série des compte rendus 2004/045

**Proceedings of the Peer Review on  
Potential Impacts of Seismic Energy  
on Snow Crab**

**September 29, 2004  
Howard Johnson  
Brunswick Plaza Hotel  
Moncton, New Brunswick**

**Compte rendu de l'examen par les  
pairs des impacts possibles de  
l'énergie sismique sur le crabe des  
neiges**

**Le 29 septembre 2004  
Hôtel Howard Johnson  
Brunswick Plaza  
Moncton (Nouveau-Brunswick)**

**Michael Chadwick**

Meeting Chairperson / Président de réunion

Fisheries and Oceans Canada  
Oceans and Science Branch  
Gulf Fisheries Centre  
343 Université Avenue  
Moncton, New Brunswick  
E1C 9B6

Pêches et océans Canada  
Direction des Océans et des sciences  
Centre des pêches du Golfe  
343, avenue de l'Université  
Moncton (Nouveau-Brunswick)  
E1C 9B6

**May 2005 / mai 2005**

## **Foreword**

The purpose of these proceedings is to archive the activities and discussions of the meeting, including research recommendations, uncertainties, and to provide a place to formally archive official minority opinions. As such, interpretations and opinions presented in this report may be factually incorrect or mis-leading, but are included to record as faithfully as possible what transpired at the meeting. No statements are to be taken as reflecting the consensus of the meeting unless they are clearly identified as such. Moreover, additional information and further review may result in a change of decision where tentative agreement had been reached.

## **Avant-propos**

Le présent compte rendu fait état des activités et des discussions qui ont eu lieu à la réunion, notamment en ce qui concerne les recommandations de recherche et les incertitudes; il sert aussi à consigner en bonne et due forme les opinions minoritaires officielles. Les interprétations et opinions qui y sont présentées peuvent être incorrectes sur le plan des faits ou trompeuses, mais elles sont intégrées au document pour que celui-ci reflète le plus fidèlement possible ce qui s'est dit à la réunion. Aucune déclaration ne doit être considérée comme une expression du consensus des participants, sauf s'il est clairement indiqué qu'elle l'est effectivement. En outre, des renseignements supplémentaires et un plus ample examen peuvent avoir pour effet de modifier une décision qui avait fait l'objet d'un accord préliminaire.

---

**Proceedings of the Peer Review on  
Potential Impacts of Seismic Energy  
on Snow Crab**

**September 29, 2004  
Howard Johnson  
Brunswick Plaza Hotel  
Moncton, New Brunswick**

**Compte rendu de l'examen par les  
pairs des impacts possibles de  
l'énergie sismique sur le crabe des  
neiges**

**Le 29 septembre 2004  
Hôtel Howard Johnson  
Brunswick Plaza  
Moncton (Nouveau-Brunswick)**

**Michael Chadwick**  
Meeting Chairperson / Président de réunion

Fisheries and Oceans Canada  
Oceans and Science Branch  
Gulf Fisheries Centre  
343 Université Avenue  
Moncton, New Brunswick  
E1C 9B6

Pêches et océans Canada  
Direction des océans et des sciences  
Centre des pêches du Golfe  
343, avenue de l'Université  
Moncton (Nouveau-Brunswick)  
E1C 9B6

**May 2005 / mai 2005**

---

---

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2004  
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2004

ISSN 1701-1280 (printed / Imprimé)

Published and available free from:  
Une publication gratuite de:

Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada  
Canadian Science Advisory Secretariat / Secrétariat canadien de consultation scientifique  
200, rue Kent Street  
Ottawa, Ontario  
K1A 0E6

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

CSAS@DFO-MPO.GC.CA



Printed on recycled paper.  
Imprimé sur papier recyclé.

Correct citation for this publication:

DFO, 2004. Proceedings of the Peer Review on Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab, Gulf Region.  
DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2004/045

On doit citer cette publication comme suit:

MPO, 2004. Compte rendu de l'examen par les pairs des impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges, Région du Golfe. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu. 2004/045

---

## TABLE OF CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abstract / Résumé .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | v  |
| Introduction .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1  |
| Background to issue / Contexte .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2  |
| Acoustic Monitoring of Corridor Resources Inc. 2003 2-D Seismic Program off Western Cape Breton, NS / Surveillance acoustique du programme de relevé sismique 2-D de Corridor Resources Inc. mené en 2003 à l'ouest du Cap-Breton (N.-É) .....                                                                                                | 5  |
| ▪ Summary / Résumé .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5  |
| ▪ Notes / Remarques .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6  |
| ▪ Questions and Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7  |
| Effects of Seismic Noise on Female Snow Crab ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) Evaluated by Caging Study Conducted off Western Cape Breton Island in 2003-2004 / Étude des effets du bruit sismique sur des crabes des neiges ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) femelles mises en casier au large de la côte ouest du Cap-Breton en 2003-2004 ..... | 9  |
| ▪ Summary / Résumé .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 9  |
| ▪ Notes / Remarques .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10 |
| ▪ Questions and Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 11 |
| Effects of Seismic Noise on the Mobility of Stage 1 Snow Crab ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) Larvae / Effets du bruit sismique sur la mobilité des larves de stade 1 du crabe des neiges ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) .....                                                                                                                 | 16 |
| ▪ Summary / Résumé .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 16 |
| ▪ Notes / Remarques .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 16 |
| ▪ Questions and Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 17 |
| Effects of Seismic Noise on Hatching, Survival and Subsequent Development of Snow Crab ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) Embryos / Effets du bruit sismique sur l'éclosion des œufs et la survie et le développement des embryons du crabe des neiges ( <i>Chionoecetes opilio</i> ) .....                                                       | 17 |
| ▪ Summary / Résumé .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 17 |
| ▪ Notes / Remarques .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 18 |
| ▪ Questions and Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 19 |

|                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Pilot Observations on Laboratory held Snow Crab from the Cape Breton Seismic Experiment /<br>Observations pilotes sur les crabes des neiges de l'expérience de sismique menée au<br>Cap-Breton gardés en laboratoire ..... | 20 |
| ▪ Summary / Résumé .....                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| ▪ Notes / Remarques .....                                                                                                                                                                                                  | 21 |
| ▪ Questions and Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                      | 23 |
| Next Steps / Prochaines étapes.....                                                                                                                                                                                        | 25 |
| ▪ Questions & Answers / Questions et réponses .....                                                                                                                                                                        | 25 |
| Potential Impacts/ Impacts possibles .....                                                                                                                                                                                 | 27 |
| Research Recommendations / Recommandations de recherche .....                                                                                                                                                              | 29 |
| ▪ A. Short-term / À court terme .....                                                                                                                                                                                      | 30 |
| ▪ B. Long-term / À long terme .....                                                                                                                                                                                        | 29 |
| ▪ C. Future seismic activity should include the above research parameters/ Les<br>activités de sismique futures devraient inclure les paramètres de recherché<br>susmentionnés .....                                       | 31 |
| ▪ D. Applicability to other species / Applicabilité chez autres espèces.....                                                                                                                                               | 31 |
| ▪ E. Is it safe for fishery if seismic activity proceeds? / Est-il sécuritaire de<br>pratiquer la pêche lorsque des activités de sismique sont en cours ? .....                                                            | 31 |
| ▪ F. Other comments / Autres commentaires .....                                                                                                                                                                            | 31 |
| Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab / Impacts possibles de l'énergie<br>sismique sur le crabe des neiges .....                                                                                                | 32 |
| ▪ Communications Plan / Plan de communications .....                                                                                                                                                                       | 32 |
| ▪ The main results of this preliminary study / Les résultats principaux de cette<br>étude préliminaire.....                                                                                                                | 33 |
| Appendix 1 / Annexe 1 : List of participants / Liste des participants.....                                                                                                                                                 | 37 |
| Appendix 2 / Annexe 2 : Letter of invitation / Lettre d'invitation .....                                                                                                                                                   | 40 |
| Appendix 3 / Annexe 3 : Remit / Demande de renvoi .....                                                                                                                                                                    | 42 |
| Appendix 4 / Annexe 4 : Agenda / Ordre du jour .....                                                                                                                                                                       | 43 |
| Appendix 5 / Annexe 5 : Results of evaluation forms / Résultats des formulaires<br>d'évaluation .....                                                                                                                      | 45 |

### **Abstract**

The potential impact of seismic energy on the reproductive biology of snow crab is a concern of the fishing industry in the southern Gulf of St. Lawrence. Consequently, a partnership was developed among the Department of Fisheries and Oceans Canada, Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board, NS Department of Energy, Area 19 Snow Crab Fishermen's Association and Corridor Resources to conduct a collaborative study on the potential impacts of seismic energy on the reproductive biology of female snow crab. Caging and laboratory experiments were conducted in winter 2003 and spring 2004. The Caging experiment was conducted off the western coast of Cape Breton Island, Nova Scotia, a location with promising oil and gas reserves. It is also the site of one of the highest concentrations of snow crab in the world. The caging experiment examined short- (12 days) and medium- (5 months) term differences in the behaviour, morphology and physiology of snow crab at test and control sites. Snow crabs from both groups were also observed under laboratory conditions for differences in mortality, condition and behaviour over a six-month period. Results of this study were evaluated at a scientific peer review in Moncton NB, September 29, 2004.

### **Résumé**

Les impacts possibles de l'énergie sismique sur la capacité de reproduction du crabe des neiges constituent un sujet de préoccupation pour l'industrie de pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Par conséquent, un partenariat a été conclu entre le Ministère des Pêches et Océans Canada, l'Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers, le ministère de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, l'Association des pêcheurs de crabe des neiges de la zone 19 et la société Corridor Resources Inc. en vue de mener une étude concertée des effets possibles des bruits sismiques sur la capacité de reproduction des femelles adultes de crabe des neiges. Des expériences avec casier et en laboratoire ont été réalisées avant l'hiver 2003 ainsi qu'au printemps 2004. Les casiers ont été placés dans un endroit renfermant des réserves pétrolières et gazières prometteuses au large de la côte ouest du Cap-Breton (Nouvelle-Écosse), là où se trouve également l'une des plus grandes concentrations de crabes des neiges du monde. Grâce à l'expérience en casier, les scientifiques ont pu examiner, à court terme (12 jours) et à moyen terme (5 mois), le comportement, la morphologie et la physiologie du crabe des neiges dans un site d'essai et dans un site témoin. L'expérience en laboratoire a permis aux chercheurs d'observer des spécimens des deux groupes et examiner les différences au chapitre de la mortalité, de l'état et du comportement sur une période de six mois. Les résultats de cette étude ont été évalués dans le cadre d'un examen par les pairs réalisé à Moncton (Nouveau-Brunswick), le 29 septembre 2004.



**Overview of Scientific Peer Review  
Potential Impacts of Seismic Energy  
on Snow Crab**

**Moncton, New Brunswick  
September 29, 2004**

**Introduction**

The chair, Michael Chadwick, opened the meeting by greeting the participants (Appendix 1) and inviting them to introduce themselves. The following constituencies participated at this meeting: 10 scientific referees, 2 Aboriginal representatives, 11 public servants, 13 members of the crab industry, 10 members of the oil and gas industry and 9 other agencies. The meeting was conducted in both official languages and simultaneous translation was available. The letter of invitation is in Appendix 2.

The chair then referred to the objectives of this meeting, which are summarized in the remit (Appendix 3). Answers were sought for the following questions :

1. Is there evidence from this report that indicates irreversible harm (including death) to snow crab caused by these seismic operations?
2. Do these seismic operations produce mortality or morbidity in female snow crab carrying eggs?
3. Do these seismic operations produce short-term and medium term experiment effects on the behaviour of female snow crab?
4. Do these seismic operations produce long-term effects on the characteristics and morphology in gills and internal organs of female snow crab?
5. Do these seismic operations produce effects on the hatch of embryos carried by exposed female snow crab and subsequent morphology and locomotion of larvae?
6. What further research is required, if any?

**Survol de l'examen par les pairs des  
impacts possibles de l'énergie  
sismique sur le crabe des neiges**

**Moncton (Nouveau-Brunswick)  
Le 29 septembre 2004**

**Introduction**

Le président, Michael Chadwick, ouvre la réunion en souhaitant la bienvenue aux participants (annexe 1) et en les invitant à se présenter. Les participants se répartissent comme suit : dix examinateurs scientifiques, deux représentants de collectivités autochtones, onze fonctionnaires, treize membres de l'industrie de la pêche du crabe des neiges, dix membres de l'industrie pétrolière et gazière et neuf représentants d'autres organismes. La réunion se déroule dans les deux langues officielles et des services de traduction simultanée sont offerts. La lettre d'invitation est incluse à l'annexe 2.

Le président passe ensuite aux objectifs de la réunion qui sont résumés dans la demande de renvoi (annexe 3), soit de trouver réponse aux questions suivantes :

- Est-ce que les résultats de cette étude indiquent que les activités de sismique causent des torts irréversibles au crabe des neiges (y compris la mort)?
- Est-ce que les activités de sismique sont une cause de mortalité ou de morbidité des femelles oeuvées?
- Est-ce que les activités de sismique ont des effets à long terme sur le comportement des femelles?
- Est-ce que les activités de sismique ont des effets à long terme sur les caractéristiques et la morphologie des branchies et des organes internes des femelles?
- Est-ce que les activités de sismique ont des effets sur l'éclosion des oeufs des femelles exposées et la locomotion et les caractéristiques morphologiques des larves?
- Quels autres travaux de recherche seraient utiles, s'il y a lieu?

7. How applicable are the results and conclusions of this study to other crustacean species (e.g., other crab species and lobster)?

The product of this meeting was a Habitat Status Report that summarized answers to the above questions and provided a list of research recommendations.

The meeting was conducted as follows. Six working papers (titles in Appendix 4) were reviewed to help provide answers to the questions of the remit. The senior author of each working paper presented the results of analyses. External reviewers were asked to provide comments, after which the floor was opened to general discussion. Particular attention was paid to uncertainties in methods and results. A communication plan and draft Habitat Status Report were prepared. Two conference calls were conducted to finalize the latter. Rosalie Allen-Jarvis was rapporteur for all discussions.

A meeting evaluation form was completed by 19 of the participants. Most participants felt that the meeting was well conducted (Appendix 5).

### **Background to Issue**

On October 20, 2000, the CNSOPB received a directive from the federal and provincial Energy Ministers to conduct a Public Review on the effects of potential oil and gas exploration and drilling activities off the coast of Cape Breton. In order to provide scientific information to the commissioner, DFO scientists reviewed a series of working papers at a meeting of the Maritimes Regional Advisory Process in 2001 (DFO Maritime Provinces Regional Habitat Status Report 2001/01).

This meeting concluded that there was a lack of information on the potential impacts of seismic activities on snow crab, specifically:

- Acute mortality of eggs, larvae, juveniles, adolescents and adult males and females.
- Physiological impacts including structural

Dans quelle mesure les résultats et conclusions de cette étude s'appliquent-ils à d'autres espèces de crustacés (p. ex. d'autres espèces de crabe et le homard)?

Les réponses à ces questions et une liste de recommandations de recherche sont présentées dans un rapport sur l'état de l'habitat.

Six documents de travail (titres en annexe 4) sont passés en revue afin de trouver réponse à ces questions. L'auteur principal de chaque document en présente les résultats. Les examinateurs externes présentent ensuite leurs commentaires, puis tous participent à la discussion. Une attention particulière est portée aux incertitudes entourant les méthodes et les résultats. Un plan de communications et l'ébauche d'un rapport sur l'état de l'habitat sont préparés; ce dernier est parachevé par le biais de deux conférences téléphoniques. Rosalie Allen-Jarvis est la rapporteur pour toutes les discussions.

Un formulaire d'évaluation de la réunion est rempli par 19 participants; la plupart sont d'avis que celle-ci est un succès (annexe 5).

