Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada
Science | Sciences

*C S A S* | *S C C S*

**Canadian Science Advisory Secretariat** | **Secrétariat canadien de consultation scientifique**

**Proceedings Series 2008/021** | **Série des comptes rendus 2008/021**

# Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 1)

**12-16 November 2007**

**Cambridge Suites**
**Halifax, Nova Scotia**

**W.D. Bowen (Chair), M.O. Hammill, M. Koen-Alonso, G. Stenson, D.P. Swain, and K. Trzcinski**

[1]Bedford Institute of Oceanography
1 Challenger Drive, P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2

[2]Maurice-Lamontagne Institute
850, route de la Mer, P.O. Box 1000
Mont-Joli, Quebec G5H 3Z4

[3]Northwest Atlantic Fisheries Centre
East White Hills Road, P.O. Box 5667
St. John's, Newfoundland A1C 5X1

[4]Gulf Fisheries Centre
343, ave. Université Ave.
Moncton, New Brunswick E1C 9B6

**November 2008**

# Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (1re partie)

**Du 12 au 16 novembre 2007**

**Hôtel Cambridge Suites**
**Halifax (Nouvelle-Écosse)**

**W.D. Bowen (président), M.O. Hammill, M. Koen-Alonso, G. Stenson, D.P. Swain et K. Trzcinski**

[1]Institut océanographique de Bedford
1 Challenger Drive, C. P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

[2]Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer, C.P. 1000
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

[3]Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
East White Hills Road, C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

[4]Centre des pêches du Golfe
343, ave. Université
Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

**Novembre 2008**

## Foreword

The purpose of these Proceedings is to document the activities and key discussions of the meeting. The Proceedings include research recommendations, uncertainties, and the rationale for decisions made by the meeting. Proceedings also document when data, analyses or interpretations were reviewed and rejected on scientific grounds, including the reason(s) for rejection. As such, interpretations and opinions presented in this report individually may be factually incorrect or misleading, but are included to record as faithfully as possible what was considered at the meeting. No statements are to be taken as reflecting the conclusions of the meeting unless they are clearly identified as such. Moreover, further review may result in a change of conclusions where additional information was identified as relevant to the topics being considered, but not available in the timeframe of the meeting. In the rare case when there are formal dissenting views, these are also archived as Annexes to the Proceedings.

This workshop was not carried out as a formal Department of Fisheries and Oceans (DFO) Science Advisory process; however, it is being documented in the Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS) Proceedings series as it presents some topics of interest related to the advisory process and will presumably contribute to future science advice.

## Avant-propos

Le présent compte rendu a pour but de documenter les principales activités et discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion. Il contient des recommandations sur les recherches à effectuer, traite des incertitudes et expose les motifs ayant mené à la prise de décisions pendant la réunion. En outre, il fait état de données, d'analyses ou d'interprétations passées en revue et rejetées pour des raisons scientifiques, en donnant la raison du rejet. Bien que les interprétations et les opinions contenus dans le présent rapport puissent être inexacts ou propres à induire en erreur, ils sont quand même reproduits aussi fidèlement que possible afin de refléter les échanges tenus au cours de la réunion. Ainsi, aucune partie de ce rapport ne doit être considéré en tant que reflet des conclusions de la réunion, à moins d'indication précise en ce sens. De plus, un examen ultérieur de la question pourrait entraîner des changements aux conclusions, notamment si l'information supplémentaire pertinente, non disponible au moment de la réunion, est fournie par la suite. Finalement, dans les rares cas où des opinions divergentes sont exprimées officiellement, celles-ci sont également consignées dans les annexes du compte rendu.

L'atelier n'a pas suivi le processus officiel de consultation scientifique du ministère des Pêches et des Océans (MPO); il fait toutefois l'objet d'un compte rendu du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), car il aborde des thèmes pertinents au processus de consultation scientifique et il contribuera vraisemblablement à la consultation scientifique future.

# Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 1)

**12-16 November 2007**

**Cambridge Suites**
**Halifax, Nova Scotia**

**W.D. Bowen (Chair), M.O. Hammill, M. Koen-Alonso, G. Stenson, D.P. Swain, and K. Trzcinski**

[1]Bedford Institute of Oceanography
1 Challenger Drive, P.O. Box 1006
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2

[2]Maurice-Lamontagne Institute
850, route de la Mer, P.O. Box 1000
Mont-Joli, Quebec G5H 3Z4

[3]Northwest Atlantic Fisheries Centre
East White Hills Road, P.O. Box 5667
St. John's, Newfoundland A1C 5X1

[4]Gulf Fisheries Centre
343, ave. Université Ave.
Moncton, New Brunswick E1C 9B6

**November 2008**

# Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (1re partie)

**Du 12 au 16 novembre 2007**

**Hôtel Cambridge Suites**
**Halifax (Nouvelle-Écosse)**

**W.D. Bowen (président), M.O. Hammill, M. Koen-Alonso, G. Stenson, D.P. Swain et K. Trzcinski**

[1]Institut océanographique de Bedford
1 Challenger Drive, C. P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

[2]Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer, C.P. 1000
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

[3]Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
East White Hills Road, C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

[4]Centre des pêches du Golfe
343, ave. Université
Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

**Novembre 2008**

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2008
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2008

ISSN 1701-1272 (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:
On doit citer cette publication comme suit :

DFO. 2008. Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 1); 12-16 November 2007. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2008/021.

MPO. 2008. Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (1re partie); du 12 au 16 novembre 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Série de comptes rendus 2008/021.

## TABLE OF CONTENTS

Summary ..... iv
Background ..... 1
Welcome and Rapporteurs ..... 2
Workshop Objectives ..... 2
Presentations and Discussion ..... 3
Industry Perspective ..... 3
Predator Effects on Prey Behaviour ..... 5
Sealworm Effects ..... 7
Seal Ecology ..... 11
Mortality Patterns in Fish ..... 19
Seal Diet Estimation ..... 30
Estimating Seal Prey Consumption ..... 36
Bias and Uncertainty of Data ..... 43
Statistical Analysis and Modeling ..... 47
Research and Analysis Needs ..... 58
Appendices ..... 66
Appendix 1. List of Participants ..... 66
Appendix 2. Terms of Reference and Agenda ..... 68
Appendix 3. Summaries of Presentations Given at the Workshop ..... 76

## TABLE DES MATIÈRES

Sommaire ..... iv
Contexte ..... 1
Mot de bienvenue et rapporteurs ..... 2
Objectifs de l'atelier ..... 2
Présentations et discussion ..... 3
Point de vue de l'industrie ..... 3
Effets des prédateurs sur le comportement des proies ..... 5
Effets du ver du phoque ..... 7
Écologie des phoques ..... 11
Régimes de mortalité des poissons ..... 19
Estimation du régime alimentaire des phoques ..... 30
Estimation de la quantité de proies consommées par les phoques ..... 36
Biais et incertitude des données ..... 43
Analyse statistique et modélisation ..... 47
Besoins de recherche et d'analyse ..... 58
Annexes ..... 66
Annexe 1 - Liste des participants ..... 66
Annexe 2 - Cadre de référence et programme ..... 68
Annexe 3 - Résumés des présentations faites à l'atelier ..... 76

**SUMMARY**

A five-day day meeting was held in November, 2007 in Halifax, Nova Scotia, during which some 31 presentations were given on topics related to the potential impacts of seals on fish stocks in eastern Canada and elsewhere. Seals are hypothesized to have 5 kinds of negative effects on prey populations: 1) predation, 2) competition, 3) transmission of parasites causing increased mortality of fishes, 4) disruption of spawning causing reduced reproductive success, and 5) other indirect effects on fish behaviour caused by risk of seal predation. The meeting was attended by 30 invited participants from Canada, Norway, United States of America, and Scotland. A small number of observers from the fishing industry, graduate students from Dalhousie University, and interested scientists from the Bedford Institute of Oceanography also attended parts of the meeting. The principle objective of this workshop, the first of 2, was to review what is known, identify gaps in our understanding, and determine what new analyses could be completed over the next 12 month period to better understand the impacts of seals on fish stocks in eastern Canada. The work plan, both for the short-term, and the longer-term, were identified and are reported under Research Needs section of this report. The second and final workshop is tentatively planned for November 2008.

**SOMMAIRE**

Un atelier de cinq jours a été tenu à Halifax (Nouvelle-Écosse) en novembre 2007. Durant cet atelier, quelque 31 présentations ont été faites sur des sujets liés aux répercussions potentielles des phoques sur les stocks de poissons dans l'est du Canada et ailleurs. On suppose que les effets négatifs des phoques sur leurs proies sont de cinq ordres : 1) prédation; 2) compétition; 3) transmission de parasites causant un accroissement du taux de mortalité chez les poissons; 4) perturbation de la fraie, causant une baisse du succès de la reproduction; 5) autres effets indirects sur le comportement des poissons causés par le risque de prédation par les phoques. Trente invités provenant du Canada, de la Norvège, des États-Unis et de l'Écosse ont participé à l'atelier. Un petit nombre d'observateurs de l'industrie de la pêche, d'étudiants des cycles supérieurs de l'Université Dalhousie et de scientifiques intéressés de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) ont également participé à certaines parties de l'atelier. L'objectif principal de l'atelier, le premier d'une série de deux, était d'examiner les connaissances, de cerner les lacunes dans celles-ci et de déterminer les nouvelles analyses réalisables au cours des 12 prochains mois pour approfondir les connaissances sur les effets des phoques sur les stocks de poissons dans l'est du Canada. Les plans de travail à court et à long terme ont été établis et sont présentés dans la section « Besoins de recherche » du présent rapport. Le second atelier est prévu en novembre 2008.

## BACKGROUND

The Canadian Department of Fisheries and Oceans (DFO) is hosting a two-part international workshop to review the impacts of seals on Atlantic cod stocks in eastern Canadian waters. The first workshop will focus on technical issues. It will provide an opportunity to have a first look at the data available and will identify data analyses and modeling studies that could be carried out with existing data to more fully address the issue of seal impacts on recovery of commercial fisheries. The second workshop, slated for fall 2008, will provide an opportunity to proceed with the final review, including the new analyses and modeling results identified during part 1.