### **Contexte**

Le 20 octobre 2000, l'OCNEHE a reçu pour directive, de la part des ministres de l'Énergie des gouvernements fédéral et provincial, de procéder à un examen public des effets d'activités éventuelles d'exploration et de forage de pétrole et de gaz au large du Cap-Breton. Afin de fournir des renseignements scientifiques au commissaire, des scientifiques du MPO ont passé en revue une série de documents de travail lors d'une réunion tenue en 2001 dans le cadre du Processus consultatif régional (PCR) des provinces Maritimes (MPO – Maritimes, Rapport sur l'état de l'habitat 2001/001).

Il a été conclu lors de cette réunion que l'on manquait d'information sur les effets possibles des activités de sismique sur le crabe des neiges, plus particulièrement :

- le taux aigu de mortalité des oeufs, des larves, des juvéniles, des adolescents et des femelles et mâles adultes;
- les impacts physiologiques, y compris les

damage to hearing, digestive and reproductive organs, the respiratory system, digestive tracts and embryos and functional damage to hearing and the capacity of communication, molting, feeding and hatching.

- Abnormal behaviour during mating or molting.
- Movement and migration during all life stages.
- Impact on catch rate in the fishery.

The RAP also concluded that the area of interest off the west coast of Cape Breton is the location of a large and economically important snow crab fishery and an important area for larval settlement. All benthic phases and size groups of snow crab inhabit the area of interest and there are high landings and catch per unit of effort in the fishery.

In March 2003, DFO organized a workshop to produce an inventory of ecological factors that should be considered when dealing with referrals for seismic surveys in Canadian waters (DFO National Capital Region Habitat Status Report 2004/002). Some highlights from this report include:

- Information is lacking to evaluate the likelihood of sub-lethal or physiological effects on crustaceans during pre-molt, molting and post-molt periods.
- The ecological significance of the effects is expected to be low, except if effects of exposure to seismic sounds were to influence reproductive or growth activities.
- The potential for seismic sound to disrupt communication, orientation, detection of predator/prey, locomotion and other functional uses of sound has not been studied.

In recognition of the stated lack of knowledge on the potential effects of seismic activities on the health of the resident snow crab populations in Atlantic Canada, the Environmental Studies

dommages à la structure des éléments de l'ouïe, des organes de la digestion, des organes reproducteurs, du système respiratoire, du tube digestif et aux embryons et les dommages à la fonction de l'ouïe, à la capacité de communication, de mue, d'alimentation et d'éclosion des oeufs;

- le comportement anormal durant l'accouplement ou la mue;
- les déplacements et la migration à tous les stades du cycle vital;
- l'impact sur le taux de capture lors de la pêche.

Il a aussi été conclu lors du PCR que la zone d'intérêt à l'ouest du Cap-Breton est l'emplacement d'une pêche du crabe des neiges de grande envergure, importante au plan économique, et une importante aire d'établissement des larves sur le fond. Tous les stades benthiques et groupes de taille de l'espèce sont retrouvés dans la zone d'intérêt. De fortes prises y sont récoltées et les prises par unité d'effort sont élevées.

En mars 2003, le MPO a organisé un atelier de travail en vue de dresser un inventaire des facteurs écologiques qui devraient être considérés lors de l'examen préalable des projets de sismique dans les eaux canadiennes (MPO - Région de la capitale nationale, Rapport sur l'état de l'habitat 2004/002). Voici quelques points saillants tirés de ce rapport :

- on manque d'information pour évaluer la possibilité d'effets physiologiques ou sublétaux sur les crustacés avant, durant ou après la mue;
- on s'attend à ce que l'importance écologique des effets soit faible, sauf si les effets de l'exposition à du bruit sismique ont une incidence sur les activités de reproduction ou de croissance;
- le potentiel du bruit sismique de perturber la communication, l'orientation, la détection de prédateurs/proies, la locomotion et d'autres fonctions des sons n'a pas été étudié.

Reconnaissant le manque d'information constaté sur les effets possibles des activités de sismique sur la santé des populations résidentes de crabe des neiges du Canada atlantique, le Fonds pour

Research Funds (ESRF) of the National Energy Board (NEB) funded a scientific study on the effects of seismic energy on snow crab (*Chionoecetes opilio*). The results of this preliminary study suggested no obvious effects on adult crab behaviour, health or catch rates (Christian *et al.*, 2003). However, some uncertainty remained as the eggs of one female showed significant effects on development when exposed to seismic signals at a very close range (2 m).

In November 2003, the CNSOPB granted a permit to industry to conduct a seismic survey off the western coast of Cape Breton Island, Nova Scotia. DFO formed a partnership with CNSOPB, NS Department of Energy, Area 19 Snow Crab Fishermen's Association and Corridor Resources to conduct a collaborative study on the potential impacts of seismic energy and the reproductive biology of female snow crab. DFO's role was 1) to augment industry's regulatory compliance monitoring program base on sound-field measurements and 2) to expand the crab studies beyond a repeat of the preliminary study parameters undertaken by LGL by adding a comprehensive cage-study design. The sources of funding, including in-kind contributions, are provided below:

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Corridor Resources Inc.                                                            | \$170,000 |
| (includes sound propagation studies)                                               |           |
| NS Dept of Energy                                                                  | \$42,500  |
| DFO                                                                                | \$223,500 |
| (logistical support, salary and partnership contribution to St. Francis Xavier U.) |           |
| ESRF                                                                               | \$100,000 |
| (field support – spring program)                                                   |           |
| Total                                                                              | \$536,000 |

Caging and laboratory experiments were conducted in winter 2003 and spring 2004 to assess the potential impact of seismic energy on mature female snow crab. The Caging experiment was conducted off the western coast

l'étude de l'environnement (FEE) de l'Office national de l'énergie (ONE) a financé une étude scientifique des effets de l'énergie sismique sur le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*). Les résultats de cette étude préliminaire ne semblent pas indiquer que celle-ci a des effets évidents sur le comportement des crabes adultes, leur santé ou leur taux de capture (Christian *et al.*, 2003). Il demeure toutefois certaines incertitudes; le développement des oeufs d'une femelle a été significativement perturbé lorsque celle-ci a été exposée à du bruit sismique à très courte distance (2 m).

En novembre 2003, l'OCNEHE a délivré une licence à l'industrie pour mener un relevé sismique au large de la côte ouest du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse. Le MPO a conclu un partenariat avec l'OCNEHE, le ministère de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, l'Association des pêcheurs de crabe des neiges de la zone 19 et la société Corridor Resources Inc. en vue de mener une étude concertée des effets possibles du bruit sismique sur la capacité de reproduction du crabe des neiges femelle. Le rôle du MPO était : 1) de compléter le programme de surveillance de la conformité de l'industrie aux règlements reposant sur des mesures du champ acoustique et 2) d'étendre les études sur le crabe des neiges au-delà des premiers paramètres étudiés par la société LGL par l'ajout d'un volet exhaustif d'expériences portant sur des spécimens en casier. Les fonds requis, y compris les contributions en nature, provenaient des sources suivantes :

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Corridor Resources Inc.                                                                         | 170 000 \$ |
| (dont des études sur la propagation des sons)                                                   |            |
| Ministère de l'Énergie de la N.-É.                                                              | 42 500 \$  |
| MPO                                                                                             | 223 500 \$ |
| (soutien logistique, salaires et contribution de partenariat à l'Université St. Francis Xavier) |            |
| ESRF                                                                                            | 100 000 \$ |
| (soutien sur le terrain – printemps)                                                            |            |
| Total                                                                                           | 536 000 \$ |

Des expériences en casier et en laboratoire ont aussi été réalisées au cours de l'hiver 2003 et du printemps 2004 en vue d'évaluer l'impact possible du bruit sismique sur les femelles adultes du crabe des neiges. Les casiers ont été placés dans un

of Cape Breton Island, Nova Scotia, a location with promising oil and gas reserves. It is also the site of one of the highest concentrations of snow crab in the world. The caging experiment examined short- (12 days) and medium- (5 months) term differences in the behaviour, morphology and physiology of snow crab at test and control sites. Snow crab from both groups were also observed under laboratory conditions for differences in mortality, condition and behaviour over a six-month period.

endroit renfermant des réserves pétrolières et gazières prometteuses au large de la côte ouest du Cap-Breton (Nouvelle-Écosse), là où se trouve également l'une des plus grandes concentrations de crabes des neiges du monde. Elle visait à établir les différences à court (12 jours) et à moyen (5 mois) terme dans le comportement, la morphologie et la physiologie du crabe dans un site d'essai et un site témoin. Des spécimens des deux groupes ont aussi été observés en laboratoire afin d'établir s'ils montraient des différences au chapitre de la mortalité, de la condition et du comportement sur une période de six mois.

**Acoustic Monitoring of Corridor Resources Inc. 2003 2-D Seismic Program off Western Cape Breton, Nova Scotia**

**Surveillance acoustique du programme de relevé sismique 2-D de Corridor Resources Inc. mené en 2003 à l'ouest du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse**

**Written by:** Melanie E. Austin, Marjo H. Laurinolli, Scott A. Carr and Alex O. MacGillivray

**Auteurs :** Melanie E. Austin, Marjo H. Laurinolli, Scott A. Carr et Alex O. MacGillivray

**Presented by:** Marjo Laurinolli, JASCO Research Ltd.

**Présentateur :** Marjo Laurinolli, JASCO Research Ltd.

**Summary**

**Résumé**

Corridor Resources Ltd. implemented a comprehensive monitoring program as a means of accurately documenting underwater sound production by their 2003 2-D seismic program off western Cape Breton, Nova Scotia. The intent of the program was to determine the resulting ensonification of the marine environment over a large area, and to monitor the exposure of caged snow crab for later analysis. JASCO Research Ltd. conducted an acoustic monitoring program, the pertinent results of which are summarized below.

Corridor Resources Inc. a exécuté un programme exhaustif de surveillance afin de documenter avec exactitude la production de sons sous l'eau dans le cadre de relevé sismique 2D effectué au large de la côte ouest de l'île du Cap-Breton (Nouvelle-Écosse) en 2003. Le but de ce programme de surveillance était de déterminer le degré d'insonification d'une grande zone du milieu marin consécutif au relevé sismique et de surveiller l'exposition de crabes des neiges en casiers aux ondes acoustiques aux fins d'analyse ultérieure. JASCO Research Ltd. a réalisé un programme de surveillance acoustique, et les résultats pertinents de celui-ci sont présentés ci-après.

*Close range measurements and safety range determination*

*Mesures à courte distance et détermination de la zone de sécurité*

Sound pressure measurements were made at close range to the airgun array. It was noted that maximum levels were received broadside of the array. The maximum ranges to which rms levels of 180 dB re  $\mu$ Pa and 190 dB re  $\mu$ Pa were received were determined (by extrapolation of measured data) to be 744 m and 236 m, respectively.

Les mesures de la pression acoustique ont été faites à courte distance d'un réseau de canons à air. Les niveaux les plus élevés ont été enregistrés par le travers du réseau. Les distances maximales où les niveaux sonores efficaces atteignent 180 dB re :  $\mu$ Pa et 190 dB re :  $\mu$ Pa ont été établies (par extrapolation des données mesurées) respectivement à 744 et 236 m.

*Propagation of sound horizontally away from the array*

Levels received broadside to the array were noted to be approximately 10 dB greater than levels received from the array endfire. The levels were seen to decrease with range in accordance with a standard, empirical transmission loss curve.

*Sound levels received at long ranges from the array*

At long ranges from the airgun array, it was noted that low frequency sound energy was decreased due to ocean bottom and surface interactions. Sound that propagated to the crab cage control site passed over varying bottom topography, resulting in lower received levels than those received at corresponding ranges at the crab test cage site where the sound traveled over a smoother bottom.

*Sound levels measured at the caged snow crab holding locations*

The maximum rms sound pressure levels received at the caged snow crab test site measured 178 db re  $\mu$ Pa and occurred at OBS-P as the *Admiral* passed by along line CHT-108-08 at a range of 138 m. The maximum rms sound pressure level received at the control site was observed at OBS-T as the *Admiral* passed by along line CHT-101-01 and measured approximately 118 dB re  $\mu$ Pa at a range of 23 km.

**Notes**

- Sensitivities of OBS somewhat uncertain (test site sensitivity could be off by +/- 10 dB, probably + 10dB)
- 7 different seismic lines were analyzed
- rms sound level = average sound level over period of pulse
- Broadside levels 10-12 dB higher than endfire levels
- Topographic barriers resulted in sound

*Propagation des ondes acoustiques à l'horizontale à partir du réseau de canons à air*

Les niveaux enregistrés par le travers du réseau sont environ 10 dB plus élevés que ceux enregistrés en bout de ligne. Les niveaux ont diminué en fonction de la distance conformément à une courbe d'étalonnage empirique de la perte de transmission.

*Niveaux sonores enregistrés à grande distance du réseau de canons à air*

À grande distance du réseau de canons à air, l'énergie sonore à basse fréquence était faible en raison des interactions entre le fond marin et la surface de l'eau. Les ondes acoustiques qui ont atteint le site témoin de casiers à crabes ont passé au-dessus d'un fond marin caractérisé par divers éléments topographiques, ce qui explique pourquoi les niveaux sonores enregistrés à cet endroit sont plus faibles que ceux enregistrés au site d'essai, les ondes ayant parcouru un fond moins accidenté pour parvenir à ce site.

*Niveaux sonores enregistrés aux sites d'élevage du crabe des neiges en casiers*

La pression acoustique efficace maximale enregistrée au site d'essai est de 178 dB re :  $\mu$ Pa (mesure prise par le sismographe de fond océanique P quand l'*Admiral* est passé le long du profil CHT-108-08 à une distance de 138 m). La pression acoustique efficace maximale enregistrée au site témoin est de 118 dB re :  $\mu$ Pa (mesure prise par le sismographe de fond océanique T quand l'*Admiral* est passé le long du profil CHT-101-01 à une distance de 23 km).

**Remarques**

- Il existe une légère incertitude en ce qui a trait à la sensibilité des sismographes de fond océanique (au site d'essai, la sensibilité réelle pourrait être de 10 dB inférieure ou supérieure aux résultats [probablement supérieure]).
- 7 profils sismiques différents ont été analysés.
- Niveau sonore efficace = Niveau sonore moyen au cours de la période d'impulsion.
- Les niveaux enregistrés par le travers sont de 10 à 12 dB supérieurs à ceux enregistrés en bout de ligne.
- Les obstacles topographiques ont eu pour effet

levels 10 dB higher at test site than control site when sound source was 20 km away

- OBS at 60 m (test) and 75 m (control) depth
- Guns let off at 6 m depth

### **Questions and Answers**

**Arthur Popper**

*Were ambient levels measured?*

No

**Hal Whitehead**

*Why were the controversial levels of 180 dB and 190 dB selected?*

- Marjo couldn't provide answer

**Ross Claytor**

*Test site was near edge of area. Broadside levels higher than endfire. Some areas might be more sensitive to cumulative sound levels. Can we map or otherwise demonstrate cumulative sound levels over the area to identify "hot spots" of sound?*

- Marjo indicated that they reported maximum levels from any given airgun pulse

**Arthur Popper**

*Could we present the sound levels over the 48 hours following a pulse, as compared with ambient levels?*

- JASCO Research Ltd. would have needed more time and money to conduct this work

**Gérard Conan**

*How can we compare with levels that would affect whales? snapping shrimp?*

que les niveaux sonores enregistrés au site d'essai ont été 10 dB plus élevés que ceux enregistrés au site témoin (source sonore à 20 km).

- Les sismographes de fond océanique étaient situés à 60 m (site d'essai) et 75 m (site témoin) de profondeur.
- Les canons à air ont été utilisés à 6 m de profondeur.

### **Questions et réponses**

**Arthur Popper**

*Est-ce que les niveaux sonores ambiants ont été mesurés?*

Non

**Hal Whitehead**

*Pourquoi avoir choisi les niveaux controversés de 180 dB et 190 dB?*

- Marjo ne peut répondre à cette question.