There is ongoing debate about the negative impacts of seal predation on fish populations of commercial and conservation interest (e.g., Atlantic salmon and Atlantic cod). One source of this debate is the growth in seal populations in eastern Canadian waters over the past several decades and the declines or, in some cases, collapse of fish populations to the point where fishing has been stopped. Seals are hypothesized to have 5 kinds of negative effects on prey populations: 1) predation, 2) competition, 3) transmission of parasites causing increased mortality of fishes, 4) disruption of spawning causing reduced reproductive success, and 5) other indirect effects on fish behaviour caused by risk of seal predation. An external review commissioned by the Canadian Department of Fisheries and Oceans (Report of the Eminent Panel on Seal Management 2001) dealt with predation effects in great detail, but other types of hypothesized effects were not considered within the Terms of Reference of the review. Furthermore, since the Eminent Panel submitted their findings, considerable new research has been conducted on seal population size and the impacts of predation.

The first of 2 seal impacts workshops was held in Halifax, Nova Scotia, from 12 to 16 November, 2007. The meeting was attended by 30 invited participants from Canada, Norway, United States of America, and Scotland (Appendix 1). A small

## CONTEXTE

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) du Canada est l'hôte d'un atelier international en deux volets, destiné à examiner les répercussions des phoques sur les stocks de morue de l'Atlantique des eaux de l'est du Canada. Le premier atelier mettra l'emphase sur les aspects techniques. Il permettra de jeter un premier regard sur les données disponibles, et d'identifier les analyses et études de modélisation qui pourraient être entreprises avec les données déjà disponibles afin de couvrir de façon plus complète l'enjeu des répercussions des phoques sur le rétablissement des pêches commerciales. Le second atelier, prévu à l'automne 2008, permettra d'effectuer la revue finale de l'information, y compris les nouveaux résultats des analyses et études de modélisation recommandées durant le premier atelier.

Le débat se poursuit au sujet des effets négatifs du comportement de prédation des phoques sur les populations de poissons d'intérêt commercial ou ciblées par les mesures de conservation (p. ex. le saumon atlantique et la morue de l'Atlantique). L'une des sources de débat est la croissance des populations de phoques dans les eaux de l'est du Canada au cours des dernières décennies et le déclin ou, dans certains cas même, l'effondrement de certaines populations de poissons, au point où leur pêche a dû être interrompue. On suppose que les effets négatifs des phoques sur leurs proies sont de cinq ordres : 1) prédation; 2) compétition; 3) transmission de parasites causant un accroissement du taux de mortalité chez les poissons; 4) perturbation de la fraie, causant une baisse du succès de la reproduction; 5) autres effets indirects sur le comportement des poissons causés par le risque de prédation par les phoques. Un examen externe demandé par le MPO (Rapport du groupe d'experts sur la gestion des phoques, 2001) a décrit de manière très détaillée les effets de la prédation, mais le cadre de référence de l'examen n'englobait pas des effets hypothétiques d'une autre nature. De plus, depuis que le groupe d'experts a présenté ses conclusions, un nombre important de travaux de recherche ont été effectués sur la taille des populations de phoques et les effets de la prédation.

Le premier atelier sur les répercussions des phoques a été tenu à Halifax (N.-É.), du 12 au 16 novembre 2007. Trente invités provenant du Canada, de la Norvège, des États-Unis et de l'Écosse ont participé à cet atelier (annexe 1). Un

number of observers from the fishing industry, graduate students from Dalhousie University, and interested scientists from the Bedford Institute of Oceanography also attended parts of the meeting. The Agenda and summaries of the presentations given at the workshop are given in appendices 2 and 3, respectively. The report was written by the organizing committee based on workshop presentations and notes of the rapporteurs.

petit nombre d'observateurs de l'industrie de la pêche, d'étudiants des cycles supérieurs de l'Université Dalhousie et de scientifiques intéressés de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) ont également participé à certaines parties de l'atelier. Le programme de l'atelier et les résumés des présentations faites au cours de celui-ci sont présentés respectivement aux annexes 2 et 3 du présent document. Le compte rendu de l'atelier a été rédigé par le comité organisateur et s'appuie sur les présentations et les notes des rapporteurs.

## WELCOME AND RAPPORTEURS

W.D. Bowen welcomed the participants and provided an overview of the workshop objectives and expected outputs. He also acknowledged co-chairs of the meeting, M.O. Hammill and G. Stenson, and other members of the organizing committee – M. Koen-Alonso, D.P. Swain, and K. Trzcinski. L. Worth-Bezanson arranged for the venue, and handled travel and accommodations for participants.

## MOT DE BIENVENUE ET RAPPORTEURS

W.D. Bowen souhaite la bienvenue aux participants et présente un aperçu des objectifs et des résultats anticipés de l'atelier. Il souligne la présence des coprésidents de l'atelier, M.O. Hammill et G. Stenson, et des autres membres du comité organisateur (M. Koen-Alonso, D.P. Swain et K. Trzcinski). L. Worth-Bezanson s'est chargée des dispositions relatives au site de l'atelier ainsi qu'aux déplacements et à l'hébergement des participants.

## WORKSHOP OBJECTIVES

The ultimate objectives of this two-step process are to review:

1. research on the trophic interactions (e.g., impacts of predation) between seals and Atlantic cod stocks in eastern Canada, with a focus on grey and harp seals,
2. similar research conducted elsewhere that may provide insight into the effects of grey and harp seal predation on Atlantic cod stocks,
3. research on the effects of seal-transmitted parasites as a source of fish mortality,
4. research on the negative non-trophic indirect effects of seals on spawning success and feeding behaviour of fish,
5. available information on the impact of reductions in seal population size on fish population size and exploitable biomass, and the economics of seal management, and

## OBJECTIFS DE L'ATELIER

Les objectifs ultimes de ce processus en deux volets sont l'examen des éléments suivants :

1. les études sur les interactions trophiques (p. ex. les effets de la prédation) entre les phoques et les stocks de morue de l'Atlantique de l'est du Canada, en particulier les phoques gris et les phoques du Groenland;
2. les études semblables menées ailleurs qui pourraient aider à mieux comprendre les effets de la prédation exercée par les phoques gris et les phoques du Groenland sur les stocks de morue de l'Atlantique;
3. les études sur les effets des parasites transmis par les phoques, comme source de mortalité du poisson;
4. les études sur les effets indirects négatifs, non trophiques, des phoques sur le succès de la ponte et sur le comportement alimentaire des poissons;
5. l'information disponible sur les répercussions d'une diminution des populations de phoques sur la taille des populations de poissons et leur biomasse exploitable, ainsi que sur les aspects économiques de la gestion des phoques;

6. the design of experimental or other research that would clarify the impact of seals on the dynamics of cod stocks.

6. la conception d'expériences ou autres études pouvant permettre de préciser les répercussions des phoques sur la dynamique des stocks de morue.

## PRESENTATIONS AND DISCUSSION

### Industry Perspective

Rapporteur: L. Yetman

D. Morrow, Nova Scotia Fish Packers Association, gave a presentation that focused mainly on the impact of grey seal predation and sealworm parasites on groundfish stocks in NAFO (Northwest Atlantic Fisheries Organization) divisions 4TVn, 4VsWX, as determined from questionnaire responses from harvesters and processors. Five major impacts were identified:

- fish consumed directly through predation,
- fish behaviour affected due to the presence of large numbers of seals so that feeding and spawning in certain preferred areas is affected,
- fish health and condition deteriorating due to the increased infestation of sealworms in the fish,
- the disruption of fixed gear fishing due to the destruction of gear and destruction of the catch before it can be brought on board, and
- the negative effect on the processing sector of increased labour costs due to parasite removal, loss of yield due to the poor condition of infested fish, and customer resistance to fish that has been riddled with large numbers of parasites.

According to the fishing industry, parasites are now present in fish caught in many areas where once only fish harvested near Sable Island would be infected. Plants refuse to buy from some areas due to high infestation levels which can drive processing costs up by 65% to 100%. There are instances where markets for some products have been lost due to parasites. Industry felt that the groundfish fishery in Nova Scotia had declined dramatically in recent years and much of the reason for this could be attributed to the impact of grey seals. Industry recommended that the grey seal herd be reduced by 50% over 5 years.

## PRÉSENTATIONS ET DISCUSSION

### Point de vue de l'industrie

Rapporteur : L. Yetman

D. Morrow (Nova Scotia Fish Packers Association) donne un exposé centré sur les répercussions de la prédation exercée par le phoque gris et du ver du phoque sur les stocks de poissons de fond dans les divisions 4TVn et 4VsWX de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), d'après les réponses de pêcheurs et de transformateurs à un questionnaire. Cinq répercussions principales ont été relevées :

- la mortalité directe des poissons par prédation;
- la perturbation des comportements d'alimentation et de reproduction des poissons dans certaines zones privilégiées causée par la présence d'un grand nombre de phoques;
- la détérioration de la santé et de la condition des poissons due à une infestation accrue par le ver du phoque;
- la perturbation de la pêche aux engins fixes causée par la destruction d'engins et de prises avant leur sortie de l'eau;
- l'effet négatif sur le secteur de la transformation de la hausse des coûts de main-d'œuvre due à l'enlèvement des parasites, de la baisse du rendement due à la mauvaise condition des poissons infestés, et de la résistance des consommateurs à l'égard des poissons criblés de parasites.

D'après l'industrie de la pêche, les parasites, qui infestaient jadis seulement les poissons près de l'île de Sable, infestent maintenant les poissons dans de nombreuses zones. Les transformateurs refusent d'acheter les poissons provenant de certaines zones en raison des taux d'infestation élevés, qui peuvent entraîner une hausse des coûts de transformation de 65 à 100 %. Les parasites ont même forcé la fermeture de marchés pour certains produits. L'industrie est d'avis que la pêche du poisson de fond en N.-É. a connu un déclin considérable au cours des dernières années et que cette situation est en grande partie attribuable au phoque gris. L'industrie recommande la réduction de moitié de

Next, D. Decker, representing an industry Seal Predation Working Group, presented the results of a questionnaire of harvesters relative to their observations of seal interactions. Responses were obtained from 127 harvesters, 6 processors, and 7 fishery officers throughout the Gulf of St. Lawrence (Gulf). The response from harvesters represents 3,774 combined years of experience.

Among the conclusions were that seal numbers have increased at an alarming rate, particularly during the last 5 years. Grey seals are moving to new areas throughout the Gulf, along the south and west coast of Newfoundland and Labrador, as well as the coast of Nova Scotia. Respondents were of the opinion that seal predation is a predominant factor preventing recovery of groundfish stocks, and also significantly impacted pelagic fish and lobster stocks. Harvesters observed increased prevalence of sealworms in groundfish and increasing incidence of seals stripping fish and bait from fishing gear and causing damage to fishing gear, sometimes leading to a cessation of fishing by the affected fishers. The working group recommended reducing the population of grey seals by 50% during the next 5 years through a commercial hunt in the Gulf of St. Lawrence and on Sable Island, starting immediately. The working group also recommended that science research be accelerated to determine the impact of seal predation and fish parasite loads on groundfish recovery.

Discussion

Although Industry felt that seals were a major impediment to the recovery of cod, the recommended 50% reduction was not accompanied by any analysis that would justify this percentage over any other. Nor was there any analysis to suggest that fewer seals would have a positive effect on fish stock recovery. Industry noted that this rate of harvest would allow for

l'effectif du troupeau de phoques gris sur cinq ans.

D. Decker (représentant un groupe de travail de l'industrie sur la prédation exercée par les phoques) présente les résultats d'un questionnaire sur l'observation des interactions des phoques par les pêcheurs. Au total, 127 pêcheurs, 6 transformateurs et 7 agents des pêches ont répondu au questionnaire dans le golfe du Saint-Laurent. Ensemble, les 127 pêcheurs représentent 3 774 années d'expérience.

Parmi les conclusions du questionnaire, notons le fait que le nombre de phoques a augmenté à une vitesse alarmante, particulièrement au cours des cinq dernières années. Les phoques gris gagnent de nouvelles zones partout dans le golfe, le long des côtes sud et ouest de Terre-Neuve et du Labrador, ainsi que le long de la côte de la Nouvelle-Écosse. Les répondants sont d'avis que la prédation exercée par les phoques constitue un facteur important qui prévient le rétablissement des stocks de poisson de fond et qui a une incidence considérable sur les stocks de poissons pélagiques et de homard. Les pêcheurs ont observé une augmentation de la prévalence du ver du phoque chez le poisson de fond, une hausse du nombre de poissons et d'appâts capturés à même les engins de pêche par des phoques et une hausse des dommages aux engins causés par les phoques, ce qui force parfois les pêcheurs touchés à cesser leurs activités de pêche. Le groupe de travail recommande la réduction de moitié de l'effectif de la population de phoques gris sur cinq ans par le biais d'une chasse commerciale commençant dès maintenant dans le golfe du Saint-Laurent et dans la région de l'île de Sable. Le groupe de travail a également recommandé l'accélération de la recherche scientifique afin de déterminer les répercussions de la prédation exercée par les phoques et de la charge en parasites des poissons sur le rétablissement du poisson de fond.

Discussion

Bien que l'industrie soit d'avis que les phoques constituent un obstacle majeur au rétablissement de la morue, la cible de réduction de 50 % recommandée n'est appuyée par aucune analyse particulière. De plus, aucune analyse ne suggère qu'un nombre inférieur de phoques aurait un effet positif sur le rétablissement des stocks de poissons. L'industrie fait observer que ce taux de

further market development and development of appropriate infrastructure and harvesting techniques. Industry noted that Iceland has culled their grey seal population to reduce parasites in cod.

**Predator Effects on Prey Behaviour**

Rapporteur: M.O. Hammill

Predators affect prey populations through direct consumption, thereby changing prey abundance (i.e., density-mediated interactions). However, the mere presence of a predator may also impact the abundance of their prey by inducing changes in prey behaviour (i.e., trait-mediated interactions). The costs associated with anti-predator behaviours are usually a reduction in energy intake brought about by a decrease in foraging activity or movement to a less favourable foraging habitat. This change in behaviour may reduce growth and increase mortality. Research has shown that the level of risk taking is often state-dependent, i.e., dependent on the body size or condition of the individual. Thus, only a subset of individuals may be affected during periods of low food availability. Few studies have reported such interactions in marine communities, particularly for top marine predators such as sharks, pinnipeds, and large predatory fish. In other ecosystems, these effects can be as strong as, or stronger, than lethal effects; because they are additive and they persist throughout life of prey. The lack of studies on trait-mediated interactions between large marine predators and their prey is not likely a reflection of their ecological importance, but rather a reflection of the difficulty of studying such interactions in large species in an ocean environment.

Discussion

In terrestrial systems, behaviour changes in prey caused by indirect effects of predators have been linked to changes in prey demography. This understanding is based on carefully controlled experiments. However, teasing out effects of

capture permettrait l'élargissement des marchés et le développement de l'infrastructure et des techniques de capture appropriées. Elle signale également que l'Islande a réduit l'effectif de sa population de phoques gris afin de limiter l'infestation de la morue par les parasites.

**Effets des prédateurs sur le comportement des proies**

Rapporteur : M.O. Hammill

La consommation directe de proies par les prédateurs entraîne une variation de l'abondance des proies (c.-à-d. interactions liées à la densité). Toutefois, la simple présence d'un prédateur peut également avoir des répercussions sur l'abondance des proies en entraînant des changements de comportement chez celles-ci (c.-à-d. interactions liées aux caractéristiques). Les coûts liés aux comportements d'évitement des prédateurs consistent habituellement en une réduction de l'apport énergétique causée par une baisse des activités d'alimentation ou en des déplacements vers des habitats aux ressources alimentaires moindres. Ce changement de comportement peut entraîner une réduction de la croissance et une hausse de la mortalité. Des études ont montré que la disposition d'un individu à prendre des risques dépend souvent de sa condition, c.-à-d. de sa taille corporelle ou de son état. Par conséquent, il est possible que seul un sous-ensemble d'une population soit touché durant les périodes de faible abondance des ressources alimentaires. Peu d'études ont fait état de telles interactions au sein des communautés marines, particulièrement dans le cas des prédateurs marins importants comme les requins, les pinnipèdes et les grands poissons prédateurs. Dans d'autres écosystèmes, ces effets peuvent être aussi importants, voire plus importants, que les effets létaux puisqu'ils s'additionnent et persistent durant toute la vie des proies. Le manque d'études sur les interactions liées aux caractéristiques entre les grands prédateurs marins et leurs proies n'est probablement pas le reflet de l'importance écologique de ces interactions, mais plutôt le reflet de la difficulté de l'étude de telles interactions chez de grandes espèces dans le milieu océanique.

Discussion

Dans les systèmes terrestres, un lien a été établi entre les changements de comportement des proies causés par des effets indirects de prédateurs et des variations sur le plan des populations de proies. Ce lien est fondé sur des

different predators will be a difficult challenge in the marine environment where controlled experiments will rarely be possible to conduct. Another difficulty in examining indirect effects is that they are likely to be scale dependent. One might detect effects in a single bay, but determining if or how such effects scale up to whole populations may not be possible. Nevertheless, in Norway, for example, there are observations that when minke whales are feeding on cod, there are changes in behaviour of capelin because of the local reduction in cod as predators of capelin.

expériences soigneusement contrôlées. Toutefois, il est difficile de distinguer les effets des différents prédateurs dans le milieu marin, puisque les expériences contrôlées y sont rarement possibles. En outre, les effets indirects dépendent probablement de l'échelle, ce qui complique davantage leur examen. Une personne peut détecter des effets dans une seule baie, mais déterminer si ou comment de tels effets peuvent toucher des populations entières peut s'avérer impossible. Néanmoins, en Norvège, par exemple, des études ont montré que lorsque des petits rorquals se nourrissent de morues et réduisent ainsi l'abondance locale de cette espèce, des changements de comportement se produisent chez le capelan puisque celui-ci est une proie de la morue.

The study of indirect predator effects could provide an opportunity for collaborative work with industry. For example, off South Africa, the industry collected information on squid behaviour, while scientists examined for seal behaviour in the area that might have affected squid.

L'étude des effets indirects des prédateurs pourrait fournir une occasion de collaboration avec l'industrie. Par exemple, au large de l'Afrique du Sud, l'industrie a recueilli des données sur le comportement du calmar, tandis que des scientifiques ont étudié le comportement des phoques dans la zone où ceux-ci pourraient avoir une incidence sur les calmars.

Given the potential importance of indirect effects, some speculated during the discussion that the observed decline in groundfish condition might possibly be linked to the increasing abundance of seals. The development of a detailed energy model might be one approach to examine some of the costs to cod of attempting to avoid predation, but such a model is not available yet.

Compte tenu de l'importance potentielle des effets indirects, certains participants émettent l'hypothèse voulant que le déclin observé de la condition du poisson de fond puisse être lié à l'augmentation de l'abondance des phoques. Le développement d'un modèle énergétique détaillé pourrait être une approche permettant d'examiner certains des coûts de l'évitement des prédateurs pour la morue, mais aucun modèle de ce type n'est encore disponible.