**Ross Claytor**

*Le site d'essai était à proximité de la limite de la zone d'intérêt. Les niveaux enregistrés par le travers sont supérieurs à ceux enregistrés en bout de ligne. Certains secteurs sont peut-être plus sensibles aux niveaux sonores cumulatifs. Est-il possible de cartographier ou représenter d'une autre façon les niveaux sonores cumulatifs à l'intérieur de la zone d'intérêt afin de relever les endroits où ceux-ci sont particulièrement élevés?*

- Marjo souligne que les niveaux maximaux ont été signalés pour chacune des impulsions produites par les canons à air.

**Arthur Popper**

*Est-il possible de présenter les niveaux sonores enregistrés au cours des 48 heures suivant chaque impulsion et de comparer ceux-ci aux niveaux ambiants?*

- JASCO Research Ltd. aurait eu besoin de plus de temps et d'argent pour effectuer un tel travail.

**Gérard Conan**

*Comment pouvons-nous comparer les résultats avec les niveaux qui auraient une incidence sur les*

*baleines? sur Alpheus heterochelis?*

**Yvan Simard**

- Replied to whales/shrimp question – missed answer
- Replied to Ross' question – Possible to do cumulative mapping but it would be very complex and we would first need to ensure that the model is representative in terms of sound propagation and how medium is changing over time/space
- In report, JASCO Research Ltd. should map the two different text site cages (even though only 100 m apart)

**Kenneth Lee**

- Replied to Hal's question – The sound levels of 180 dB and 190 dB were selected to identify safety zone
- OBS were deployed as close as possible to crab traps (i.e., immediately under seismic line) to present worst-case scenario

**Jerry Payne**

*Given that it was a 3-D survey, can we determine cumulative energy levels in a period of several days after a couple of passes?*

Could be calculated from these results as OBS were recording continuously, but we first need to be more certain of OBS sensitivity

**Shawn Robinson**

*What is decline in sound over depth (i.e., is it exponential)? What is sound source level (i.e., measured at 1m from source)?*

- Don't know sound source levels
- Standard transmission loss with depth

**Yvan Simard**

- Réponse à la question à propos des baleines et de *Alpheus heterochelis*, mais la réponse n'est pas entendue.
- Réponse à la question de Ross. – La cartographie des niveaux sonores cumulatifs est possible, mais très complexe, et nous devrions d'abord nous assurer que le modèle est représentatif en termes de propagation des ondes sonores et de variation du milieu en fonction du temps et du lieu.
- Dans le rapport, JASCO Research Ltd. devrait indiquer l'emplacement des deux types de casiers utilisés au site d'essai (même s'ils n'étaient séparés que de 100 m).

**Kenneth Lee**

- Réponse à la question de Hal. – Les niveaux sonores de 180 et 190 dB ont été choisis afin d'établir la zone de sécurité.
- Les sismographes de fond océanique ont été placés aussi près que possible des casiers à crabes (c.-à-d. directement sous le profil sismique) afin d'illustrer le pire des scénarios.

**Jerry Payne**

*Étant donné que c'était un relevé 3D, est-il possible de déterminer les niveaux d'énergie cumulatifs sur plusieurs jours après deux passages?*

- Ces niveaux pourraient être calculés à partir des résultats disponibles puisque les sismographes de fond océanique ont enregistré des données en continu, mais nous devons d'abord en savoir davantage sur la sensibilité des sismographes.

**Shawn Robinson**

*Quelle est la baisse du niveau sonore en fonction de la profondeur (c.-à-d. est-elle exponentielle)? Quel est le niveau sonore de la source (c.-à-d. niveau mesuré à 1 m de la source)?*

- Le niveau sonore à 1 m de la source est inconnu.
- Le niveau sonore baisse en fonction de la profondeur conformément à une courbe

d'étalonnage de la perte de transmission.

**Geoff Hurley**

*Did we look at ambient levels before seismic survey started? Are ambient levels at the test site noisier than at control site?*

- OBS deployed by GeoForce on Dec 15 – not sure if the OBS were set to run before seismic activity started

**Mikio Moriyasu**

- OBS were measuring noise from *Admiral* as well as airguns

**Effects of Seismic Noise on Female Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Evaluated by Caging Study Conducted off Western Cape Breton Island in 2003-2004**

**Written by:** Mikio Moriyasu, Khadra Benhalima, Renée Allain, Marcel Hébert, Elmer Wade, Christine Sabeau and Susan C. Belfry

**Presented by:** Mikio Moriyasu, Fisheries and Oceans Canada (Gulf Region)

**Summary**

An abbreviated caging experiment was conducted to assess the potential impacts of seismic energy on mature female snow crab (*Chionoecetes opilio*). The experiment was conducted in the location of promising oil and gas reserves off the western coast of Cape Breton. It is also the site of the highest concentration of snow crab in the world. The experiment examined short- (12 days) and medium- (5 months) term differences in the behavior and morphology of crab at the test and control sites.

There was no significant difference in mortality of external morphology between the two sites. There were significant differences in antennule, statocyst and gill characteristics as well as in hepatopancreas and ovarian structure between the two sites. Animals from the test site had dirty antennules, gills and statocysts, and abnormal features in the hepatopancreas and

**Geoff Hurley**

*Les niveaux ambiants ont-ils été examinés avant le début du relevé sismique? Ces niveaux sont-ils plus élevés au site d'essai qu'au site témoin?*

- Les sismographes de fond océanique ont été mis en place le 15 décembre par GeoForce. Nous ne sommes pas certains que les sismographes étaient programmés pour enregistrer des données avant le début des activités de prospection sismique.

**Mikio Moriyasu**

- Les sismographes de fond océanique ont mesuré les bruits produits par l'*Admiral* et par les canons à air

**Étude des effets du bruit sismique sur des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) femelles mises en casier au large de la côte ouest du Cap-Breton en 2003-2004**

**Auteurs :** Mikio Moriyasu, Khadra Benhalima, Renée Allain, Marcel Hébert, Elmer Wade, Christine Sabeau et Susan C. Belfry

**Présenté par :** Mikio Moriyasu, Pêches et Océans Canada (Région du Golfe)

**Résumé**

Une expérience de mise en casier de femelles adultes du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) a été menée en vue d'évaluer les impacts possibles du bruit sismique sur celles-ci. Les casiers ont été mouillés à un endroit renfermant des réserves pétrolières et gazières prometteuses sur la côte ouest du Cap-Breton, là où se trouve également la plus grande concentration de crabe des neiges du monde. Les différences dans le comportement et la morphologie des crabes au site d'essai et au site témoin ont été examinées à court (12 jours) et à moyen (5 mois) terme.

Aucune différence significative au chapitre de la mortalité et de la morphologie externe n'a été relevée entre les deux sites; par contre, des différences significatives ont été relevées au niveau des antennules, des statocystes et des branchies, ainsi que de la structure de l'hépatopancréas et des gonades. Chez les crabes du site d'essai, ces trois premiers organes étaient

ovaries. Animals were able to clear antennules and gills, and repair statocysts within 5 months. It is not known what behavioral implications the changes may have had. Changes to hepatopancreas and ovaries suggest subtle, long-term effects, which need to be addressed in future studies.

souillés et les deux autres, contusionnés. Les crabes ont réussi à nettoyer leurs branchies et leurs antennules et à réparer leurs statocystes dans les cinq mois suivants, mais on ne sait pas si ces effets du bruit sismique ont eu des incidences sur le comportement. Les changements au niveau de l'hépatopancréas et des gonades suggèrent des effets subtiles à long terme, qui doivent être étudiés.

### **Notes**

- Cages set Dec 11, 2003
- Seismic began Dec 19, 2003
- Short-term cage retrieval Dec 23, 2003 before all lines were shot (9 lines were shot afterwards)
- Medium-term cage retrieved May 11, 2004
- Short-term cages had less exposure than medium-term cages
- Control site exposed to sound so not really "control"
- 25 crabs per cage
- Eyes are not sensitive to seismic energy
- Research required – Cellular structures of gills not studied; possible hemorrhaging in test animals (didn't look at all animals)
- Some hemorrhaging of ovaries in test animals
- Hepatopancreas changes may indicate persistent stressed condition
- Glycogen granules coated hepatopancreas, as demonstrated with diastase treatment
- Need a larger sample size to confirm hepatopancreas results – have enough test animals to do so
- Hepatopancreas and oocyte abnormalities – impact on life cycle is unknown
- Senile females were excluded for oocyte examination

### **Remarques**

- Mouillage des cages le 11 décembre 2003
- Début du relevé sismique le 19 décembre 2003
- Relevage des cages de l'expérience à court terme le 23 décembre 2003, avant la réalisation de tous les profils sismiques (9 profils ont été réalisés par après)
- Relevage des cages de l'expérience à moyen terme le 11 mai 2004
- Cages de l'expérience à court terme exposées moins longtemps au bruit sismique
- Site témoin exposé au bruit sismique, donc pas vraiment un site témoin
- 25 crabes par cage
- Yeux - pas sensibles au bruit sismique
- Recherches requises - structures cellulaires des branchies n'ont pas été étudiées; hémorragie possible chez les crabes du site d'essai (tous les crabes n'ont pas été examinés)
- Faible hémorragie des gonades chez les crabes du site d'essai
- Changements dans l'hépatopancréas peuvent indiquer un stress persistant
- Hépatopancréas recouvert de grains de glycogène – PAS diastase
- Plus gros échantillon requis pour confirmer les résultats relatifs à l'hépatopancréas; assez de crabes disponibles pour le faire
- Anomalies de l'hépatopancréas et des ovocytes – impacts inconnus sur le cycle vital
- Ovocytes des vieilles femelles n'ont pas été examinés

**Questions and Answers**

**Mark Hanson**

Control and test animals might not be from the same population. Control animals are significantly larger and there is a higher incidence of senile animals than test animals

- This is nature of snow crab distribution
- Two different boats gathered the animals – not drawn entirely randomly from a single group
- Technically speaking, given constraints, couldn't do draw from a single pool

Animals weren't randomized from general pool – were taken from two general pools

Cannot separate site effects from treatment effects

- Temperature regimes were different (test site between zero and -1.5 °C: near metabolically inactive; control site between zero and +1 °C: near ideal temps) because these crab have very limited temperature requirements physiologically
- Put them in after some exposure so they already had some muck in their gills already
- Medium-term crab were exposed to five additional days in mud that had been stirred up

**Gérard Conan**

A temperature profile is needed and it should be noted that salinity can vary as a function of depth. In future research, this should be considered.

**Ross Claytor**

*In other animals that have a hepatopancreas, has the Type 4 abnormality been found?*

- Yes, when animals are exposed to extreme starvation

**Questions et réponses**

**Mark Hanson**

Les crabes expérimentaux et les crabes témoins ne proviennent peut-être pas de la même population : les témoins sont nettement plus gros et ce groupe comprend plus de vieux individus que le groupe expérimental.

- Reflète la nature de la distribution du crabe.
- Deux navires ont récolté les crabes; ils n'ont pas été pris entièrement au hasard dans un seul groupe.
- Sur le plan technique, en raison des contraintes, il était impossible qu'ils proviennent d'un seul groupe.

Crabes proviennent de deux groupes.

Effets du site ne peuvent être séparés des effets du traitement.

- Régimes de température différents (site d'essai : entre 0 et -1,5 °C, métabolisme presque nul; site témoin : entre 0 et 1 °C, températures presque idéales) parce que les besoins physiologiques de ce crabe sur le plan thermique sont très limités.
- Crabes exposés à de la vase avant le début de l'expérience de sorte à souiller un peu leurs branchies.
- Crabes de l'expérience à moyen terme exposés à de la vase mise en suspension pendant cinq autres jours.

**Gérard Conan**

Un profil de la température est requis. On doit aussi noter que la salinité peut varier selon la profondeur. Ces deux facteurs devraient être considérés lors de recherches futures.

**Ross Claytor**

*Est-ce que l'anomalie de type 4 de l'hépatopancreas a été retrouvée chez d'autres animaux en possédant un?*

- Oui, chez des animaux affamés.

**Ross Claytor**

*What are the consequences of the larger diameter of the ovary in test animals?*

- Mikio has not seen this before and he doesn't know the consequences.
- Mikio indicated that a larger oocyte is not necessarily better because it is not the yolk that is enriched. Rather, the egg protection is larger.
- Affected oocytes were extruded after larvae hatched. In this study, not enough emphasis was placed on this. Instead, they looked at newly hatched eggs
- Liquification of yolks has been seen in other species

**Gérard Conan**

Noted that this is original info. Would like to see statistics (e.g., contingency tables indicating statistical results), including an indication of the number of animals required to reach significance.

**Mikio Moriyasu**

Snow crab naturally spends lots of time in the sediment but do not have dirty gills.

**Jean-Claude Brêthes**

Most of test included yes/no results so statistics may not be required.

*Were the observations made by only person?*

- Yes

**Jean-Claude Brêthes**

*Provide a summary of the impacts on various organs.*

- Eyes – not a useful indicator
- Antennules – some doubt about relationship
- Statocysts – clear relationship
- Gills – clear relationship

**Ross Claytor**

*Quelles conséquences a le diamètre plus gros des ovocytes chez les crabes expérimentaux?*

- Mikio n'a jamais vu cela et il ne sait pas quelles en sont les conséquences.
- Mikio est d'avis que des ovocytes plus gros ne confèrent pas forcément un avantage parce que le vitellus n'est pas plus abondant. Les ovocytes sont simplement mieux protégés.
- Les ovocytes affectés ont été pondus après la sortie des larves. Pas assez d'accent a été mis sur ce fait lors de cette étude, seuls les oeufs nouvellement éclos ayant été étudiés.
- La liquéfaction du vitellus a été observée chez d'autres espèces.

**Gérard Conan**

Remarque que ce sont là les premières données sur le sujet. Aimerais avoir des statistiques (p. ex. tableau de contingence des statistiques), y compris le nombre de crabes requis pour la signification.

**Mikio Moriyasu**

Le crabe des neiges passe normalement beaucoup de temps enfoui dans les sédiments, mais ses branchies ne sont pas souillées.

**Jean-Claude Brêthes**

Comme la plus grande des résultats sont des réponses à des questions par vrai ou faux, des statistiques ne sont peut-être pas requises.

*Est-ce que les observations ont été faites par la même personne?*

- Oui

**Jean-Claude Brêthes**

*Faites un résumé des effets sur divers organes*

- Yeux –pas un bon indicateur
- Antennules – certains doutes quant à la relation
- Statocystes - relation claire
- Branchies – relation claire

- Hepatopancreas – clear relationship
- Heart – no difference
- Spermathecae – no difference but more study necessary
- indirect effects of sediments could be very important
- if we put crab in natural habitat (i.e., soft bottom), what would happen
  - different sound reflection off hard bottom
- caged animals have no choice in what they feed upon

**Arthur Popper**

- Was it a blind or double-blind study (to avoid bias)? Ideally, there should be multiple observers who don't know the origin and treatment of animals.
- We also need baseline animals, in addition to control animals to determine if effects are due to location itself.

**Hal Whitehead**

- In what ways was the habitat of the cages different from their natural habitat (sediment, densities, feeding)
- Mikio will compare cage densities with densities in the wild.

**Gérard Conan**

*Crabs who have stopped molting have lost ability to regenerate. Provide information regarding post-molters rather than pre-molters.*

- study animals were all post-molted females carrying 2<sup>nd</sup>-year eggs

**Kenneth Lee**

Environmental difference, other than temperatures, between sites. Not just mineral fines in gills, but an organic matrix (including diatoms) with mineral fines embedded in it (adhering to gills). *Since there is more organic detritus (e.g., diatoms) at test site than control*

- Hépatopancréas - relation claire
- Coeur – aucune différence
- Spermathèque – aucune différence, mais d'autres études sont nécessaires
- Effets indirects des sédiments pourraient être très importants
- Si le crabe est placé dans son habitat naturel (fonds mous), que se passerait-il?
  - les fonds durs ne réfléchissent pas le bruit de la même manière
- Les crabes gardés dans des casiers ne peuvent pas choisir leurs proies.