The question of what kind of anti-predator behaviour cod might use to reduce seal predation was also raised. One assumes that these could include changes in behaviour during migration and over wintering when cod are aggregated in deeper water and when concentrated during spawning. There was discussion about the foraging behaviour of seals and its effect on fish aggregations, such as spawning. There were several other questions associated with seal harassment. Is spawning success affected if fish are chased off shallow banks with associated gyre current necessary for larval survival into deep water? Also, could repeated harassment lead to less use of preferred areas during summer, with an effect of reducing cod growth and condition? Also given that seals and cod have co-evolved in these continental ecosystems, there can be no doubt that cod have developed ways to reduce

La question relative au type de comportement d'évitement des prédateurs que la morue pourrait utiliser pour réduire la prédation par les phoques est également soulevée. On suppose que cela pourrait comprendre des changements de comportement durant la migration et l'hivernage, lorsque les morues sont regroupées en eaux profondes, ou durant la période de fraie. Le comportement d'alimentation des phoques et les effets de celui-ci sur les concentrations de poissons (p. ex. lors de la fraie) fait l'objet d'une discussion. Plusieurs autres questions sont soulevées en rapport avec le harcèlement par les phoques. Le succès de reproduction est-il touché si les poissons sont chassés des bancs peu profonds, qui présentent les tourbillons nécessaires à la survie des larves, vers des eaux profondes? Est-ce qu'un harcèlement répété pourrait mener à une diminution de l'utilisation

predation and that seals have evolved strategies to reduce the effectiveness of anti-predator behaviour. As well, there is little documentation in shipwreck logs of large grey seal abundance around Sable Island area, so that we have little knowledge of seal numbers during periods when cod was abundant. Sealing on Sable Island during the 1800s must have reduced the population to small numbers. However, grey seals are found in archaeological digs, and large numbers were reported in areas such as the Gulf of St. Lawrence in the 18th century.

des zones préférées en été, ce qui entraînerait une réduction de la croissance de la morue et une détérioration de sa condition? Compte tenu que les phoques et la morue ont évolué ensemble dans ces écosystèmes continentaux, il ne fait aucun doute que la morue a développé des façons de réduire la prédation et que les phoques ont mis au point des stratégies pour réduire l'efficacité du comportement d'évitement des prédateurs de la morue. De plus, les registres des épaves contiennent peu de détails sur une grande abondance des phoques gris autour de l'île de Sable, c'est pourquoi nous en savons peu sur le nombre de phoques durant les périodes où la morue était abondante. La chasse aux phoques dans la région de l'île de Sable durant les années 1800 doit avoir considérablement réduit l'effectif de la population. Le phoque gris est cependant présent dans des fouilles archéologiques, et un grand nombre d'individus ont été signalés dans des zones comme le golfe du Saint-Laurent au XVIIIe siècle.

The real questions about indirect effects are how do we incorporate these into our assessments, without data, and how do we move forward to determine what the indirect impacts could be on target prey species such as cod. However, we need to remember that the issue is not linked to just cod. Seals feed mostly on other prey species. From the seal's point of view, the challenge is to find most profitable prey, and this is probably not cod, but probably higher energy and more abundant prey.

Les vraies questions relatives aux effets indirects sont les suivantes : Comment tenir compte de ces effets dans nos évaluations si nous ne possédons aucune donnée? Comment allons-nous de l'avant pour déterminer quels pourraient être les effets indirects sur les proies cibles comme la morue? Nous devons toutefois nous rappeler que ces questions ne s'appliquent pas seulement à la morue. Les phoques se nourrissent principalement d'autres espèces de proies. Du point de vue des phoques, le défi consiste à trouver la proie la plus profitable, et il ne s'agit probablement pas de la morue, mais plutôt d'une proie plus abondante et plus riche en énergie.

**Sealworm Effects**
Rapporteur: A. Trites

**Effets du ver du phoque**
Rapporteur : A. Trites

Marine fish in Atlantic Canada can be infected by a number of species of larval parasitic nematodes. These include the sealworm, *Pseudoterranova decipiens*, the whaleworm, *Anisakis simplex*, and a third anisakine nematode, *Contracaecum osculatum*. The definitive hosts of these parasites (i.e., the hosts in which they mature and reproduce) are marine mammals. The grey seal is the most important definitive host of the sealworm, though this species also infects harbour seals at a lower intensity. Other intermediate hosts of sealworm include benthic copepods, amphipods, and mysids. Fish are infected by eating infected invertebrates or other infected fish. Infection parameters, prevalence (percentage of hosts infected), and abundance

Les poissons marins du Canada atlantique peuvent être infestés par un certain nombre d'espèces de nématodes parasites au stade larvaire, notamment le ver du phoque (*Pseudoterranova decipiens*), le ver des baleines (*Anisakis simplex*) et un troisième anisakiné *Contracaecum osculatum*. Les hôtes définitifs de ces parasites (c.-à-d. les hôtes dans lesquels ils atteignent la maturité et se reproduisent) sont les mammifères marins. Le phoque gris est l'hôte définitif le plus important du ver du phoque, mais ce parasite infeste également le phoque commun. Parmi les hôtes intermédiaires du ver du phoque, notons les copépodes benthiques, les amphipodes et les mysidacés. Les poissons sont infestés lorsqu'ils mangent des invertébrés ou

(mean number of parasites per host), generally increase with the size and age of the fish host, with the majority of sealworms occurring in the flesh (fillets and napes).

Information on trends in parasite infection parameters in groundfish in Atlantic Canada was reviewed at the workshop. American plaice (*Hippoglossoides platessoides*), 31-40 cm in length, has been used as an indicator host to describe spatial patterns and temporal trends of sealworm infection of groundfish. In the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Div. 4T), sealworm abundance was higher in plaice from eastern areas than in those from western areas. In both areas of the southern Gulf, sealworm abundance increased throughout the 1980s and 1990s. Sealworm abundance in Div. 4V was similar to that in eastern Div. 4T and showed a similar increasing trend (except for a decline between the 1996 and 2000 samples). Infection parameters tended to be highest on the Central Scotian Shelf (Div. 4W), the area surrounding Sable Island, the breeding and haulout site for the largest grey seal colony. Sealworm abundance in plaice from this area increased sharply from approximately 2 in 1982 to approximately 17 in 1989. Abundances were somewhat lower (8-10) in samples from this area in the mid to late 1990s and very low (approximately 1) in a sample collected in 2002. In southwest Nova Scotia (Div. 4X), abundances ranged from 1 to 3 larvae per fish in 1983-1993, but increased to approximately 6 in 2000, and approximately 15 in 2006.

Sealworm were much more abundant in cod from Subdivision 4Vn in 1989-1990 and 2006 than in 1981. Similar increases in prevalence and abundance were also noted for other species of anisakine nematodes (*A. simplex* and *C. osculatum*). In all cases, parasite abundance tended to increase with host length. Differences were less marked in cod sampled from Div. 4W (Sable Island and Western Banks) in 1982, 1989-1990, and 2006, as relatively heavy infections were observed in all 3 surveys. Temporal patterns

d'autres poissons infestés. Les paramètres d'infestation, la prévalence (le pourcentage d'hôtes infestés) et l'abondance (le nombre moyen de parasites par hôte) augmentent généralement avec la taille et l'âge des poissons hôtes, la majorité des vers du phoque infestant la chair des poissons (filets et flancs).

Les données sur les tendances des paramètres d'infestation des poissons de fond du Canada atlantique par des parasites font l'objet d'un examen dans le cadre de l'atelier. Des plies canadiennes (*Hippoglossoides platessoides*) de 31 à 40 cm de longueur ont été utilisées comme hôtes indicateurs pour décrire les régimes temporels et spatiaux des infestations de poissons de fond par le ver du phoque. Dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) [division 4T de l'OPANO], l'abondance du ver du phoque était plus élevée chez les plies de l'est de la zone que chez les plies de l'ouest de la zone. Dans les deux zones du sGSL, l'abondance du ver du phoque a augmenté tout au long des années 1980 et 1990. L'abondance du ver du phoque dans la division 4V était semblable à celle dans l'est de la division 4T et elle montrait une tendance à la hausse semblable (à l'exception du déclin entre les échantillons de 1996 et de 2000). Les paramètres d'infestation tendent à être plus élevés dans le centre du plateau néo-écossais (division 4W), c.-à-d. la zone autour de l'île de Sable, qui constitue le site de reproduction et d'échouerie pour la plus grande colonie de phoques gris. L'abondance du ver du phoque chez la plie canadienne de cette zone est passée très rapidement d'environ 2 en 1982 à environ 17 en 1989. L'abondance était quelque peu inférieure (8 à 10) dans les échantillons provenant de cette zone dans la deuxième moitié des années 1990, et elle était très faible (environ 1) dans un échantillon recueilli en 2002. Dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (division 4X), l'abondance a varié de 1 à 3 larves par poisson de 1983 à 1993, mais elle a augmenté à environ 6 en 2000, puis à environ 15 en 2006.

Le ver du phoque était beaucoup plus abondant chez les morues de la sous-division 4Vn en 1989-1990 et en 2006 qu'en 1981. Des hausses semblables ont également été constatées sur le plan de la prévalence et de l'abondance d'autres espèces d'anisakinés (*A. simplex* et *C. osculatum*). Dans tous les cas, l'abondance des parasites a eu tendance à augmenter avec la longueur de l'hôte. Les différences étaient moins marquées chez les morues échantillonnées dans la division 4W (bancs de l'île de Sable et

in Div. 4X were similar to those in Subdiv. 4Vn, with sealworm abundances in 1990 and 2006 samples being greater than those found in 1983-1984 samples.

Parasite infestation may have impacts on the productivity of fish stocks. Laboratory experiments and field data indicate that larval sealworm infections may be lethal to their fish host either through direct damage to vital organs and tissues, or through chemical impairment of the host's ability to forage and avoid predators. Sealworm densities (no./unit host weight) in free-living juvenile plaice and other small demersal fishes often exceed levels which have proven lethal to laboratory hosts, or at least detrimental to their performance. Mortality of heavily infected fish would result in the truncation of the skewed right tail of worm count frequency distributions. This would be reflected in declines in mean sealworm abundance and in the variance/mean ratio of worm counts. Declines in both of these parameters have been apparent in recent divs. 4VW samples from the plaice index time series, most notably in those taken from the Sable Island Bank complex, in close proximity to the Sable Island grey seal population. Furthermore, declines in both the abundance and the variance/ abundance ratio frequently occur in larger (older) fish in samples of plaice collected throughout divs. 4VWX. With regards to cod, the decline in sealworm abundance observed in Div. 4W from 1989-1990 to 2006, and the weak correlation between the variance/mean worm count ratio and host length in the 2006 sample from Subdiv. 4Vn and in both the 1989-1990 and 2006 samples from Div. 4W, may also be indicative of sealworm-induced host mortality, although other changes in the marine environment might also account for these observations. A study is currently underway to examine effects of sealworm infection on the growth, condition, and mortality of cod from the southern Gulf of St. Lawrence using samples collected in the summer and fall of 2007.