**Arthur Popper**

- L'étude était-elle à simple ou à double insu (afin d'éviter le biais)? Idéalement, il faudrait avoir plusieurs observateurs qui ne savent pas d'où proviennent les crabes et à quel traitement ils ont été soumis.
- Il faudrait des crabes de référence aussi, en plus des crabes témoins, pour pouvoir établir si les effets sont imputables à l'endroit seul.

**Hal Whitehead**

- Dans quelle mesure l'habitat où ont été mouillés les casiers était-il différent de l'habitat naturel de ce crabe (sédiments, densités des crabes, nourriture)?
- Mikio comparera les densités dans les casiers et les densités dans la nature.

**Gérard Conan**

*Les crabes qui ne muent plus ne peuvent plus remplacer les parties perdues. De l'information sur les crabes qui ont déjà mué devrait être fournie.*

- Les crabes que nous avons étudiés étaient tous des femelles qui avaient déjà mué et qui portaient des oeufs pour de deux ans.

**Kenneth Lee**

Différences environnementales, autres que la température, entre les sites. Pas seulement de fines particules minérales, mais une matrice de matières organiques (dont des diatomées) recouverte de celles-ci, adhérant aux branchies. *Comme il y a plus de débris organiques (p. ex.*

*site, isn't it likely that gill contamination more likely related to this than sediment?*

- First time in Mikio's experience that he has seen this.

**Mikio Moriyasu**

- Control site still got effect of noise therefore not a real control site
- Everywhere in Gulf hatching was delayed this year as a result of temp

**Yvan Simard**

- Add table showing differences of two sites
- Temps, sediment, diatoms, light, prey community, topography could vary between sites
- Concern with statistics re: clean/dirty antennules

**Arthur Popper**

Short-term animals received less sound than medium-term

Two variables – time and sound

*Isn't it possible that difference between oocytes in the short-term and medium-term is related to amount of sound exposure or accumulation of degradation of tissue?*

- If we had pulled up cages five days earlier, it is possible we would have seen less damage to oocytes
- Test site wasn't in middle of exposure area – probably represents minimal exposure

What is the normal crab behaviour to fright stimulus?

Where does it normally go if frightened?

- We don't know. Females usually stay in the substrate

Shearing – normally females would be exposed

*diatomées) au site d'essai qu'au site témoin, n'est-il pas davantage probable qu'ils causent l'encrassement des branchies plutôt que les sédiments?*

- C'est la première fois que Mikio a observé cela.

**Mikio Moriyasu**

- Comme le site témoin a aussi été exposé au bruit sismique, ce n'est pas un vrai site témoin.
- L'éclosion des oeufs a tardé partout dans le Golfe cette année en raison de la faible température de l'eau.

**Yvan Simard**

- Ajouter un tableau indiquant les différences entre les deux sites.
- La température, les sédiments, la quantité de diatomées, la communauté de proies, l'intensité lumineuse et la topographie peuvent varier d'un à l'autre.
- Réserves quant aux statistiques sur les antennules propres ou souillées.

**Arthur Popper**

Les crabes de l'expérience à court terme ont été exposés moins longtemps au bruit.

Deux variables – la durée et le niveau d'exposition

*Se peut-il que la différence observée chez les ovocytes des crabes exposés à court et à moyen terme soit imputable au niveau d'exposition au bruit ou à l'accumulation de tissus morts?*

- Si nous avons relevé les casiers cinq jours plus tôt, il se peut que les ovocytes auraient été moins endommagés.
- Le site d'essai n'était pas situé au milieu de la zone de prospection; il a probablement été peu exposé au bruit sismique.

Comment le crabe réagit-il normalement lorsqu'il est effrayé?

Où se cache-t-il lorsque effrayé?

- Nous ne savons pas. Les femelles restent habituellement enfouies dans le substrat.

Cisaillement – normalement, les femelles seraient

to greater noise than we're showing

**Shawn Robinson**

Patterns of water currents may differ

Organic matrix differ – clean sediments at one site, organic at other site

**Jerry Payne**

Minor changes vs gross affects – small difference in oocytes and hepato could be related to different populations

Not unreasonable to suggest that impacts may not be seismic

Were animals randomized?

Slides were chosen randomly

**Fred Kennedy**

Area 19 part of a lobby against seismic until proper scientific study is conducted

Upset that Mark Hanson would propose to “completely trash” the study

Should have discussion internally before coming to this point

**Greg Roach**

Dragging of cages in the ST – same at both sites, same at both sites, was it factor in impacts?

Couldn't pinpoint where we put the cages and where we recovered them.

Dragging expt – Dragged females on muddy bottom for 2 hours – didn't include these results in this report because we couldn't have control – didn't give any diff of sediment in statocysts or gills

Almost all control animals were senile females

**Gérard Conan**

Replied to Area 19 – Normal confrontation in a scientific meeting, not harsh

exposées à un niveau de bruit plus élevé.

**Shawn Robinson**

Le régime de courants pourrait être différent.

Différence dans la matrice de matières organiques – sédiments propres à un site, débris organiques à l'autre

**Jerry Payne**

Effets mineurs v. effets évidents – petites différences au niveau des ovocytes et de l'hépatopancréas peuvent être imputables au fait que les crabes proviennent de populations différentes.

Il n'est pas déraisonnable de suggérer que les effets soient d'origine autres que sismique.

Les crabes ont-ils été choisis au hasard?

Les diapos ont été choisies au hasard.

**Fred Kennedy**

Les pêcheurs de la zone 19 font du lobbyisme contre la prospection sismique en attendant qu'une étude scientifique adéquate soit menée.

Ils sont fâchés que Mark Hanson ait proposé de « mettre cette étude à la poubelle ».

La question devrait être discuté à l'interne avant d'en venir à ce point.

**Greg Roach**

Est-ce que le dragage des cages aux deux sites de l'expérience à court terme a eu un impact?

Endroit exact du mouillage et du relevage des casiers inconnu.

Expérience de dragage de femelles sur un fond de vase pendant deux heures. Résultats ne sont pas inclus dans le rapport en raison de l'absence d'un groupe témoin. Aucune différence dans la quantité de sédiments sur les statocystes et les branchies.

Presque tous les crabes témoins étaient de vieilles femelles.

**Gérard Conan**

A répondu aux pêcheurs de la zone 19. Confrontation normale dans une réunion

scientifique. Rien d'agressif.

**Effects of Seismic Noise on the Mobility of  
Stage 1 Snow Crab (*Chionoecetes opilio*)  
Larvae**

**Written by:** Ryan R.E. Stanley, Simon C. Courtenay and M. Edwin DeMont

**Presented by:** Edwin DeMont, St. Francis Xavier University

**Summary**

This research was initiated to assess the impacts of seismic exploration on the kinematics of swimming in larval snow crab (*Chionoecetes opilio*). Much concern has been raised about the impact of seismic testing on the development and long term health of snow crab. Using swimming capabilities as an indication of the health of the animal, the effects of seismic exploration can be tested. The cycle time of the propulsive limbs and maximum body velocities were used as experimental parameters to assess the swimming capabilities, and infer the health of the animal. The swimming behaviour and kinematic parameter observed in this work are similar to those measured in other species of crustacean larvae.

The commercial importance of snow crab to the Nova Scotia economy is well known and is of great concern as the province moves toward increased offshore oil and gas exploration and development. Snow crab do not have an enclosed air bladder thus seismic noise should not have any behavioral or physiological impacts on the animals. The results of this work show no significant difference between the two measured swimming kinematic parameters, therefore we conclude that the general health of the stage one snow crab larvae was not impacted by the seismic noise.

**Notes**

- no input into field aspect; MT animals were supplied to them
- mobility (i.e., swimming ability) between control and test animals
- high-speed video images captured with

**Effets du bruit sismique sur la mobilité des  
larves de stade 1 du crabe des neiges  
(*Chionoecetes opilio*)**

**Auteurs :** Ryan R.E. Stanley, Simon C. Courtenay et Edwin DeMont

**Présenté par :** Edwin DeMont, Université St. Francis Xavier

**Résumé**

Cette recherche visait à évaluer les impacts de la prospection sismique sur la kinématique de la nage des larves du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*). Les impacts de cette activité sur le développement et la santé à long terme de cette ressource soulèvent de fortes préoccupations. On peut évaluer ces impacts en se servant des capacités de nage comme indicateur de la santé d'un animal. Le temps de cycle des pattes propulsives et la vitesse maximale du corps ont servi de paramètres expérimentaux pour évaluer les capacités de nage et déduire l'état de santé de l'animal. Le comportement de nage et les paramètres kinématiques observés dans le cadre de la présente étude sont semblables à ceux mesurés chez des larves d'autres espèces de crustacés.

Le crabe des neiges joue un rôle de premier plan dans l'économie de la Nouvelle-Écosse. Le fait que la province privilégie la prospection et l'exploitation du pétrole et du gaz au large des côtes soulève de fortes préoccupations. Comme ce crabe ne possède pas une vessie gazeuse, le bruit sismique ne devrait pas avoir d'effet sur son comportement ou sa physiologie. Les résultats de cette étude ne révèlent aucune différence significative entre les deux paramètres kinématiques mesurés; nous concluons donc que le bruit sismique n'a pas eu d'impact sur l'état général de santé des larves de stade 1.

**Remarques**

- Aucune participation aux travaux sur le terrain; crabes de l'expérience à moyen terme leur ont été fournis.
- Mobilité (c.-à-d. capacité de nage) des témoins et des expérimentaux.
- Captures d'images vidéo à grande vitesse et

frame-by-frame kinematic analysis of velocity of body or parts of body

- 500 frames per second
- analyzed 20 larvae from each the control and test groups
- environmental effects of temperature on swimming mechanics (looked at this previously in lobster)
- parameters studied – limb cycle time, body velocity

analyse cinématique image par image de la vitesse du corps ou de parties du corps.

- 500 images par seconde.
- Analyse de 20 larves de chaque groupe.
- Effets de la température sur la mécanique de nage (déjà établis chez le homard).
- Paramètres étudiés – temps de cycle des pattes, vitesse du corps.

### **Questions and Answers**

**Mikio Moriyasu**

*There are two types of larvae – non-active and swimming larvae*

- only measured swimming larvae; non-active larvae examined

### **Questions et réponses**

**Mikio Moriyasu**

*Les larves sont de deux types : sédentaires et nageuses.*

- Seuls les déplacements des larves nageuses ont été mesurés; les larves sédentaires ont été examinées.

### **Effects of Seismic Noise on Hatching, Survival and Subsequent Development of Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Embryos**

**Written by:** Simon C. Courtenay, Jessica S. Irving, Khadra Benhalima and Margaret Beaton

**Presented by:** Simon Courtenay, Fisheries and Oceans Canada (Gulf Region)

### **Summary**

Multiparous female snow crab were caged off western Cape Breton, Nova Scotia in the area of a commercial seismic survey conducted for the offshore oil and gas industry in December 2003. In May 2004, some crab were retrieved from cages and held in aquaria during the hatch of embryos. Survival, hatch and condition of resulting zoea stage 1 larvae were compared to progeny of crab caged in a reference site not exposed to seismic energy. Development appeared somewhat slower in the seismic group than control group both before and after hatch. Embryos from the seismic site hatched 5 days later than reference embryos on average. A significantly higher proportion of progeny released from seismic females were still embryos or pre-zoea as opposed to zoea stage 1 larvae in samples collected over 1- to 6-day

### **Effets du bruit sismique sur l'éclosion des oeufs et la survie et le développement des embryons du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*)**

**Auteurs :** Simon C. Courtenay, Jessica S. Irving, Khadra Benhalima et Margaret Beaton

**Présenté par :** Simon Courtenay, Pêches et Océans Canada (Région du Golfe)

### **Résumé**

En décembre 2003, des casiers contenant des femelles multipares du crabe des neiges ont été mouillés au large de l'ouest du Cap-Breton, à un endroit où Corridor Resources Inc. menait un relevé sismique. En mai 2004, quelques crabes ont été prélevés des casiers et gardés en aquariums durant l'éclosion des oeufs. Le taux d'éclosion des oeufs, ainsi que le taux de survie et la condition des zoés, premier stade larvaire, ont été comparés à la progéniture des crabes gardés en casier à un site témoin non exposé au bruit sismique. Le développement des embryons des crabes du site d'essai, avant et après leur sortie de l'oeuf, semblait quelque peu retardé; les embryons sont nés cinq jours plus tard en moyenne que les embryons au site témoin. Une proportion significativement plus élevée de la progéniture des femelles du site d'essai était des embryons morts-

periods. Furthermore, seismic stage 1 zoea were slightly (2%) but significantly smaller than reference stage 1 zoea, as inferred from length of abdominal segments, and had smaller dorsal, rostral and lateral spines, and eyes relative to body size. Whether these differences were caused by exposure to seismic energy, some other difference between caging sites such as temperature, or the slightly smaller (2% by carapace or abdomen width; 7% by weight) size of females caged at the seismic site is unknown. However, there is no evidence from this study that exposure to a commercial seismic survey significantly altered survival of snow crab embryos or incidence of developmental abnormalities in resulting larvae.

nés ou des pré-zoés par opposition à des zoés de stade 1 dans les échantillons prélevés sur des périodes de un à six jours. En outre, les zoés issues des femelles du site d'essai étaient légèrement (2 %) mais significativement plus petites que les zoés issues des femelles du site témoin, d'après la longueur des segments abdominaux, et leurs épines dorsales, rostrales et latérales, ainsi que leurs yeux, étaient plus petits par rapport à la taille de leur corps. On ne sait pas si ces différences sont dues à l'exposition à du bruit sismique, à des différences entre les sites, dont la température, ou à la taille légèrement plus petite des femelles du site d'essai (2 % - largeur de la carapace ou de l'abdomen; 7 % - poids). Rien n'indique toutefois que l'exposition à du bruit sismique dans le cadre d'un relevé commercial a des effets significatifs sur la survie des embryons du crabe des neiges ou cause des anomalies de développement chez les larves.

#### **Notes**

- took embryos carried by mature females in aquaria
- next step to LGL study (Christian et al.)
  - o slight increase in mortality of embryos plus delay development in embryos
  - o after exposure to airgun at 2m
- 92 control females, 91 test animals (enslaved Dec 19-23)
- median date of hatch (i.e., date by which half had hatched) was 5 days earlier in control animals than test animals
- at end of experiment, total weight 22% greater in control – due to delay in development (i.e., size of individuals) rather than reduced number of individuals
- significant size differences except in body width (control > test)
- exposure did not kill embryos or produce a high rate of obvious morphological

#### **Remarques**

- Embryons provenant de femelles de l'expérience à moyen terme gardées en aquarium.
- Étape suivante de l'étude de LGL (Christian et al.) :
  - o mortalité légèrement plus élevée et retard du développement des embryons;
  - o après exposition au bruit provenant d'un canon à air à 2 m de distance.
- 92 femelles témoins et 91 femelles expérimentales (soumises à des bruits sismiques du 19 au 23 décembre).
- Date médiane d'éclosion des oeufs (date à laquelle la moitié avaient éclos) : cinq jours plus tôt chez les crabes expérimentaux que chez les crabes témoins.
- À la fin de l'expérience, poids total des crabes expérimentaux de 22 % plus élevé à cause d'un retard du développement (taille) plutôt que d'un nombre réduit d'individus.
- Différences de taille significatives, sauf pour ce qui est de la largeur de la carapace (témoins > expérimentaux).
- Exposition au bruit n'a pas tué les embryons ou produit un taux élevé d'anomalies

abnormalities

- rate of development slower
- dev rate may reflect cooler temperatures at seismic than control site
  - o No difference in timing of hatching with Jerry Payne's ST crabs.

morphologiques évidentes.

- Taux de développement plus lent.
- Peut être imputable aux températures de l'eau plus basse au site d'essai :
  - o aucune différence dans le moment d'éclosion des oeufs des crabes expérimentaux et des crabes de l'expérience à court terme de Jerry Payne.

### **Questions and Answers**

#### **Arthur Popper**

Incubation temp related to speed of development and size and proportions of body size

#### **Ross Claytor**

What are expectations of their proportions of body size?

#### **Gérard Conan**

Why didn't they use temp recorder during caging?