Western) en 1982, en 1989-1990 et en 2006, puisque des infestations relativement importantes ont été observées lors des trois relevés. Les régimes temporels dans la division 4X étaient semblables à ceux dans la sous-division 4Vn, l'abondance du ver du phoque dans les échantillons de 1990 et de 2006 étant plus grande que celle dans les échantillons de 1983-1984.

Les infestations par les parasites peuvent avoir des répercussions sur la productivité des stocks de poissons. Des études en laboratoire et des données sur le terrain indiquent que les infestations par les larves du ver du phoque peuvent être létales pour les hôtes soit par le biais de dommages directs aux organes et tissus vitaux ou d'une détérioration chimique de la capacité des hôtes à s'alimenter et à éviter les prédateurs. Les densités de ver du phoque (nombre d'individus en fonction du poids de l'hôte) chez les plies juvéniles autonomes et d'autres petits poissons démersaux dépassent souvent les niveaux létaux, ou à tout le moins nuisibles, observés en laboratoire. La mort des poissons très infestés aurait pour effet de tronquer la partie de droite des distributions asymétriques des fréquences de charges en vers, ce qui serait mis en évidence par le déclin de l'abondance moyenne du ver du phoque et du rapport entre la variance et la moyenne des charges en vers. Le déclin de ces deux paramètres est apparent dans les échantillons récents des divisions 4VW tirés de la série chronologique de l'indice pour les plies, plus particulièrement dans les échantillons prélevés dans le complexe du banc de l'île de Sable, très près de la population de phoques gris de l'île de Sable. De plus, le déclin de l'abondance et du rapport entre la variance et l'abondance se produit fréquemment chez les grands poissons (âgés) dans les échantillons de plies recueillis dans les divisions 4VWX. En ce qui concerne la morue, le déclin de l'abondance du ver du phoque observé dans la division 4W de 1989-1990 à 2006, de même que la faible corrélation entre le rapport variance-moyenne des charges en vers et la longueur des hôtes dans l'échantillon de 2006 de la sous-division 4Vn et dans les échantillons de 1989-1990 et de 2006 de la division 4W, pourraient également être un indice de la mortalité des hôtes induites par le ver du phoque, même si d'autres changements dans le milieu marin pourraient également expliquer ces observations. Une étude est en cours sur les effets des infestations du ver du phoque sur la croissance, la condition et la mortalité de la morue du sGSL au moyen d'échantillons recueillis à l'été et à l'automne 2007.

Discussion

There was a question about skewed sealworm frequency distributions in fish and what proportions of fish populations have infections heavy enough to cause mortality. Truncation of the tail of the distribution in older fish is evidence that more heavily infected fish are not surviving. This trend was evident in the earlier (1980s) plaice data, but recently truncation of worm count distributions is occurring in smaller fish. In 2002, the maximum intensity of infection in plaice greater than 30 cm in length from Sable Island Bank was 2, indicating that fish infected with 3 or more sealworm had not survived to the length range monitored in the sealworm index time series.

There was a comment that fisheries used to be able to go to areas to find clean fish. Industry participants reported that they are now seeing heavy sealworm infestations in areas (e.g., German Bank) or in species (haddock) that used to be clean. According to industry participants, in some cases (e.g., southwestern Nova Scotia) ground fisheries are becoming uneconomical due to increasing costs for parasite removal and decreasing product value. Haddock coming from Georges Bank is now infected. This is consistent with presumption that parasite prevalence has increased in haddock prey. There was some discussion on the possible effect of increased parasite burdens on swimming speed and the ability of fish to escape predators or change vulnerability to mobile fishing gear relative to uninfected fish. Although the possible chemical impairment of infected fish may result in the infection parameters in fish reaching processing plants, or those sampled for parasitological surveys being higher than those found in host populations at large, it would have little or no influence on trends of sealworm abundance and/or frequency distribution with host size (age) in a given survey, or over the course of a time series. Regarding the question “do all seals have worms?” the evidence is that 100% of grey seals are infected. There was a question about the benefit of worms to seals. There is probably no benefit to seals and only harm if seals are compromised by something else. If all seals were

Discussion

Un participant soulève une question à propos des distributions asymétriques des fréquences des charges en vers du phoque chez les poissons et de la proportion des populations de poissons qui sont touchées par des infestations suffisamment importantes pour entraîner la mort d’individus. La troncature de la partie droite de la distribution chez les poissons âgés montre que les poissons les plus infestés ne survivent pas. Cette tendance était évidente dans les données antérieures sur la plie (années 1980), mais la troncature des distributions des charges en vers se produit depuis récemment chez les poissons de petite taille. En 2002, l’intensité maximale des infestations chez les plies de plus de 30 cm de longueur du banc de l’île de Sable était de deux vers par poisson, ce qui indique que les poissons infestés par trois vers ou plus n’ont pas vécus assez longtemps pour atteindre l’intervalle de longueurs surveillé dans la série chronologique de l’indice pour le ver du phoque.

Un participant souligne qu’il était autrefois possible de pêcher des poissons en santé dans certaines zones. Les participants de l’industrie mentionnent avoir constaté que les infestations du ver du phoque sont maintenant très importantes dans certaines zones (p. ex. banc German) ou chez certaines espèces (p. ex. aiglefin) autrefois non touchées. D’après ces mêmes participants, certaines pêches du poisson de fond (p. ex. dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse) deviennent non rentables en raison de la hausse des coûts de l’enlèvement des parasites et de la réduction de la valeur du produit. L’aiglefin du banc de Georges est maintenant infesté, ce qui est compatible avec la présomption voulant que la prévalence des parasites ait augmenté chez l’aiglefin. Les participants discutent de l’effet possible d’une hausse de la charge en parasites sur la vitesse de nage, la capacité à éviter les prédateurs et la vulnérabilité aux engins de pêche mobiles des poissons infestés. Même si la détérioration chimique possible des poissons infestés pourrait faire en sorte que les paramètres d’infestation des poissons arrivant aux usines de transformation, ou des poissons échantillonnés lors d’examens parasitologiques, soient plus élevés que ceux observés chez les populations d’hôtes en liberté, elle n’aurait pas ou peu d’incidence sur les tendances de l’abondance ou la distribution des fréquences du ver du phoque par rapport à la taille des hôtes (âge) dans un relevé donné ou dans une série chronologique.

removed from the system, the parasite would also disappear with time as seals are necessary for parasite reproduction. Experiments have shown that seals can be de-wormed, but this is not a practical solution in the wild. There were several questions about the defences fish have against parasites, under what conditions are fish more susceptible, and does water temperature affect susceptibility? The answer to all these questions is unknown.

En ce qui concerne la question visant à déterminer si tous les phoques sont infestés, les données montrent que tous les phoques gris sont infestés. Un participant soulève une question à propos de l'avantage des vers pour les phoques. Les vers ne présentent probablement aucun avantage pour les phoques et ils ne causent des dommages que si les phoques sont mis en péril par un autre facteur. Si tous les phoques étaient retirés du système, le parasite disparaîtrait également avec le temps puisque les phoques sont nécessaires à sa reproduction. Des études ont montré qu'il est possible de débarrasser les phoques des vers qui les infestent, mais qu'il ne s'agit pas d'une solution pratique sur le terrain. Plusieurs questions sont soulevées concernant les moyens de défense des poissons contre les parasites et les conditions (y compris la température) ayant une incidence sur la vulnérabilité des poissons. La réponse à chacune de ces questions est inconnue.

**Seal Ecology**
Rapporteur: P. Hammond

**Écologie des phoques**
Rapporteur : P. Hammond

There were three presentations in the section designed to provide participants with an overall understanding of the abundance, distribution, and diets of grey seals, harp seals, and hooded seals.

La section conçue de façon à fournir aux participants des connaissances générales sur l'abondance, la répartition et le régime alimentaire du phoque gris, du phoque de Groenland et du phoque à capuchon compte trois présentations.

Abundance

Abondance

Harp, hooded, and grey seals are the three most common seal species in the North Atlantic and the subject of extensive study. All three species are assessed using population models that incorporate data on reproductive rates, reported and unreported removals, and periodic, independent estimates of pup production.

Le phoque du Groenland, le phoque à capuchon et le phoque gris sont les trois espèces de phoques les plus communes dans l'Atlantique Nord et elles font l'objet de nombreuses études. Les trois espèces sont évaluées à l'aide de modèles de population comprenant des données sur les taux de reproduction, les captures déclarées et non déclarées ainsi que des estimations indépendantes et périodiques de la production de jeunes phoques.

*Harp seals* - Harp seals are found across the North Atlantic and are divided into 3 putative populations. The largest, the Northwest Atlantic population, is a seasonal migrant that summers along western Greenland and the eastern Canadian Arctic. In the winter, it migrates southward and pups in Canadian waters off southern Labrador and in the Gulf of St. Lawrence. A series of 7 pup production estimates are available over the past 3 decades. The number of harp seal pups born increased from approximately 500,000 in the late 1970s to 997,000 in 1999, after which it leveled off due to

*Phoque du Groenland* – Cette espèce est présente dans l'ensemble de l'Atlantique Nord et elle se divise en trois populations hypothétiques. La plus grande population, celle de l'Atlantique Nord-Ouest, effectue des migrations saisonnières et passe l'été le long de la côte ouest du Groenland et dans l'est de l'Arctique canadien. L'hiver, cette population migre vers le sud et donne naissance aux jeunes phoques dans les eaux canadiennes au sud du Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Une série de sept estimations de la production de jeunes est disponible pour les trois dernières décennies. Le

the increased catches that occurred since 1996. The most recent surveys were carried out in 2004 and resulted in an estimate of 991,000 pups.

nombre de jeunes phoques du Groenland est passé d'environ 500 000 à la fin des années 1970 à 997 000 en 1999, année après laquelle le nombre s'est stabilisé en raison de la hausse des captures depuis 1996. Les relevés les plus récents ont été effectués en 2004 et ils ont donné une estimation de 991 000 jeunes.