- meant to – an oversight

temperatures were recorded in aquaria

#### **Yvan Simard**

Need to note environmental differences in the proceedings (e.g., temperatures)

#### **Shawn Robinson**

*A nice data set. Could you conduct multivariate analysis (e.g., principal components analysis)?*

could do that but not sure how much further along that it would take us

#### **Mark Hanson**

*Since control animals themselves were larger, could it be that's why embryos from control animals might be larger?*

measured before and after experiment

could account for some differences

### **Questions et réponses**

#### **Arthur Popper**

Température d'incubation reliée au taux de développement, à la taille et aux proportions du corps.

#### **Ross Claytor**

Quels effets attendus ont les proportions du corps?

#### **Gérard Conan**

Pourquoi ne pas avoir utilisé un thermomètre enregistreur durant l'expérience de mise en casier?

- C'était l'intention, mais omis de le faire.

Températures des aquariums enregistrées.

#### **Yvan Simard**

Importe de signaler les différences environnementales dans le compte rendu (p. ex. températures).

#### **Shawn Robinson**

*Bonne série de données. Serait-il possible de faire une analyse multivariée (p. ex. une analyse de composantes principales)?*

Pourrait le faire, mais pas certain que cela nous avancerait.

#### **Mark Hanson**

*Étant donné que les crabes témoins étaient plus gros, se peut-il que cela explique pourquoi leurs embryons étaient plus gros?*

Mesurés avant et après l'expérience.

Pourrait expliquer une partie des différences.

**Graham Daborn**

Different size of embryos could be due to hepatopancreas abnormalities

These were extruded by females prior to seismic

**Geoff Hurley**

*Was this a blind test?*

- No, we did know which was which.

**Fred Kennedy**

*What differences were there in the animals left in water to extrude naturally?*

- couldn't finish that expt, control site extruded more new eggs than test site because of delay

**Fred Kennedy**

Understand time line between release of eggs after experiment versus what naturally takes place?

- In June, we normally do not find any females still carrying eggs but, this year, 15% were still carrying
  - o abnormal year (delay of hatch)
- Need to compare with normal cycle

**Simon Courtenay**

- Survival goes up when including new orange eggs as well as 2-year brown eggs
  - o 80% survival is a minimum

**Pilot Observations on Laboratory held Snow Crab from the Cape Breton Seismic Experiment**

**Written by:** Jerry F. Payne

**Presented by:** Jerry Payne, Fisheries and Oceans Canada (Newfoundland & Labrador Region)

**Graham Daborn**

Taille différente des embryons pourrait être imputable aux anomalies de l'hépatopancréas.

Libérés des femelles avant l'émission d'ondes sismiques.

**Geoff Hurley**

*Était-ce un essai à double insu?*

- Non.

**Fred Kennedy**

*Quelles différences ont été observées chez les femelles laissées dans l'eau pour pondre naturellement?*

- Impossibilité de finir cette expérience. Femelles témoins ont pondu plus d'œufs nouveaux que les expérimentales à cause du retard.

**Fred Kennedy**

Ligne du temps entre la ponte des oeufs après l'expérience v. ce qui se passe normalement

- En juin, normalement aucune femelle ne porte des oeufs; cette année, 15 % en portaient :
  - o année anormale (retard de l'éclosion).
- Importe de comparer au cycle normal.

**Simon Courtenay**

- Taux de survie augmente lorsque les nouveaux oeufs orange sont ajoutés aux oeufs bruns de deux ans :
  - o taux de survie minimum de 80 %.

**Observations pilotes sur les crabes des neiges de l'expérience de sismique menée au Cap-Breton gardés en laboratoire**

**Auteur :** Jerry F. Payne

**Présenté par :** Jerry F. Payne, Pêches et Océans Canada (Région de Terre-Neuve-et-Labrador)

### **Summary**

Observations, such as lack of differences on long term mortality or general physiology fitness as displayed by food consumption, reasonably confirm that the seismic exposure had no effect on these parameters. However, the observations of faster turnover rates and potential "sensitization" of neural functions connected with animal balancing/equilibrium mechanisms are examples of an endpoint that needs further consideration, if only for assurance. Investigations in this area would also be logistically easy to carry out and inexpensive. Also, given the overriding importance of reproductive effects, the potential for effects on egg development or egg loss at varying distances of exposure still needs clarification. This is also supported by this study where crab were exposed at a considerable distance and some slight seismic-linked effects cannot be ruled out. The LGL approach whereby pools of eggs at a similar stage of development are exposed at varying distances is a practical and inexpensive approach to this question. Until knowledge gaps such as these are addressed, questions about the potential for subtle effects of seismic on marine organisms cannot be addressed with any real confidence.

Overall, a few representative studies on distance effect relationships would greatly aid understanding in this area with the potential for effects stemming from cumulative energy, as well as peak energy being considered, including under conditions of 3-D surveys. Such is needed, if only for assurance. This would also relate to lobster which are found in much shallower waters and would potentially receive more seismic energy than snow crab.

### **Notes**

- 45 control and 45 test short-term animals
- measured size of animals when they died
- control animals obviously different from test animals – from same area but dissimilar

### **Résumé**

Certaines observations, comme l'absence de différences dans la mortalité à long terme ou le bon état physiologique, tels qu'indiqués par la consommation de nourriture, confirment à un niveau raisonnable que l'exposition à du bruit sismique n'a pas d'effet sur ces paramètres. Les délais de retour sur les pattes plus courts et la « sensibilisation » potentielle de fonctions neuronales liées à l'équilibre de l'animal sont des facettes à explorer davantage, si ce n'est que pour se rassurer. Il serait peu dispendieux et facile de le faire sur le plan logistique. Et étant donné l'importance primordiale des effets sur la reproduction, les effets possibles sur le développement des oeufs ou la perte d'oeufs chez les femelles exposées à du bruit sismique à diverses distances doivent être clarifiés. La présente étude le montre bien. Des crabes ont été exposés à du bruit sismique provenant d'une source située à une grande distance et les quelques effets légers ne peuvent être ignorés. L'approche de LGL, soit l'exposition à diverses distances à une source de bruit sismique de groupes d'oeufs à un stade de développement semblable, est pratique et peu dispendieuse. Jusqu'à ce que ce type de lacunes dans les connaissances soient comblées, les questions au sujet d'effets subtils possibles du bruit sismique sur les organismes marins ne peuvent être répondues avec confiance.

Quelques études représentatives visant à établir la relation entre la distance et l'effet, tenant compte aussi des effets provoqués par l'énergie cumulative et les pics d'énergie, y compris dans le cadre de relevés sismiques 3D, permettraient de mieux comprendre le phénomène, et cela même si ce n'est que se rassurer. Ces études permettraient aussi d'évaluer les effets sur le homard qui, parce qu'il est retrouvé en eaux moins profondes, sera potentiellement soumis à des niveaux plus élevés de bruit sismique que le crabe des neiges.

### **Remarques**

- 45 témoins et 45 expérimentaux de l'expérience à court terme.
- Taille des crabes mesurée à la mort.
- Témoins visiblement différents des expérimentaux; proviennent de la même région mais de populations différentes.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• after 6 months, more had died from test site             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ could be related to dissimilar populations</li> </ul> </li> <li>• greater leg loss in test animals than control animals after 6 months             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ could be related to transportation conditions</li> </ul> </li> <li>• some initial egg loss</li> <li>• comparison of egg loss – sign early egg loss in test animals</li> <li>• general trend more loss toward egg loss in control group             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ indicates dissimilar populations</li> <li>◦ could be related to transportation</li> </ul> </li> <li>• control eggs diff from test eggs             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ indicates dissimilar populations</li> <li>◦ could also argue that there's a retardation in fullness of eggs</li> </ul> </li> <li>• Test animals hatched a couple of days before control animals, but not a significant difference</li> <li>• No difference in average food consumption (in grams per crab) in Jan, Feb, April             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Diet = chopped mussels</li> <li>◦ Indicating general well-being</li> <li>◦ You would see a diff if there was severe stomach damage</li> </ul> </li> <li>• Mean time to turn over was quicker in seismic than in control, sometimes significant, sometimes not             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Physiological indicator</li> <li>◦ Could be related to size difference</li> </ul> </li> <li>• Future research - Take eggs of a certain</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Après six mois, plus grand nombre de crabes expérimentaux étaient morts :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ pourrait être relié au fait que les crabes provenaient de populations différentes.</li> </ul> </li> <li>• Perte d'un plus grand nombre de pattes chez les expérimentaux que chez les témoins après six mois :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ pourrait être reliée aux conditions de transport.</li> </ul> </li> <li>• Perte d'un certain nombre de pattes au début de l'expérience.</li> <li>• Comparaison de la perte d'oeufs – signe de perte précoce d'oeufs chez les expérimentaux.</li> <li>• Tendance générale vers la perte d'un plus grand nombre d'œufs chez le groupe témoin :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ indique des populations différentes;</li> <li>◦ pourrait être reliée au transport.</li> </ul> </li> <li>• Oeufs des témoins différents des expérimentaux :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ indique des populations différentes;</li> <li>◦ pourrait aussi soutenir qu'il y a retard dans la plénitude des œufs.</li> </ul> </li> <li>• Oeufs des expérimentaux ont éclos quelque jours avant ceux des témoins, mais différence non significative.</li> <li>• Aucune différence dans la quantité moyenne de nourriture consommée (en g/crabe) en janvier, février et avril :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ moules hachées;</li> <li>◦ indique une bonne santé en général;</li> <li>◦ différence si l'estomac était gravement endommagé.</li> </ul> </li> <li>• Délai moyen de retour sur les pattes plus court chez les expérimentaux, parfois significatif et parfois non :             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ indicateur physiologique;</li> <li>◦ pourrait être relié à la différence de taille.</li> </ul> </li> <li>• Recherches futures – Exposer en labo des</li> </ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

stage then expose in a lab study them to determine effects

- No significant differences between sites for levels of enzymes indicative of heart stress
- Percentage of crab larvae alive 96 h after seismic exposure in a plankton net not significantly difference
  - 85 control animals were exposed
- can check hypothesis in the lab first before making major investments in the field
  - turn over rate
  - egg development

### **Questions and Answers**

#### **Gérard Conan**

*Were males used?*

- Only females were used in this study
- Males were from LGL study

#### **Graham Daborn**

*In turn over experiment, did you lump the animals together to look for an effect of size?*

- Can't relate individual turn over rates to individual size
- At end of experiment, all animals were measured

#### **Ross Claytor**

*You have some conjecture on the effects of size but not the analysis to support it. Could you conduct covariate analysis to standardize for size?*

- Need to take animals, cage them, expose them to high level, cheap study, then move on

#### **Ross Claytor**

*How does temp compare with what they are exposed to in the wild? Differences in tank*

oeufs d'un certain stade afin d'établir les effets.

- Aucune différence significative dans les niveaux d'enzymes indicateurs de stress cardiaque entre les sites.
- Pourcentage de larves mises dans un filet à plancton encore vivantes 96 h après l'exposition à du bruit sismique pas significativement différent :
  - 85 crabes témoins exposés.
- Peut vérifier l'hypothèse en labo avant de faire de grands investissements sur le terrain:
  - délai de retour sur les pattes;
  - développement des œufs.

### **Questions et réponses**

#### **Gérard Conan**

*Des mâles ont-ils été utilisés?*

- Seules des femelles ont été utilisées.
- Les mâles provenaient de l'étude menée par LGL.

#### **Graham Daborn**

*Dans l'expérience de retour sur les pattes, avez-vous regroupé les crabes pour voir si la taille avait un effet?*

- Aucun rapport n'a pu être établi entre le délai de retour sur les pattes d'un individu et sa taille.

À la fin de l'expérience, tous les crabes ont été mesurés.

#### **Ross Claytor**

*Vous avez formulé des conclusions sur les effets de la taille, mais vous n'avez pas fait une analyse pour les étayer. Pourriez-vous faire une analyse covariée pour normaliser les tailles?*

- Il faut mettre des crabes en casier et les exposer à des niveaux de bruit élevés. Étude peu coûteuse. Passer ensuite à autres choses.

#### **Ross Claytor**

*Dans quelle mesure la température en bassin se compare-t-elle à celle du milieu naturel? Les*

*temperatures could be related to results.*

- Temperature profiles in tanks were taken
- It was a constant temperature, but it might be a couple of degrees higher than in the wild

**Yvan Simard**

*What is the spectrum of noise? We need more information on noise levels and duration.*

- over 220 dB0

**Arthur Popper**

- LGL study animals close to source (nature of stimulus very different in terms of sound levels and physical source force)
- Comparing apples and oranges (totally abnormal in terms of what real-life animals would be exposed to)
- Turn over related to muscle development and visual field – not measuring statocyst function

**Mark Hanson**

- Stress on animals (atmospheric pressure) as context
- All animals are severely stressed
- Crab in lab where they've been maintained for a long time
- Need a control not affected by handlers

**Gérard Conan**

*Background noise very high in aquarium. Did you measure baseline noise in aquarium (e.g., trucks passing by)?*

- looking at physiological damage (tissue pathology)
- constant between tanks

*différences de température dans les bassins pourraient expliquer les résultats obtenus.*

- Profils de la température dans les bassins établis.
- Température constante, mais peut-être quelques degrés plus élevée que dans le milieu naturel.

**Yvan Simard**

*Quel est le spectre du bruit? Plus d'information est requise sur les niveaux de bruit et la durée d'émission.*

- Plus de 220 dB0.

**Arthur Popper**

- LGL a placé ses crabes expérimentaux près de la source (nature du stimulus très différente en terme des niveaux de bruit et de la pression des émissions).
- C'est comparer des pommes et des oranges (totalement opposé à ce que des animaux seraient exposés dans des conditions normales).
- Délai de retour sur les pattes relié au développement des muscles et au champ visuel. Pas une mesure de la fonction des statocystes.

**Mark Hanson**

- Contexte du stress exercé sur les animaux (pression).
- Tous les crabes étaient fortement stressés.
- Les crabes ont été gardés en laboratoire pendant très longtemps.
- Besoin d'un groupe témoin non manipulé.

**Gérard Conan**

*Niveau du bruit de fond très élevé dans les aquariums. L'avez-vous mesuré (p. ex. trafic de camions)?*

- Étude des effets physiologiques (pathologie des tissus).
- Constant entre les bassins.

**Brian Adams**

*Females not in commercial fishery, but concerned about population impacts of leg loss.*

- Take some animals and expose them in the lab to determine effects
- Cannot discount possibility of diff populations

**Mark Hanson**

*Was leg loss recorded in other studies (Simon, Mikio, DeMont)? Need a table combining results.*

- Simon – Leg loss minor
- Mikio – No leg loss
- Stanley & DeMont – “seemed” higher in test animals; no stats to support this

**Next Steps**

**Questions and Answers**

- Clarify issues for discussion
- Site variation (handling, experimental design, temp, sediment, animal size) v. seismic impacts
- Focus on hepatopancreas and oocytes
- Key work to be done

**Ross Claytor**

- Survey results not presented – could impact on population-level effects
- Marginal end of population
- Short-term effects may be site-specific
- Focus on long-term effects (hepatopancreas and oocyte)
- Future research - Are hepatopancreas and oocyte damage reversible?

**Brian Adams**

*Les femelles ne sont pas l'objet d'une pêche commerciale, mais les impacts sur la population de la perte de pattes par celles-ci sont préoccupants.*

- Exposer un certain nombre d'animaux en laboratoire afin d'établir les impacts.
- Peut pas écarter la possibilité de populations différentes.

**Mark Hanson**

*Est-ce que la perte de pattes a été signalée dans d'autres études (Simon, Mikio, DeMont)? Dresser un tableau des résultats.*

- Simon – faible perte de pattes.
- Mikio – aucune perte de pattes.
- Stanley et DeMont - perte de pattes « semblait » plus marquée chez les crabes expérimentaux, mais aucune donnée à l'appui.