Removals, reproductive rates, and estimates of pup production have been incorporated into a population model to estimate trends in abundance since 1960. Harp seal abundance declined during the 1960s to a low of approximately 1.8 million animals in the early 1970s. It then increased to approximately 5.5 million seals by the mid 1990s, where it has remained relatively stable. Significant changes have been observed in the age-specific reproductive rates that are consistent with density-dependence being expressed as the population approaches carrying capacity.

Les captures, les taux de reproduction et les estimations de la production de jeunes ont été intégrés à un modèle de population afin d'estimer les tendances de l'abondance depuis 1960. L'abondance du phoque du Groenland a diminué au cours des années 1960 pour atteindre un plancher d'environ 1,8 million d'individus au début des années 1970. Elle a ensuite augmenté pour atteindre environ 5,5 millions au milieu des années 1990, et elle se maintient à peu près à ce niveau depuis. Des changements importants ont été observés dans les taux de reproduction en fonction de l'âge et ils concordent avec la dépendance par rapport à la densité exprimée au fur et à mesure que l'effectif de la population approche de la capacité de charge.

*Grey seals* - Grey seals form a single genetic population that can be divided into 3 groups based on the location of breeding sites. The majority of pups (81%) are born on Sable Island, while 15% are born in the Gulf, and 4% are born along the Eastern Shore of Nova Scotia. This distribution has changed over time, with a decline in the fraction of the population born on the ice compared to on small islands, and an increase in the proportion of animals born on the Eastern Shore, compared to the Gulf.

*Phoque gris* – Cette espèce constitue une population génétique unique qui peut être divisée en trois groupes d'après l'emplacement des sites de reproduction. La majorité des jeunes (81 %) voient le jour sur l'île de Sable, 15 % naissent dans le golfe du Saint-Laurent et 4 % naissent le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse. Cette répartition a évolué au fil du temps : le rapport entre les individus nés sur la glace et ceux nés sur de petites îles a diminué et le rapport entre les individus nés sur la côte est de la N.-É. et ceux nés dans le golfe a augmenté.

Grey seal pup production has been estimated using a variety of methods including complete tagging, mark-recapture experiments, and visual and/or photographic surveys. The most recent surveys were carried out in 2007. Based on these surveys, total production of Northwest Atlantic grey seals was estimated to be 67,500 (Standard Error [SE]=1,400). This includes 54,500 (SE=1,300) pups born on Sable Island, 3,000 (SE=40) along the Eastern Shore of Nova Scotia, and 9,900 (SE=600) in the Gulf of St. Lawrence. With the completion of the 2007 survey, there have been more than 3 surveys in the last 15 years.

La production de jeunes phoques gris a été estimée à l'aide d'une gamme de méthodes, y compris des études complètes de marquage-recapture et des relevés visuels ou photographiques. Les relevés les plus récents ont été effectués en 2007 et d'après ceux-ci, la production totale de phoques gris dans l'Atlantique Nord-Ouest a été estimée à 67 500 jeunes (Erreur-type [ET] = 1 400), dont 54 500 (ET = 1 300) sur l'île de Sable, 3 000 (ET = 40) le long de la côte est de la N.-É. et 9 900 (ET = 600) dans le golfe du Saint-Laurent. Si l'on compte le relevé de 2007, plus de trois relevés ont été effectués au cours des 15 dernières années.

Pup production on Sable Island increased exponentially at a rate of 12.8% per year between the 1970s and 1997. However, recent data

La production de jeunes sur l'île de Sable a augmenté exponentiellement selon un taux de 12,8 % par année entre les années 1970 et 1997.

indicates that this rate has declined to approximately 7% per year. Pup production in the Eastern Shore component has also increased from a few hundred in the early 1990s to over 3,000 in 2007. Pup production in the Gulf has been more variable. It has increased from roughly 7,000 animals in 1984 to 11,000 in 1996, but has fluctuated between 6,100 and 15,600 since then.

Des données récentes indiquent toutefois que ce taux se chiffre maintenant à environ 7 % par année. La production sur la côte est de la N.-É. a également augmenté, passant de quelques centaines au début des années 1990 à plus de 3 000 en 2007. Dans le golfe, la production a été plus variable puisqu'elle est passée d'environ 7 000 individus en 1984 à 11 000 en 1996 et qu'elle varie entre 6 100 et 15 600 depuis.

Estimated total abundance of grey seals in eastern Canada increased from around 20,000 animals in the 1970s to approximately 300,000 seals in 2007. Although growth has been exponential, the rate of increase, particularly on the main colony at Sable Island appears to be slowing. A significant increase in the age at first birth has been observed among the seals pupping on Sable Island over the last decade. The proportion of animals aged 5 years old appearing for the first time with a pup has declined from 30% during the period 1985-1989 to 12% during 1998-2002.

L'estimation de l'abondance totale du phoque gris dans l'est du Canada est passée d'environ 20 000 individus dans les années 1970 à environ 300 000 en 2007. Bien que la croissance ait été exponentielle, le taux de croissance semble diminuer, particulièrement dans la colonie principale de l'île de Sable. Au cours de la dernière décennie, l'âge à la première mise bas a connu une hausse importante chez les phoques de l'île de Sable. La proportion des phoques gris âgés de cinq ans observés pour la première fois avec un jeune est passée de 30 % durant la période de 1985 à 1989 à 12 % de 1998 à 2002.

*Hooded seals* - There are 2 populations of hooded seals in the North Atlantic; one in the east (Greenland Sea population) and the other in the west (Northwest Atlantic). In the Northwest Atlantic, the largest number of pups are born off the coast of Newfoundland (i.e., the Front). The results of aerial surveys conducted in 1984 indicated that pup production was approximately 62,000 (95% Confidence Interval [C.I.] 43,700-89,400), whereas aerial surveys carried out in 1990 using methods similar to those used in 1984 produced an estimate of 83,000 (SE=12,600). Pup production in the Davis Strait was estimated to be 18,600 (95% C.I. 14,000-23,000) in 1984. The small number of hooded seal pups born in the Gulf of St. Lawrence have been surveyed several times since 1990, although the results were variable. In 1990, pup production was estimated to be about 1,600 (SE=460), while in 1991 it was 2,000 (SE=190). The area was surveyed again in 1994, resulting in an estimate of 8,700 pups (SE=1,800).

*Phoque à capuchon* – Cette espèce compte deux populations dans l'Atlantique Nord : une dans l'est (population de la mer du Groenland) et une autre dans l'ouest (Atlantique Nord-Ouest). Dans l'Atlantique Nord-Ouest, le plus grand nombre de naissances se produisent au large de la côte de Terre-Neuve (c.-à-d. le Front). Les résultats des relevés aériens effectués en 1984 indiquent que la production de jeunes se chiffrait à environ 62 000 (Intervalle de confiance [IC] à 95 % : 43 700-89 400), tandis que les relevés aériens effectués en 1990 à l'aide de méthodes semblables à celles utilisées en 1984 ont donné une estimation se chiffrant à 83 000 (ET = 12 600). La production de jeunes dans le détroit de Davis a été estimée à 18 600 (IC à 95 % : 14 000-23 000) en 1984. Le petit nombre de jeunes phoques à capuchon nés dans le golfe du Saint-Laurent a fait l'objet de plusieurs relevés depuis 1990, mais les résultats ont été variables. La production de jeunes a été estimée à environ 1 600 (ET = 460) en 1990 et à 2 000 (ET = 190) en 1991. La zone a fait l'objet d'un autre relevé en 1994, et la production a alors été estimée à 8 700 jeunes (ET = 1 800).

The only simultaneous estimate of pup product in all 3 whelping areas was obtained in 2005. Pup production at the Front was estimated to be 107,013 (SE=7,558, Coefficient of Variance [CV]=0.071) while 6,620 (SE=1,700, CV=0.258) pups were estimated to have been born in the Gulf. Pup production in the Davis Strait whelping

La seule estimation simultanée de la production de jeunes dans les trois zones de reproduction a été obtenue en 2005. La production de jeunes a été estimée à 107 013 (ET = 7 558; Coefficient de variation [CV] = 0,071) dans la zone du Front, à 6 620 (ET = 1 700; CV = 0,258) dans le golfe et à 3 346 (ET = 2 237; CV = 0,668) dans le détroit de

concentration was estimated to be 3,346 (SE=2,237, CV=0.668). Combining these areas resulted in an estimated pup production in the 3 Northwest Atlantic whelping areas of 116,900 (SE=7,918, CV=6.8%). Comparison with previous estimates suggests that pup production may have increased since the mid 1980s, but the possibility of transfer among the whelping areas cannot be discounted.

A population model was used to estimate total abundance for the period 1965-2005. Fitting to pup production estimates from all areas and making assumptions about numbers born in the Davis Strait or Gulf herd for years when these areas were not included, resulted in an estimated total population of 478,000 (SE=41,800; 95% CI=400,500-564,300) in 1965. Unlike harp and grey seals, hooded seals have shown little change in population size since then, with a total population estimated to be 593,500 (SE=67,200, 95% CI=465,600-728,300) in 2005.

*Discussion*

In the models for grey seal pup production for the Gulf and Hay Island (whole eastern shore), several estimates are outside model confidence intervals. This is believed to be because variation in ice cover has a considerable influence on pup production, but ice cover was not included as a covariate in the model.

Surveys to find pupping colonies are conducted throughout area, so any new colonies should be found. The only new colonies found in 2007 were 2 islands off southwest Nova Scotia (producing about 300 pups), which were included with Hay Island (about 2,700 pups) in pup production for the whole eastern shore. Colonies that have been established recently are on land and are presumably a result of a reduction in ice cover during the pupping period. The last good ice year for pupping (i.e., in January) was in 1993.

Davis. La combinaison de ces zones a donné une estimation de la production dans les trois zones de reproduction de l'Atlantique Nord-Ouest se chiffrant à 116 900 (ET = 7 918; CV = 6,8 %). La comparaison avec les estimations antérieures suggèrent que la production de jeunes pourrait avoir augmenté depuis le milieu des années 1980, mais la possibilité de déplacement entre zones de reproduction ne peut être ignorée.

Un modèle de population a été utilisé pour estimer l'abondance totale pour la période de 1965 à 2005. L'ajustement par rapport aux estimations de la production de jeunes dans toutes les zones, ainsi que la formulation d'hypothèses sur le nombre de jeunes produits dans le détroit de Davis ou le golfe lors des années où ces zones n'ont pas été incluses dans les relevés, ont donné comme résultat une estimation de la population totale égale à 478 000 phoques (ET = 41 800; IC à 95 % = 400 500-564 300) en 1965. Contrairement au phoque du Groenland et au phoque gris, la taille de la population de phoques à capuchon a très peu variée depuis, l'effectif de la population totale étant estimé à 593 500 (ET = 67 200; IC à 95 % = 465 600-728 300) en 2005.

*Discussion*

Dans les modèles de la production de jeunes phoques gris dans le golfe et sur l'île Hay (côte est en entier), plusieurs estimations ne tombent pas dans les intervalles de confiance des modèles. Cette situation s'expliquerait par le fait que la variation de la couche de glace a une incidence considérable sur la production de jeunes, mais la couche de glace n'a pas été considérée comme une covariable dans les modèles.

Des relevés visant à localiser les colonies de mise bas sont effectués dans l'ensemble de la zone, ce qui devrait permettre de trouver toutes les nouvelles colonies. Les deux seules nouvelles colonies trouvées en 2007 occupaient des îles au sud-ouest de la N.-É. (production d'environ 300 jeunes) et elles ont été combinées à la colonie de l'île Hay (environ 2 700 jeunes) pour obtenir la production pour l'ensemble de la côte est de la N.-É. Toutes les colonies établies récemment sont à terre et sont vraisemblablement le résultat d'une réduction de la couche de glace durant la période de mise bas. La dernière année où les conditions de glace étaient bonnes pour la mise bas (c.-à-d. en janvier) était 1993.

However, there appears to be a lot of potential land-based pupping habitat available and, therefore, the possibility that new colonies will continue to be established. Grey seals are known to return to pup in the same place once they have given birth for the first time, but there is also some evidence for movements among pupping sites.

Il semble toutefois y avoir un grand nombre d'habitats terrestres potentiels disponibles pour la mise bas et, par conséquent, l'établissement de nouvelles colonies pourrait se poursuivre. On sait que le phoque gris a l'habitude de toujours retourner au même site de mise bas, mais certaines données font état de certains déplacements entre les sites de mise bas.

Results from the new population model (a Bayesian model developed by L. Thomas) show that the estimated Gulf total population in the late 1970s is more or less the same as estimated currently. This is different from results from the previous model, which showed a much lower abundance in the 1970s. These are preliminary results and this will be checked. Although the estimated trajectory may differ for different models, current population size should be well estimated.

Les résultats du nouveau modèle de population (un modèle bayésien mis au point par L. Thomas) montrent que l'estimation actuelle de la population totale dans le golfe est à peu près la même que celle à la fin des années 1970. Cette conclusion diffère de celle fondée sur les résultats du modèle précédent, qui montraient une abondance bien inférieure dans les années 1970. Ces résultats sont préliminaires et feront l'objet d'une vérification. Bien que la trajectoire estimée puisse varier entre modèles différents, la taille actuelle de la population devrait être bien estimée.

Density-dependent survival is not a significant covariate in the new population model, and pup survival is assumed constant in the pup production model. However, pup production does vary considerably as a function of ice implying that either pup survival or number of females pupping varies from year to year.

La survie en fonction de la densité ne constitue pas une covariable importante dans le nouveau modèle de population, et la survie des jeunes est supposée constante dans le modèle de production de jeunes. Cependant, la production de jeunes varie considérablement en fonction de la glace, ce qui suggère une variation annuelle sur le plan de la survie des jeunes ou du nombre de femelles qui mettent bas.

Hooded seals pup production has declined in the Greenland Sea in the absence of hunting. Could hooded seals have moved across to the Northwest Atlantic? There is no evidence for this, but the data are insufficient to make firm conclusions.

En l'absence d'activités de chasse, la production de jeunes phoques à capuchon a chuté dans la mer du Groenland. Est-il possible que les phoques à capuchon aient migré jusque dans l'Atlantique Nord-Ouest? Il n'existe aucune preuve à cet égard, mais les données sont insuffisantes pour formuler des conclusions précises.

Distribution

Distributional information on seals has historically come from information on the location of harvesting, tag returns, and local knowledge. The development of satellite telemetry has provided new opportunities to gain insights into seasonal movements and distributions of harp, hooded, and grey seals in Atlantic Canada. Satellite transmitters have been deployed on harp (n=40), hooded (n=70), and grey seals (n=154). Deployments on harp seals have provided information on the fall migration and migration routes. Harp seals are pelagic, and spend much of their time over the continental shelf. Deep dives to over 400 m have been documented, but the

Répartition

Les renseignements sur la répartition des phoques proviennent historiquement de données sur les lieux de chasse, de marques récupérées et de connaissances locales. Les progrès dans le domaine de la télémesure par satellite ont fournit de nouvelles occasions d'approfondir les connaissances sur les migrations et répartitions saisonnières du phoque du Groenland, du phoque à capuchon et du phoque gris au Canada atlantique. Des émetteurs satellitaires ont été fixés sur des phoques du Groenland (n = 40), des phoques à capuchon (n = 70) et des phoques gris (n = 154). Les émetteurs sur les phoques du Groenland ont permis d'obtenir des données sur

majority of dives are to 100 m or less. Hooded seals are also pelagic, but are associated with the continental slope and deep water regions within the Gulf of St. Lawrence. Dives over 1 km deep have been recorded, but the majority are to depths of 100-300 m. Grey seals are considered more as a coastal species distributed over the continental shelf. Dives over 400 m have been recorded, but most are shallow, with most dives less than 200 m on the Scotian Shelf and less than 100 m deep within the Gulf. There is evidence of horizontal separation of Sable Island males and females on the Scotian Shelf during the post-breeding period, but this does not appear to be seen among animals from the Gulf. New state-based approaches are providing insights into distinguishing foraging behaviour from traveling behaviour.

la migration automnale et les voies de migration de l'espèce. Le phoque du Groenland est une espèce pélagique qui passe la majeure partie de leur temps sur le plateau continental. Il plonge parfois à plus de 400 m de profondeur, mais se tient habituellement à moins de 100 m de profondeur. Le phoque à capuchon est également une espèce pélagique, mais il fréquente surtout le talus continental et les régions profondes du golfe du Saint-Laurent. Il plonge habituellement jusqu'à une profondeur de 100 à 300 m, mais il se rend parfois jusqu'à plus de 1 km de profondeur. Le phoque gris est davantage considéré comme une espèce côtière répartie sur l'ensemble du plateau continental. Il fréquente principalement les eaux peu profondes et plonge jusqu'à un maximum de 200 m sur le plateau néo-écossais et jusqu'à un maximum de 100 m dans le golfe. Certains phoques gris se rendent parfois à plus de 400 m de profondeur. Il existe des preuves d'une séparation horizontale des mâles et des femelles de l'île de Sable sur le plateau néo-écossais durant la période post-reproduction, mais une telle séparation ne semble pas exister entre les animaux du golfe. De nouvelles approches fondées sur la condition fournissent des moyens pour distinguer le comportement d'alimentation du comportement de déplacement.

*Discussion*

The behavioural model predicts where individual seals are likely foraging versus traveling. Stomach temperature tags have been deployed, which provide some validation that feeding does take place in predicted foraging areas. This is a new method and is still in the process of being improved. The results presented were for approximately 90 animals tagged at Sable Island; these may not be representative of whole population.

The result that juvenile grey seals (ages 1-4) seem to dive deeper than adults in the Gulf of St. Lawrence was briefly discussed. The same pattern is not seen on the Scotian Shelf.

*Discussion*

Le modèle comportemental prévoit l'endroit où chaque phoque a de bonnes chances de s'alimenter ou de se déplacer. Des marques de mesure de la température stomacale ont été déployées et fournissent des données validant l'hypothèse selon laquelle les phoques s'alimentent dans les zones prévues. Cette méthode est nouvelle et fait encore l'objet d'améliorations. Les résultats présentés portaient sur environ 90 animaux marqués à l'île de Sable, mais ces animaux peuvent ne pas être représentatifs de l'ensemble de la population.

Le résultat montrant que les phoques gris juvéniles (de 1 à 4 ans) semblent plonger plus profondément que les adultes dans le golfe du Saint-Laurent fait l'objet d'une brève discussion. Cette tendance n'est pas observée sur le plateau néo-écossais.

Diet

Studies have shown that the diets of these three species are characterized by significant regional, seasonal, and long-term variation in the species consumed. Sex differences are also evident in the

Régime alimentaire

Des études ont montré que le régime alimentaire de ces trois espèces de phoques est caractérisé par une variation importante à long terme, saisonnière et régionale des espèces

diet of the adults of all three species, and there is evidence also for age related changes.

consommées. Le régime alimentaire des adultes des trois espèces compte également des différences fondées sur le sexe, et des données suggèrent aussi des changements selon l'âge.