**Prochaines étapes**

**Questions et réponses**

- Clarifier les enjeux à discuter.
- Variation entre les sites (manutention, concept expérimental. Température, sédiments, taille des crabes) v. impacts du bruit sismique.
- Mettre l'accent sur l'hépatopancréas et les ovocytes.
- Travaux clés à effectuer.

**Ross Claytor**

- Résultats du relevé n'ont pas été présentés. Pourraient avoir une incidence sur les effets à l'échelon de la population.
- Marge de la population.
- Effets à court terme pourraient être limités aux sites.
- Mettre l'accent sur les effets à long terme (hépatopancréas et ovocytes).
- Recherches futures – Est-ce que les dommages causés à l'hépatopancréas et aux ovocytes sont réversibles?

- Not on gills, antennules, heart, eyes

**Hal Whitehead**

- Ad hoc study -- Repeated without seismic
- How did it address concerns that were brought up?
- Could be repeated this year in Dec

**Mark Hanson**

- June study only showed that in a month the gills can be cleaned
- Doesn't think we should repeat on the experiment
  - Lobster hepatopancreas damaged temporarily by pulling them up through trawls (atmospheric pressure changes)
- Bruising of hepatopancreas is a short-term effect according to Jerry's work
- Might be an effect of hemorrhaging of ovary
- Compare seismic with other disturbances (trawling, seines)

**Yvan Simard**

- Oceanographic condition may not be the same even if time of year is the same – experiment may not be repeatable

**Jean-Claude Brêthes**

- Characterize each site and look at effects of these parameters
- Summary of what the results
- Identify long-term effects

**Gérard Conan**

- Need baseline data and standardization of sites

**Arthur Popper**

- Videotape behaviour in future studies

- Pas sur les branchies, les antennules, le coeur, les yeux.

**Hal Whitehead**

- Étude ponctuelle – répétée sans bruit sismique.
- Dans quelle mesure a-t-elle répondu aux préoccupations soulevées?
- Pourrait être reproduite en décembre de cette année.

**Mark Hanson**

- L'étude de juin n'a révélé que le crabe peut nettoyer ses branchies en un mois.
- Est d'avis que l'expérience ne devrait pas être reproduite.
  - Hépatopancréas du homard endommagé temporairement à cause du chalutage (changement de pression).
- Contusion de l'hépatopancréas est un effet à court terme, selon les études de Jerry.
- Peut être un effet de l'hémorragie des ovaires.
- Comparer les effets du bruit sismique à d'autres perturbations (chalutage, sennage).

**Yvan Simard**

- Conditions océanographiques peuvent ne pas être pareilles au même moment de l'année - expérience peut ne pas être reproductible.

**Jean-Claude Brêthes**

- Caractériser chaque site et étudier les effets de ces paramètres.
- Résumé des résultats.
- Établir les effets à long terme.

**Gérard Conan**

- Données de base et normalisation des sites requises.

**Arthur Popper**

- Filmer le comportement lors d'études futures.

**Fred Kennedy**

- "Low level" seismic 2-D data acquisition (add to context piece)
  - o Small duration and low amplitude
- Area 12 caught their quota of snow crab this year but, for the first time in 15 years, Area 19 didn't catch quota by 25%

**Fred Kennedy**

- Acquérir des données de relevé sismique 2D de faible intensité :
  - o de courte durée et de faible amplitude.
- Les pêcheurs de la zone 12 ont récolté leur quota de crabe cette année, mais pour la première fois en 15 ans, ceux de la zone 19 n'ont pu le faire (75 % seulement).

**Potential Impacts**

**Temperatures**

- Normal temperatures of snow crab habitat is 0-3 °C
- Temperatures of control and test sites were within this range
- In the short-term and medium-term, abnormalities in the hepatopancreas were seen at the test site but not the control site
- Temperatures were only taken in May and June
- 70 m at -1.5 to -1.6 °C
- 100 m at +0.5 °C
- Healing rate faster at warmer temperatures

**Sediment**

- No implications for hepatopancreas
- Two issues:
  - o Quality of sediment
  - o Whether or not animals can bury themselves, as they would in the wild
- Sampling of sediment varied between sites

**Currents**

- No link to hepatopancreas
- Stronger at one site than the other

**Impacts possibles**

**Température**

- Température normale de l'habitat du crabe des neiges : entre 0 et 3 °C.
- La température du site d'essai et du site témoin se situait dans cette plage.
- À court et à moyen terme : anomalies de l'hépatopancréas observées chez les spécimens du site d'essai mais non chez ceux du site témoin.
- Température mesurée en mai et juin seulement.
- 70 m / -1,5 à -1,6 °C.
- 100 m / +0,5 °C.
- Taux de guérison plus rapide à des températures élevées.

**Sédiments**

- Aucun effet sur l'hépatopancréas.
- Deux enjeux :
  - o qualité des sédiments;
  - o si les crabes peuvent s'y enfouir, comme ils peuvent le faire dans la nature.
- Échantillonnage des sédiments différent selon les sites.

**Courants**

- Aucun lien avec l'hépatopancréas.
- Plus forts à un site qu'à l'autre.

**Food**

- Food availability will differ at two sites
- Crabs at test site may not have been feeding at all due to colder temps
  - Will not affect oocytes
- Difference in stomach contents at sites in May (more choice at control sites, test site animals not feeding as well)
  - But can't choose what to eat when caged

**Size**

- Size and age not directly related
- Not sure if size is important
- Senility/maturity more of an issue
- Should affect number of eggs
- Could indicate different groups of crab

**Origin**

- Dissimilar populations
- Sampling size one square mile
- Distribution of snow crab in southern Gulf – 30,00 square km
- Trawls were abandoned after only catching about 10 females
- 2 boats did sampling
- sorted for carapace and egg condition to get only multiparous female carrying two year eggs
- mostly randomized

**Background noise**

- no data on this
- want background data without *Admiral* (when shooting or at other times)

**Nourriture**

- Disponibilité de nourriture varie selon le site.
- Les crabes du site d'essai ne se sont peut-être pas alimentés du tout à cause de la basse température de l'eau :
  - aucune incidence sur les ovocytes.
- Différence dans les contenus stomacaux en mai (choix plus varié de nourriture au site témoin) :
  - impossible pour les crabes en casier de choisir leurs proies.

**Taille**

- Taille et âge ne sont reliés directement.
- Incertain si la taille est importante.
- Vieillesse/maturité davantage un problème.
- Incidence sur le nombre d'oeufs.
- Pourrait indiquer des groupes différents.

**Origine**

- Populations différentes.
- Superficie échantillonnée : 1 mi<sup>2</sup>.
- Aire de distribution du crabe des neiges dans le sud du Golfe : 30 000 km<sup>2</sup>.
- Utilisation de chaluts abandonnée parce que seulement 10 femelles environ ont été capturées.
- Échantillonnage fait par deux bateaux.
- Prises triées selon l'état de la carapace et des oeufs afin d'obtenir que des femelles multipares portant des oeufs de deux ans
- Échantillons prélevés au hasard en général.

**Bruit de fond**

- Aucune donnée disponible.
- Données de base requises (aucun tir sismique par l'*Admiral* ou à un autre

- might be able to get this if OBS were on
- can affect behaviour (hearing capability)
- unpublished data – at some point during life cycle, males release sound but statocysts may not be involved

#### **Seismic**

- medium-term crab exposed to sound source longer than short-term crab
- 128-130 dB at control site
- 170-192 dB at test site
- animal “stress” could affect hepatopancreas or the hepatopancreas could be physically affected by seismic source, but we can't tease these out

#### **Research Recommendations**

##### **A. Short-term**

- Repeat without seismic in Dec (sediment differences).
- Look at egg size.
- Collect sediment samples for test and control sites.
- Pick same size distributions (test and control animals) and repeat observations.
- JASCO Research Ltd's ambient received sound before seismic – or record ambient sound data for one day.
- Standardize our data to what we know -- calculate what we expect of temperature differences.
- Summarize appendage loss data
- Improved communication across DFO re:

moment).

- Pourrait les obtenir si le BSN participe.
- Peut avoir une incidence sur le comportement (capacité auditive).
- Données inédites – à un certain point au cours du cycle vital, les mâles émettent des sons, mais ils n'utilisent peut-être pas les statocystes.

#### **Bruit sismique**

- Plus longue durée d'exposition des crabes de l'expérience à moyen terme au bruit sismique.
- 128-130 dB au site témoin.
- 170-192 dB au site d'essai.
- « Stress » de l'animal ou le bruit sismique pourrait avoir un effet sur l'hépatopancréas, mais on ne peut les démêler.

#### **Recommandations de recherche**

##### **A. À court terme**

- Répéter l'expérience en décembre en l'absence de sismique (différences au niveau des sédiments).
- Considérer la taille des oeufs.
- Prélever des échantillons de sédiments aux sites d'essai et aux sites témoins.
- Choisir des individus de même distribution de taille (animaux expérimentaux et animaux témoins) et répéter les observations.
- JASCO Research Ltd. devrait étudier le niveau sonore ambiant avant toute activité de prospection sismique ou enregistrer des données sur le niveau sonore ambiant pendant une journée.
- Normaliser nos données en regard de nos connaissances – élaborer des prévisions relatives aux conséquences de différences de température.
- Résumer les données sur la perte de pattes.
- Améliorer la communication à l'échelon du

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| seismic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | MPO en ce qui concerne les activités de sismique.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Gill hemorrhaging.</li> <li>Look at GPS data to see if the drop-off and pick-up sites of cages were the same.</li> <li>Compare cage densities with densities in the wild using information available from the resource surveys and stock assessments.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hémorragie des branchies.</li> <li>Analyser les données GPS pour établir si les points de mouillage et de relevage des casiers étaient les mêmes.</li> <li>Comparer les densités en casier aux densités dans le milieu naturel d'après les données des relevés de la ressource et des évaluations des stocks.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>B. Long-term</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>B. À long terme</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Include video component to record behaviour.</li> <li>Include multiple test and control sites: <ul style="list-style-type: none"> <li>A regression approach may be more appropriate rather than strictly using test and control sites</li> </ul> </li> <li>Identify what can be done more affordably in the lab: <ul style="list-style-type: none"> <li>See if we can induce more severe, chronic impacts in the lab (although this doesn't consider indirect impacts of seismic, such as stirred-up sediment).</li> </ul> </li> <li>Study cumulative effects of the seismic sound source.</li> <li>Create blind or double-blind laboratory studies when working with animals, tissues, etc.</li> <li>If experiment is redone, test animals at sites before seismic activity begins to determine if there are differences at the outset.</li> <li>Biological categories should be revised since multiparous females are a small base of population.</li> <li>Link to broader benthic community.</li> <li>Additional information required on duration, intensity and distance of seismic shooting.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Filmer le comportement.</li> <li>Accroître le nombre de sites d'essai et de sites témoins : <ul style="list-style-type: none"> <li>une approche de régression pourrait être plus appropriée que la seule utilisation de sites d'essai et de sites témoins.</li> </ul> </li> <li>Établir ce qui peut être fait en laboratoire à peu de frais : <ul style="list-style-type: none"> <li>établir si on peut déclencher des impacts chroniques plus graves en laboratoire (quoique cela ne tienne pas compte des impacts indirects de la sismique, comme la mise en suspension des sédiments).</li> </ul> </li> <li>Étudier les effets cumulatifs des ondes sismiques.</li> <li>Faire des études en laboratoire des crabes, des tissus, etc., à insu simple ou double.</li> <li>Si l'expérience est reprise, tester les animaux aux sites avant que le début des activités de sismique en vue d'établir s'il y a des différences.</li> <li>Revoir les catégories biologiques car les femelles multipares ne constituent qu'une faible partie de la population.</li> <li>Établir un lien avec l'ensemble de la communauté benthique.</li> <li>Fournir de l'information supplémentaire sur la durée et l'intensité des tirs sismiques, et la</li> </ul> |

distance franchie.

**C. Future seismic activity should include the above research parameters.**

**C. Les activités de sismique futures devraient inclure les paramètres de recherche susmentionnés.**

**D. Applicability to other species**

**D. Applicabilité chez autres espèces**

- Studies were very valuable.
- Looking in the benthic layer has been neglected up until now.
- There were some difficulties of working in the field.
- Lobster have different habitat requirements than snow crab.

- Les études étaient très utiles.
- L'étude de la couche benthique a été négligée jusqu'à maintenant.
- Des difficultés ont été rencontrées sur le terrain.
- Les besoins en habitat du homard sont différents de ceux du crabe des neiges.

**E. Is it safe for fishery if seismic activity proceeds?**

**E. Est-il sécuritaire de pratiquer la pêche lorsque des activités de sismique sont en cours?**

- Simon Courtenay – Yes, with the following three caveats: same energy levels and environmental conditions, with research component, and with environmental effects monitoring (EEM) programs to accompany the survey.
- Sylvain Paradis – DFO scientists cannot speak on behalf of the CNSOPB.
- Jean-Claude Brêthes – The *Oceans Act* requires a precautionary approach even without scientific consensus.
- Seismic surveys should not be shot during mating period.

- Simon Courtenay – Oui, sous réserve de trois mises en garde : mêmes niveaux d'énergie et conditions environnementales, volet de recherche et surveillance des incidences environnementales du relevé.
- Sylvain Paradis – Les scientifiques du MPO ne peuvent pas parler au nom de l'OCNEHE.
- Jean-Claude Brêthes – La *Loi sur les océans* exige qu'une approche de précaution soit appliquée même en l'absence d'un consensus scientifique.
- Aucun relevé sismique ne devrait être effectué pendant la période de reproduction.

**F. Other comments**

**F. Autres commentaires**

**Simon Courtenay**

**Simon Courtenay**

- experiments showed no mortality in adults.
- no larval mortality.
- gills and statocysts dirty but cleaned over time.
- physical differences and hepatopancreas and oocytes:
  - o as related to temperature, healing

- Mortalité nulle des adultes lors des expériences.
- Aucune mortalité des larves.
- Encrassement des branchies et des statocystes, mais dégagés de sédiments au fil du temps.
- Différences physiques relevées dans l'hépatopancréas et les ovocytes :
  - o au plan de la température, du taux de

rates, etc.

- can improve understanding with further analysis of existing data.
- some further, focused research necessary.

#### **Hal Whitehead**

- no obvious immediate impact of this kind of seismic.
- not clear that there is no long lasting biological damage to the organisms from this type of seismic program.
- we need to consider this uncertainty when making decisions about seismic activity.

#### **Gérard Conan**

- There is enough evidence to demonstrate that there is something going on.
- Only way to substantiate this is with additional research.
- Seismic activity needs to be controlled with follow-up in short-term and long-term.

### **Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab**

#### **Communications Plan**

On September 29, 2004 a scientific peer review was completed on the results of experiments designed to study the potential impacts of seismic energy on snow crab. This review evaluated the results from a preliminary study on the potential impact of low-level seismic energy (short duration and low amplitude) on the reproductive biology of female snow crab. The study included caging and laboratory experiments conducted in winter 2003 and spring 2004. The caging experiment was conducted at the location of promising oil and gas reserves off the western coast of Cape Breton. It is also the site of one of the highest concentrations of snow crab in the world. The caging experiment examined short (12 days) and medium (5 months) term differences in the

guérison, etc.

- Analyse plus poussée des données disponibles permettra de mieux comprendre les impacts.
- Recherches additionnelles plus ciblées requises.

#### **Hal Whitehead**

- Aucun impact immédiat évident de ce type de relevé sismique.
- Pas clair que ce type de relevé sismique ne cause aucun dommage biologique persistant aux organismes.
- Cette incertitude doit être prise en compte lorsque des décisions sont prises au sujet d'activités de sismique.

#### **Gérard Conan**

- Suffisamment de données démontrant que des impacts se produisent.
- Seule manière de le prouver est de mener d'autres recherches.
- Les activités de sismique doivent être contrôlées, et un suivi assuré à court et à long terme.

### **Impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges**

#### **Plan de communication**

Le 29 septembre 2004, une équipe de scientifiques a analysé les résultats d'une série d'expériences sur le crabe des neiges, plus précisément une étude préliminaire sur l'impact possible de l'énergie sismique de faible intensité (courte durée et faible amplitude) sur la biologie de la reproduction des crabes des neiges femelles. Cette étude, qui a été réalisée au cours de l'hiver 2003 et du printemps 2004, prévoyait la conduite d'expériences en casier et en laboratoire. Les casiers ont été placés dans un endroit renfermant des réserves pétrolières et gazières possibles au large de la côte ouest du Cap-Breton, là où se trouve également à proximité l'une des plus grandes concentrations de crabes des neiges du monde. À partir d'expériences au casier, les scientifiques ont pu examiner, à court terme (12 jours) et à moyen terme (5 mois), la

morphology and physiology of snow crab at test and control sites. Snow crab from both groups was also observed under laboratory conditions for differences in mortality, morphology and physiology over a six month period.

The study was organized on short notice to take advantage of an operational seismic survey in late 2003. It was developed by a partnership with Corridor Resources, Area 19 snow crab fishermen, CNSOPB and DFO. The study was preliminary because it was designed to reveal observations or issues that would merit more detailed study. It was designed to accompany a seismic survey in late 2003 and as a result of the short preparation time, there were constraints on the scope of the study and the amount of money available. As a result it was decided to focus the study entirely at one test and control site and on the same type of mature female snow crab because of concerns about reproduction.

Unfortunately the test and control sites were quite different in temperature, substrate and food availability, which made it difficult to clearly interpret the results. The test site was colder, more shallow and had sediments with elevated levels of organic material when compared to the control site. Temperature is an important variable controlling metabolism and healing of marine animals. In addition, it appeared that snow crab placed at the control site were slightly larger than crab at the test site.

**The main results of this preliminary study were as follows:**

First, there were four definitive observations:

- Seismic survey did not cause any mortality of the crab, nor was there any evidence of external damage or change to feeding in the laboratory.
- There was no difference in larval survival or locomotion from eggs that were hatched from test and control females.

morphologie et la physiologie du crabe des neiges dans un site d'essai et dans un site témoin. Les chercheurs ont également observé des spécimens des deux groupes en laboratoire, ce qui leur a permis d'observer des différences au chapitre de la mortalité, de la morphologie et de la physiologie sur une période de six mois.

L'étude a été mise sur pied à court préavis, de façon à coïncider avec un relevé sismique opérationnel prévu pour la fin de 2003. Elle a été réalisée grâce à un partenariat avec la société Corridor Resources Inc., les pêcheurs de crabe des neiges de la zone 19, l'OCNEHE et le MPO. Il s'agissait d'une étude préliminaire, visant à mettre en évidence des questions et des enjeux méritant un examen plus approfondi. En raison du court délai de préparation, il a fallu en restreindre la portée et composer avec des contraintes budgétaires. Il a donc été décidé de la limiter à un site d'essai et à un site témoin et d'étudier le même type de femelles matures afin de pouvoir tirer des conclusions sur la reproduction.

Malheureusement, le site d'essai et le site témoin étaient fort différents sur le plan de la température, du substrat et de l'abondance de la nourriture, de sorte qu'il a été difficile d'interpréter clairement les résultats. En comparaison des eaux du site témoin, les eaux du site d'essai étaient plus froides et moins profondes, et elles renfermaient des sédiments à plus forte teneur en matières organiques. La température est une variable importante; elle contrôle le métabolisme et la vitesse de guérison des animaux malades. De plus, il semble que les crabes du site témoin étaient légèrement plus gros que ceux du site d'essai.

**Les résultats principaux de cette étude préliminaire :**

En premier lieu, les scientifiques ont fait quatre observations formelles :

- Le relevé sismique n'a entraîné la mortalité d'aucun crabe, et il n'y avait aucun signe de dommages externes ou de changement du profil d'alimentation en laboratoire.
- Aucune différence n'a été relevée dans le taux de survie et les capacités de nage des larves issues des oeufs des femelles du site d'essai

- In the short term, gills, antennules and statocysts (balance organs) were soiled in the test group but they were found to be completely cleaned of sediment within five months.
- Appendage loss of animals held in the laboratory was greater in the test group than the control.

Second, there were several significant observations even after five months. It was not known if this was due to differences between the test and control sites and therefore nothing definitive could be said about these results until further work was done:

- The hepatopancreas (similar function to a liver) was found to be bruised in the test site.
- Ovaries from animals at the test site were found to be bruised with dilated oocytes and enlarged chorion (the outer membrane).
- There were delays (five days) in larval development and size differences with eggs hatched in the test group when compared to the control group.
- Behaviour as assessed by turnover rate was different between test and control groups under laboratory conditions.

Third, there were a number of short-term research initiatives that would help clarify the results:

- Biomass surveys were conducted both before and after the seismic survey. These surveys should be examined for changes in abundance of different categories of snow crab to see if there was any evidence of elevated natural mortality. In addition densities of caged animals and wild animals will be compared.
- Observations of egg loss need to be

et du site témoin.

- Les branchies, les antennes antérieures et les statocystes (organes de l'équilibre) des spécimens du site d'essai sont devenus souillés à court terme, mais ils étaient complètement libres de sédiments après cinq mois.
- La perte d'appendices chez les crabes gardés en laboratoire était plus marquée chez le groupe expérimental que chez le groupe témoin.

En deuxième lieu, plusieurs observations significatives ont été faites, même après cinq mois. Il demeure incertain si ces différences sont attribuables à des différences entre les deux sites; il est donc impossible de tirer des conclusions solides jusqu'à ce que des études plus poussées soient réalisées. Voici quelles sont ces observations :

- l'hépatopancréas (dont la fonction est semblable à celle du foie) était contusionné chez les spécimens du site d'essai.
- chez les animaux du site d'essai, les ovaires étaient contusionnés, les ovocytes, dilatés, et le chorion (membrane extérieure), hypertrophié.
- l'éclosion des oeufs chez le groupe expérimental a été retardée de 5 jours et les larves produites étaient plus petites que celles du groupe témoin.
- en laboratoire, le groupe témoin et le groupe expérimental avait un comportement différent pour ce qui est du délai de retour sur ses pattes d'un crabe mis sur le dos.

En troisième lieu, des projets de recherche à court terme permettraient de préciser les résultats, entre autres :

- Des relevés de la biomasse de crabe des neiges ont été réalisés avant et après les travaux de sismique. Il conviendrait d'en examiner les résultats pour voir s'il existe des variations dans l'abondance des différentes catégories afin d'établir si le taux de mortalité naturelle est plus élevé. De plus, la densité des animaux en casier et des animaux en liberté sera comparée.
- Il faut faire une synthèse des observations

summarized where possible for laboratory studies and this information needs to be corrected for parental size because larger females produce more eggs.

- There was some evidence of bruising in gills of test animals and this observation needs to be completed for all test and control animals.
- Measurements of background or ambient sound were taken prior to the seismic testing and this information needs to be summarized.
- Information on leg loss needs to be summarized for all laboratory studies.
- Sediment from the test and control sites needs to be compared.
- An additional study was conducted on May 2004 to examine the dragging of cages during their retrieval and its impact on sediment observed in gills, statocysts and antennules. This work needs to be summarized.
- There were concerns that some of the observations could be related to size of animals. Thus a smaller subset of comparisons could be done with the same sized animals for test and control observations.
- Finally, there are established relationships between temperature and various stages of snow crab development. These empirical relationships should be used to predict the results under the observed temperature conditions of the study.

Fourth, this experiment was the first of its kind in the world and revealed the importance of careful experimental design and the need to continue this type of work in conjunction with future seismic surveys. Examples of the type of work that is needed are:

- Need to examine animals at test and control sites before beginning any experiment.
- Need for video monitoring of snow crab behaviour in the field. Note that there were

relatives à la perte d'oeufs en laboratoire. Ces données doivent être corrigées en fonction de la taille des femelles, car les gros individus produisent un plus grand nombre d'oeufs.

- Les branchies des spécimens du site d'essai étaient contusionnées. Il faut procéder à un examen des branchies de tous les animaux du site témoin et du site d'essai.
- Le niveau de bruit de fond (bruit ambiant) a été mesuré avant le relevé sismique. Il faut faire une synthèse de ces données.
- Il faut faire une synthèse des données sur la perte de pattes pour l'ensemble des études en laboratoire.
- Il importe de comparer les sédiments du site d'essai et du site témoin.
- Une autre étude a été réalisée en mai 2004 sur le traînement des casiers au fond de l'eau lors de leur récupération et la contribution de ce facteur à la présence de sédiments sur les branchies, les statocystes et les antennules. Il faut en faire la synthèse des résultats.
- Les chercheurs craignaient que certaines observations puissent être liées à la taille des crabes étudiés. Il faudrait réaliser un sous-ensemble de comparaisons avec des spécimens de tailles comparables du site d'essai et du site témoin.
- Enfin, des relations ont été établies entre la température et les divers stades de développement du crabe des neiges. Ces relations empiriques devraient être utilisées pour prédire les résultats dans les conditions de température observées lors de cette étude.

En quatrième lieu, cette étude était la première du genre au monde. Elle a fait ressortir l'importance de planifier les expériences avec soin et le besoin de continuer ce genre de recherche dans le cadre de relevés sismiques futurs. Voici quelques exemples d'études nécessaires :

- Il faut examiner les animaux des sites d'essai et des sites témoins avant d'entreprendre les expériences.
- Il importe de surveiller le comportement du crabe des neiges par vidéo sur le terrain. À

not any behavioural observations in the current study.

- Need to examine different categories of animals. For example multiparous females are not necessarily the most sensitive stage.
- Future field work needs to include multiple control and test sites. In addition the laboratory studies need to be conducted under blind or double-blind conditions to ensure that there is no bias with observation error.
- Need to know how sound affects animals, namely does seismic noise cause stress and/or is the impact mechanical?
- Need to know if snow crab can hear.
- Need to examine expected worst-case scenarios under controlled conditions.
- Need to examine the food chain or other parts of the benthic community for potential impacts.
- Need to map ambient and accumulated noise.
- Need to examine exposure-distance relationships for the effects on egg development.
- Finally, it is important that information on potential impacts of seismic energy be communicated to other scientists working on these questions in other parts of Canada and globally.

noter qu'il y avait peu d'observations sur le comportement de l'espèce dans la présente étude.

- Il faut examiner différentes catégories de crabes. Par exemple, les femelles multipares ne sont pas forcément les plus sensibles aux perturbations.
- Les futurs travaux de terrain doivent se faire sur plusieurs sites d'essai et plusieurs sites témoins. En outre, les études en laboratoire doivent être réalisées à simple ou à double insu pour éviter tout biais ou erreur d'observation.
- Il faut établir les effets du bruit sur les animaux, à savoir si le bruit sismique est un élément perturbateur et/ou si l'effet est de nature mécanique.
- Il faut déterminer si le crabe des neiges a un sens de l'ouïe.
- Il faut examiner les pires scénarios à prévoir dans des conditions contrôlées.
- Il faut examiner la chaîne alimentaire ou d'autres éléments de la communauté benthique pour déceler les impacts possibles.
- Il faut mesurer la durée d'exposition ambiante et cumulative au bruit.
- Il faut examiner les liens entre l'exposition et la distance et en déterminer les effets sur le développement des oeufs.
- Enfin, il est important que l'information sur les impacts possibles de l'énergie sismique soit communiquée aux scientifiques du Canada et d'ailleurs qui s'intéressent à la question.

**Appendix 1/ Annexe 1 : List of participants / Liste des participants**

| Scientific Referees /<br>Examineurs<br>scientifiques | Position /<br>Poste         | Expertise /<br>Spécialité                                                                 | Location / Lieu<br>de travail ou de<br>résidence |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Jean-Claude Brêthes,<br>Ph.D.                        | Professor<br>Professeur     | Life history of snow crab<br>Cycle vital du crabe                                         | UQAR                                             |
| Hal Whitehead, Ph.D.                                 | Professor /<br>Professeur   | Seismic impacts and marine life<br>Impacts du bruit sismique sur la vie marine            | Dalhousie                                        |
| Arthur Popper, Ph.D.                                 | Professor /<br>Professeur   | Acoustic detection in decapods<br>Détection acoustique chez les décapodes                 | U. Maryland                                      |
| Gérard Conan, Ph.D.                                  | Consultant                  | Life history of snow crab<br>Cycle vital du crabe                                         | Newfoundland<br>Terre-Neuve                      |
| Shawn Robinson,<br>Ph.D.                             | Scientist /<br>Scientifique | Biology of benthic invertebrates<br>Biologie des invertébrés benthiques                   | BIO<br>IOB                                       |
| Graham Daborn, Ph.D.                                 | Scientist /<br>Scientifique | Biology of benthic invertebrates<br>Biologie des invertébrés benthiques                   | Acadia University<br>Université Acadia           |
| Ross Claytor, Ph.D.                                  | Scientist<br>Scientifique   | Statistical design and population dynamics<br>Statistiques et dynamique des populations   | BIO<br>IOB                                       |
| Mark Hanson, Ph.D.                                   | Scientist /<br>Scientifique | Early life history of marine life<br>Premiers stades du cycle vital de la faune<br>marine | GFC<br>CPG                                       |
| Yvan Simard, Ph.D.                                   | Scientist /<br>Scientifique | Acoustics and marine life<br>Acoustique et vie marine                                     | IML<br>IML                                       |
| Ken Lee, Ph.D.                                       | Scientist /<br>Scientifique | Environmental impacts on marine life<br>Impacts environnementaux sur la vie<br>marine     | BIO<br>IOB                                       |
| <b>Co-chairs / Co-présidents</b>                     |                             |                                                                                           |                                                  |
| Michael Chadwick,<br>Ph.D.                           | RDOS / DROS                 |                                                                                           | GFC / CPG                                        |
| Sylvain Paradis, Ph.D.                               | RD - DR                     |                                                                                           | NCR / RCN                                        |

| <b>Industry participants / Participants de l'industrie</b> |                                    |     |  |                |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|--|----------------|
| Brian Adams                                                | Area 19 / Zone 19                  |     |  | NS / N.-É.     |
| Bill MacDonald                                             | Area 19 / Zone 19                  |     |  | NS / N.-É.     |
| Fred Kennedy                                               | Area 19 / Zone 19                  |     |  | NS / N.-É.     |
| Robert Haché                                               | Area 12 / Zone 12                  |     |  | NB / N.-B.     |
| Doug Cameron                                               | Area 12 / Zone 12                  |     |  | PEI / Î.-P.-É. |
| Bill Brophy                                                | Area 18 / Zone 18                  |     |  | NS / N.-É.     |
| Joey Desveaux                                              | Area F / Zone F                    |     |  | NS / N.-É.     |
| Pierrot Haché                                              | Area E / Zone E                    |     |  | NB / N.-É.     |
| Eric Theriault                                             | CNSOPB / OCNEHE                    |     |  | NS / N.-É.     |
| Dave Burley                                                | CNOPB / OCTHE                      |     |  | NL / T.-N.     |
| Paul Einarsson                                             | Geophysical Services               |     |  | Alberta        |
| John Christian                                             | Corridor Resources                 | LGL |  |                |
| Paul Hopkins                                               | Corridor Resources                 |     |  |                |
| Wayne Denny                                                | Pictou FN / PN de Pictou Landing   |     |  |                |
| Daniel Desbois                                             | ACB                                |     |  |                |
| Paul Boudreau                                              | Mag Islands / Îles-de-la-Madeleine |     |  |                |
| Marc Couture                                               | ACG                                |     |  |                |
| Albert Julien                                              | Paq'tnkek                          |     |  |                |
| Deborah Walsh                                              | CAP                                |     |  |                |
| Sandy Seigel                                               | MFU / UPM                          |     |  |                |
| <b>Provincial participants / Participants provinciaux</b>  |                                    |     |  |                |
| Greg Roach                                                 | NS DFAA / MPAA – N.-É.             |     |  |                |
| Bruce Cameron                                              | NS DOE / ME – N.-É.                |     |  |                |
| Yvon Chiasson                                              | NB / N.-B.                         |     |  |                |
| Dave Younker                                               | PEI / Î.-P.-É.                     |     |  |                |
| Pierre Bédard                                              | Québec                             |     |  |                |

| DFO participants / Participants du MPO              |                                                      |  |  |  |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--|--|--|
| John Hanlon                                         | Area Director NS / Directeur de secteur – N.-É.      |  |  |  |
| Ross Alexander                                      | Oil-gas coordinator / Coordonnateur – pétrole et gaz |  |  |  |
| Hugh Bain                                           | Senior Advisor / Conseiller principal                |  |  |  |
| Michael Chadwick                                    | RDOS / DROS                                          |  |  |  |
| Scientific presenters / Présentateurs scientifiques |                                                      |  |  |  |
| Mikio Moriyasu                                      | DFO / MPO                                            |  |  |  |
| Kadra Benhalima                                     | DFO / MPO                                            |  |  |  |
| Renée Allain                                        | DFO / MPO                                            |  |  |  |
| Simon Courtenay                                     | DFO / MPO                                            |  |  |  |
| Basil McLean                                        | Area 19 / Zone 19                                    |  |  |  |
| Scott Carr                                          | JASCO Research Ltd.                                  |  |  |  |
| Edwin DeMont                                        | St.FX University                                     |  |  |  |
| Jerry Payne                                         | DFO / MPO                                            |  |  |  |

***Appendix 2 / Annexe 2 : Letter of invitation / Lettre d'invitation***

Gulf Region  
Oceans and Science Branch  
P.O. Box 5030  
Moncton, NB E1C 9B6

Région du Golfe  
Direction des océans et des sciences  
C.P. 5030  
Moncton (N.-B.) E1C 9B6

August 6, 2004

Le 6 août 2004

Distribution

Liste de diffusion

**Subject: Peer review of potential impacts of  
seismic energy on snow crab**

**Objet : Examen par les pairs des impacts  
possibles de l'énergie sismique sur le crabe  
des neiges**

You are invited to participate at the scientific peer review of potential impacts of seismic energy on snow crab at The Howard Johnson Brunswick Plaza Hotel, 1005 Main Street, Moncton N.B., September 29, 2004.

Nous vous invitons à l'examen scientifique par les pairs des impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges, qui aura lieu à l'Hôtel Howard Johnson Brunswick Plaza, 1005, rue Main à Moncton (N.-B.), le 29 septembre 2004.

The purpose of this meeting is to conduct a thorough peer review of recent scientific work on this topic and to provide responses to the seven questions listed in the remit (see attached). Your participation is required to ensure that the review is of the highest quality

Cet examen approfondi par les pairs visera les récents travaux scientifiques menés sur le sujet et tentera de répondre aux sept questions énumérées (voir l'annexe). Votre participation est nécessaire pour que l'examen soit de la plus haute qualité.

The meeting will be conducted as follows: Scientists will begin by providing an overview of their results and conclusions, including limitations and sources of uncertainty. The presentations will be followed by comments from the scientific referees. Finally, at the end of each session, invited industry participants will be asked to provide comments.

La réunion se déroulera comme suit : les chercheurs présenteront un aperçu de leurs résultats et conclusions, y compris toute lacune et incertitude. Chaque exposé sera suivi de commentaires des examinateurs scientifiques. À la fin de chaque séance, on demandera à certains participants de l'industrie de commenter l'exposé.

We apologise that observers will be unable to attend this meeting.

Malheureusement, les observateurs ne pourront pas assister à cette réunion.

Working papers will be sent to scientific referees for their review about two weeks prior to the meeting; they will be available for other participants at the meeting.

Les documents de travail seront envoyés aux examinateurs scientifiques environ deux semaines avant la réunion. Les autres participants pourront en obtenir des copies sur place.

A draft Habitat Stock Status Report will be prepared at the meeting. The minutes of the meeting will be published as a Proceedings Document.

L'ébauche d'un rapport sur l'état des habitats sera rédigée à la réunion. Un procès-verbal des délibérations sera publié par la suite.

We greatly appreciate your contribution to this valuable exercise and look forward to seeing you in September.

Votre apport à cette activité essentielle est grandement appréciée. Au plaisir de vous voir en septembre.

*Original Signed by /  
Originale signée par*

Michael Chadwick  
Regional Oceans and Science Director / Directeur régional des océans et des sciences  
Gulf Region / Région du Golfe

CC: J. Jones

**Appendix 3 / Annexe 3 : Remit / Demande de renvoi**

**Scientific Peer Review  
Potential Impacts of Seismic Energy  
on Snow Crab**

**September 29, 2004  
Gulf Fisheries Centre, 0900-1700,  
Miramichi Room**

**Examen par les pairs des impacts  
possibles de l'énergie sismique sur le  
crabe des neiges**

**Le 29 septembre 2004, 9h-17h  
Centre des pêches du Golfe  
Salle Miramichi**

**Remit**

**Demande de renvoi**

- |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Is there evidence from this report that indicates irreversible harm (including death) to snow crab caused by seismic operations?                                               | 1. Est-ce que les résultats de cette étude indiquent que les activités de sismique causent des torts irréversibles au crabe des neiges (y compris la mort)?                                      |
| 2. Does seismic energy under realistic conditions produce mortality or morbidity in female snow crab carrying eggs?                                                               | 2. Est-ce que les activités de sismique sont une source de mortalité ou de morbidité des femelles oeuvées?                                                                                       |
| 3. Does seismic energy under realistic conditions produce long-term effects on the behaviour of female snow crab.                                                                 | 3. Est-ce que les activités de sismique ont des effets à long terme sur le comportement des femelles?                                                                                            |
| 4. Does seismic energy under realistic conditions produce long-term effects on the characteristics and morphology in gills and internal organs of female snow crab?               | 4. Est-ce que les activités de sismique ont des effets à long terme sur les caractéristiques et la morphologie des ouïes et des organes internes des femelles?                                   |
| 5. Does seismic energy under realistic conditions produce effects on the hatch of embryos carried by exposed female snow crab and subsequent morphology and locomotion of larvae? | 5. Est-ce que les activités de sismique ont des effets sur la sortie des embryons des oeufs portés par les femelles exposées et les caractéristiques morphologiques et la locomotion des larves? |
| 6. What further research is required, if any?                                                                                                                                     | 6. Quels autres travaux de recherche seraient utiles, s'il y a lieu?                                                                                                                             |
| 7. How applicable are the results and conclusions of this study to other crustacean species (e.g. other crab species and lobster)?                                                | 7. Dans quelle mesure les résultats et conclusions de cette étude s'appliquent-ils à d'autres espèces de crustacés (p. ex. d'autres espèces de crabe et le homard)?                              |

**Appendix 4 / Annexe 4 : Agenda / Ordre du jour**

**Scientific Peer Review  
Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab**

**September 29, 2004  
Howard Johnson Brunswick Plaza Hotel (Carleton Boardroom)  
1005 Main Street, Moncton, NB**

**Agenda**

| Time      | Presenter                          | Subject                                                     |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 0900-0910 | Mike Chadwick /<br>Sylvain Paradis | Introduction and format of meeting                          |
| 0910-0930 | Scott Carr *                       | Acoustic monitoring off western Cape Breton                 |
| 0930-1000 | Mikio Moriyasu                     | Effects of seismic noise on female snow crab                |
| 1000-1015 | Break                              |                                                             |
| 1015-1100 | Mikio Moriyasu                     | Effects of seismic noise on female snow crab                |
| 1100-1120 | Edwin DeMont *                     | Effect of seismic noise on mobility of stage 1 snow crab    |
| 1120-1140 | Simon Courtenay *                  | Effect of seismic noise on hatch and development of embryos |
| 1140-1200 | Jerry Payne *                      | Observations on laboratory-held snow crab                   |
| 1200-1245 | Lunch                              |                                                             |
| 1245-1330 | Referees                           | Questions and issues                                        |
| 1330-1400 | Other participants                 | Questions and issues                                        |
| 1400-1500 | Mike Chadwick /<br>Sylvain Paradis | Responses to the nine questions                             |
| 1500-1515 | Break                              |                                                             |
| 1515-1600 | Mike Chadwick /<br>Sylvain Paradis | Summary of main conclusions and action items                |
| 1600-1700 | Mike Chadwick /<br>Sylvain Paradis | Communications plan                                         |

**\*10 minutes for presentation by authors**

***Examen scientifique par les pairs des  
Impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges***

***Le 29 septembre 2004  
Hôtel Howard Johnson Brunswick Plaza (salle de réunion Carleton)  
1005, rue Main, Moncton (N.-B.)***

***Ordre du jour***

| Heure         | Présentateurs                   | Sujet                                                                                         |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9h – 9h10     | Mike Chadwick / Sylvain Paradis | Mot de bienvenue et explication du déroulement de la réunion                                  |
| 9h10 – 9h30   | Scott Carr *                    | Surveillance acoustique au large de la côte ouest du Cap-Breton                               |
| 9h30 – 10h    | Mikio Moriyasu                  | Effets du bruit acoustique sur la femelle du crabe des neiges                                 |
| 10h – 10h15   | Pause                           |                                                                                               |
| 10h15 – 11h   | Mikio Moriyasu                  | Effets du bruit acoustique sur la femelle du crabe des neiges                                 |
| 11h – 11h20   | Edwin DeMont *                  | Effets du bruit acoustique sur la mobilité du crabe des neiges au stade 1 du cycle biologique |
| 11h20 – 11h40 | Simon Courtenay *               | Effets du bruit sismique sur l'éclosion et le développement des embryons                      |
| 11h40 – 12h   | Jerry Payne *                   | Observations sur du crabe des neiges gardé en laboratoire                                     |
| 12h – 12h45   | Repas                           |                                                                                               |
| 12h45 – 13h30 | Examineurs                      | Questions et sujets de préoccupation                                                          |
| 13h30 – 14h   | Autres participants             | Questions et sujets de préoccupation                                                          |
| 14h – 15h     | Mike Chadwick / Sylvain Paradis | Réponses aux neuf questions                                                                   |
| 15h – 15h15   | Pause                           |                                                                                               |
| 15h15 – 16h   | Mike Chadwick / Sylvain Paradis | Sommaire des principales conclusions et des points auxquels il faut donner suite              |
| 16h – 17h     | Mike Chadwick / Sylvain Paradis | Plan de communications                                                                        |

***\*10 minutes pour les présentations des auteurs***

## Appendix 5 / Annexe 5 : Results of evaluation forms / Résultats des formulaires d'évaluation

### *Scientific Peer Review Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab Gulf Fisheries Centre – September 29, 2004 Evaluation Form*

How would you rate the following components of the review? (Please check one)

|                                                                                                     | Poor | Fair | Satisfactory | Very Satisfactory | Excellent |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--------------|-------------------|-----------|
| <i>The review was well conducted and organized.</i>                                                 |      | 1    | 5            | 8                 | 4         |
| <i>The information provided by the speakers was timely and informative.</i>                         |      |      | 7            | 10                | 1         |
| <i>The review format was adequate.</i>                                                              |      | 1    | 7            | 9                 | 1         |
| <i>I have had the opportunity to express myself in the language of my choice during the review.</i> |      |      | 4            | 7                 | 6         |

- **19 evaluation forms were returned.**

#### Other Comments:

- Useful discussion. Good overall summary of work done and review of issues to address. Well organized also.
- Was a very good meeting that answered some questions and presented other questions that need to be answered before seismic work can go ahead full speed in crab fishing areas.
- Would have liked to see effect of seismic on actual catchability of crabs, i.e. does it scare them out.
- Lot of information to digest and discuss and not enough time – especially for stakeholders.
- Having never been to a «review process» meeting before, I was not sure what to expect. There were many perspectives presented which allowed more extensive coverage of the topic. The meeting served as a good springboard for further comment and consideration of the issues involved.
- It sounds like the refs are saying seismic is not the problem. But Mikio has identified some problems with crab. What is causing these problems with the health of the crab?
- Thank you to Mike, Mikio and all for undertaking this exercise for us. While we still have many questions, we have fewer fears than before. Thank you. Fred Kennedy, Western Cape Breton Snow Crabbers.

- Good focussing on some very conflicting research ideas/opinions. Some issues are probably better raised with scientific reviewers only. Also really took much longer than it should have to accumulate any decisions - a lot of repetition.
- 2 conclusions: 1) no mortality; 2) environmental effects may overprint sub-lethal observations.
- The problem of managing a large group of opinionated participants is generic – but it was handled well by Mike Chadwick.
- The table management was poor. Rows of tables instead of the round tables would have been preferable.
- No representatives of environmental community present, but many industry and governmental representatives.
- Large step forward on this issue. Keep up the good work – Brian Adams, Area 19 Snow Crab.

**Examen par les pairs  
des impacts possibles de l'énergie sismique sur le crabe des neiges  
Centre des pêches du Golfe – le 29 septembre 2004  
Formulaire d'évaluation**

Comment classifieriez-vous les composantes suivantes de l'examen scientifique?  
(Veuillez cocher une case)

|                                                                                                 | Médiocre | Passable | Satisfaisant | Très satisfaisant | Excellent |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|--------------|-------------------|-----------|
| <i>L'examen par les pairs était bien mené et organisé.</i>                                      |          | 1        | 5            | 8                 | 4         |
| <i>Les informations fournies par les personnes ressources étaient informatives et à propos.</i> |          |          | 7            | 10                | 1         |
| <i>Le format était adéquat.</i>                                                                 |          | 1        | 7            | 9                 | 1         |
| <i>J'ai eu l'opportunité d'exprimer mon point de vue dans la langue de mon choix.</i>           |          |          | 4            | 7                 | 6         |

- **19 formulaires d'évaluation ont été remplis.**

Autres commentaires :

- Discussion pratique. Bon résumé global des travaux effectués et bon examen des questions à aborder. Bien organisé.
- Très bonne réunion qui a permis de résoudre certains problèmes et d'en soulever d'autres qui doivent être résolus avant d'aller de l'avant avec les activités de prospection sismique dans les zones de pêche du crabe.
- J'aurais aimé connaître les effets des activités de prospection sismique sur la capturabilité réelle du crabe, c.-à-d. savoir si ces activités font fuir les crabes.
- Beaucoup d'informations à assimiler et de points à discuter en trop peu de temps, particulièrement pour les intervenants.
- N'ayant jamais participé à une réunion d'examen auparavant, je ne savais à quoi m'attendre. Nombre de points de vue ont été présentés, ce qui a permis de traiter plus en détail du sujet. La réunion a constitué un bon tremplin pour une étude plus poussée des questions d'intérêt et pour la formulation de davantage de commentaires sur celles-ci.
- Il semble que les examinateurs scientifiques affirment que les activités de prospection sismique ne sont pas à l'origine du problème, mais Mikio a relevé certains problèmes liés au crabe. Quelle est la cause des problèmes de santé du crabe?
- Merci à Mike, Mikio et à toutes les autres personnes concernées pour avoir organisé cette réunion pour nous. Nous avons encore de nombreuses questions à poser, mais nous éprouvons moins de craintes qu'auparavant. Merci. Fred Kennedy, Western Cape Breton Snow Crabbers.

- Bonne étude de certaines idées de recherche et opinions très contradictoires. Il est probablement préférable que certaines questions soient abordées en présence d'examineurs scientifiques seulement. Le processus de prise de décisions a été beaucoup trop long en raison de nombreuses répétitions.
- 2 conclusions : 1) aucun cas de mortalité; 2) il est possible que les effets environnementaux empêchent de distinguer les effets sublétaux des activités de prospection sismique.
- La gestion d'un vaste groupe de participants aux opinions bien arrêtées constitue un problème générique, mais Mike Chadwick s'en est très bien tiré.
- L'aménagement des tables était mauvais. Des rangées de tables auraient été préférables aux tables rondes.
- Aucun représentant de groupes environnementaux n'était présent, mais de nombreux représentants de l'industrie et des gouvernements étaient là.
- Un grand pas vers l'avant a été réalisé. Continuez votre excellent travail. - Brian Adams, pêcheur de crabe des neiges de la zone 19.