The species composition of grey seal diets has been estimated from prey hard parts recovered from stomachs and faeces and, more recently, by fatty acids. Diet composition of grey seals in the Gulf of St. Lawrence and around the coast of Newfoundland was examined using identification of otoliths recovered from digestive tracts collected between 1985 and 2004. Prey were recovered from 632 animals. Twenty-nine different prey taxa were identified. Grey seals sampled in the northern Gulf of St. Lawrence fed mainly on capelin, mackerel, wolfish, and lumpfish during the spring, but consumed more cod, sandlance, and winter flounder during late summer. Overall, the southern Gulf diet was more diverse, with sandlance, Atlantic cod, cunner, white hake, and Atlantic herring dominating the diet. Capelin and winter flounder were the dominant prey in grey seals sampled from the east coast of Newfoundland, while Atlantic cod, flatfish, and capelin were the most important prey from the south coast. Faecal samples collected from Sable Island, Nova Scotia, between 1991 and 1998 showed seasonal and interannual variability in the diet of grey seals. Sandlance dominated the diet in all season and years, but the importance of this and other species, including cod and flounders, varied over time. Quantitative Fatty Acid Signature Analysis (QFASA) of blubber lipids from 1993 to 2004 also found that sandlance was a dominant prey, but reveal a greater importance of redfish than previously indicated from faeces. Cod was a minor species in the diet.

La composition en espèces du régime alimentaire du phoque gris a été estimée à partir des parties dures de proies récupérées dans les estomacs et les fèces de phoques gris et, plus récemment, à partir des acides gras. La composition du régime alimentaire du phoque gris dans le golfe du Saint-Laurent et autour de Terre-Neuve a été examinée par le biais de l'identification des otolithes récupérés dans des tubes digestifs de phoques entre 1985 et 2004. Des proies appartenant à 29 taxons différents ont été récupérées dans 632 animaux. D'après les échantillons analysés, les phoques gris du nord du golfe du Saint-Laurent (nGSL) se nourrissent principalement de capelans, de maquereaux, de loups de mer et de lompes au printemps et principalement de morues, de lançons et de plies rouges à la fin de l'été. Dans l'ensemble, le régime alimentaire des phoques du sGSL est plus diversifié et est dominé par le lançon, la morue de l'Atlantique, la tanche-tautogue, la merluche blanche et le hareng. Le capelan et la plie rouge sont les proies dominantes des phoques gris de la côte est de Terre-Neuve, tandis que la morue, le poisson plat et le capelan sont les proies les plus importantes sur la côte sud de Terre-Neuve. Les échantillons de fèces prélevés à l'île de Sable entre 1991 et 1998 ont montré une variabilité saisonnière et interannuelle dans le régime alimentaire du phoque gris. Le lançon était la proie principale en toute saison et chaque année, mais l'importance des différentes espèces consommées, y compris la morue et les limandes, a varié avec le temps. L'analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA) dans le petit lard, menée de 1993 à 2004, a également permis d'établir que le lançon est une des proies principales, mais elle a révélé que le sébaste est une proie plus importante que ce qu'avait permis de déterminer l'analyse des fèces. La morue ne compte que pour une petite part du régime alimentaire.

Harp seal diets have been studied extensively off Newfoundland since the early 1980s based on the analysis of stomach contents and, more recently, based on fatty acids. The near shore diet of Northwest Atlantic harp seals comprised at least 62 species; however, 6 accounted for most of the mass consumed and their relative importance varied by area. Based on percent wet mass, sculpins (*Cottidae*) and Arctic cod were the main

Le régime alimentaire du phoque du Groenland au large de Terre-Neuve a fait l'objet d'un grand nombre d'études depuis le début des années 1980. Ces études sont fondées sur l'analyse des contenus stomacaux et, plus récemment, sur les acides gras. Le régime alimentaire du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest en milieu côtier est composé d'au moins 62 espèces. Six de ces espèces comptent pour la majorité de la

components of the diet of older seals (more than 1 year old) off Labrador, whereas Arctic cod and Atlantic herring were the main prey of seals from northeastern Newfoundland. A more diverse diet was observed in seals taken off the west coast of Newfoundland, where capelin, herring, Atlantic cod, redfish, and Arctic cod were the main species. The offshore diet of harp seals varied seasonally and geographically. Pups (less than 6 months old) usually ate invertebrates, capelin, and sandlance. Subadults (6 months to 4 years old) consumed capelin and Arctic cod in the northern part of their range, but sandlance and capelin on the Grand Banks. Adults consumed invertebrates such as shrimp and Natantia (amphipods) when they were collected on the northern Labrador Shelf, but ate capelin, Greenland halibut, and Atlantic cod on the southern Labrador Shelf. On the Grand Banks, they consumed pleuronectids, sandlance, and capelin. Atlantic cod not caught by commercial trawlers were rarely eaten by seals. Fatty acids data collected between 1994 and 2004 indicated a greater reliance on amphipods, but sandlance, capelin, redfish, and Arctic cod were the other major species eaten.

masse consommée, et leur importance relative varie en fonction du lieu. D'après les pourcentages du poids humide, les chabots (*Cottidae*) et le morue arctique sont les principales composantes du régime alimentaire des phoques âgés (plus d'un an) au large du Labrador, tandis que le morue arctique et le hareng sont les proies principales des phoques du nord-est de Terre-Neuve. Le régime alimentaire des phoques capturés au large de la côte ouest de Terre-Neuve est plus diversifié et comprend notamment le capelan, le hareng, la morue de l'Atlantique, le sébaste et le morue arctique. Le régime alimentaire du phoque du Groenland en milieu hauturier varie en fonction des saisons et des lieux. Les jeunes (de moins de six mois) mangent habituellement des invertébrés, des capelans et des lançons. Les subadultes (de six mois à quatre ans) se nourrissent de capelans et de morues arctique dans le nord de leur aire de répartition, et de lançons et de capelans sur les Grands Bancs. Dans le nord de la plate-forme du Labrador, les adultes se nourrissent d'invertébrés, comme les crevettes et *Natantia* (amphipodes), tandis que dans le sud de cette même plate-forme, ils mangent des capelans, des flétans noirs et des morues. Sur les Grands Bancs, les adultes consomment des pleuronectidés, des lançons et des capelans. Les morues non capturées par les chalutiers commerciaux sont rarement la proie des phoques. Les données sur les acides gras recueillies entre 1994 et 2004 indiquent un régime axé davantage sur les amphipodes, mais le lançon, le capelan, le sébaste et le morue arctique sont les autres proies principales.

Less is known about the diets of hooded seals. Stomach contents analysis indicates that Greenland halibut, Arctic cod, capelin, herring, and redfish were the dominant fish consumed, but squids were also important foods. Recent studies using fatty acids have indicated a greater importance of redfish, argentine, and amphipods than previously believed.

Le régime alimentaire du phoque à capuchon est moins bien connu. L'analyse des contenus stomacaux indique que ses proies principales sont le flétan noir, le morue arctique, le capelan, le hareng et le sébaste, et que le calmar est également une proie importante. Les études récentes sur les acides gras indiquent que le sébaste, la grande argentine et les amphipodes sont des proies plus importantes que ce que l'on croyait auparavant.

*Discussion*

The absence of haddock in grey seal diet was noted. This seems surprising because haddock are present in the areas used by grey seals, but both faecal analysis of prey hard parts and fatty acid signature analysis provide consistent results in this regard.

*Discussion*

Les participants notent l'absence de l'aiglefin dans le régime alimentaire du phoque gris. Cette absence est surprenante puisque l'aiglefin est présent dans les zones fréquentées par le phoque gris. Les analyses des fèces axées sur les parties dures de proies et sur la signature des acides gras fournissent des résultats semblables à ce

sujet.

The question was raised whether the appearance of a good year-class of cod would result in the diet changing to cod. A tendency for this is certainly possible, because grey seals do show evidence of feeding roughly in proportion to what is available. However, it was noted that there may be thresholds for some prey that cause prey switching.

Un participant se demande si une bonne classe d'âge de morues entraînerait une hausse de l'importance de cette espèce dans le régime alimentaire des phoques. Une telle tendance est certainement possible puisque le phoque gris montre des signes d'une alimentation fondées sur les ressources disponibles. Un participant souligne qu'il existe peut-être des seuils pour certaines proies qui entraînent des changements de proies.

**Mortality Patterns in Fish**
Rapporteur: A. Bundy

**Régimes de mortalité des poissons**
Rapporteur : A. Bundy

Fish Mortality Trends

Tendances de la mortalité des poissons

Mortality trends were described for selected marine fishes in Atlantic Canada and the potential impact of seals on these trends was discussed. Presentations focused on selected species in 4 areas: 1) cod stocks in the waters off Labrador and eastern Newfoundland, 2) cod in the northern Gulf of St. Lawrence, 3) cod and haddock on the Scotian Shelf and in the Bay of Fundy, and 4) the fish community in the southern Gulf of St. Lawrence.

Les tendances de la mortalité pour certains poissons marins au Canada atlantique sont décrites, et les répercussions potentielles des phoques sur ces tendances font l'objet d'une discussion. Les présentations portent sur certaines espèces dans quatre zones : 1) les stocks de morue dans les eaux au large du Labrador et de la côte est de Terre-Neuve; 2) la morue du nGSL; 3) la morue et l'aiglefin du plateau néo-écossais et de la baie de Fundy; 4) la communauté de poissons dans le sGSL.

1) Mortality of Atlantic cod off Labrador and eastern Newfoundland.

1) Mortalité de la morue de l'Atlantique au large du Labrador et de la côte est de Terre-Neuve

The cod stock complex in the waters off Labrador and eastern Newfoundland (divs. 2J3KL), often called the northern cod stock, consists of populations that overwinter near the shelf break and spawn in the offshore, and populations that overwinter and spawn in the inshore. The offshore populations formerly comprised a large portion of the stock. Their decline to extremely low abundance in the early 1990s has increased the prominence of the inshore populations. Historically, a portion of the offshore fish moved inshore to feed on capelin in the late spring and early summer; currently the prominence of the inshore populations makes the detection of this seasonal migration of offshore fish difficult.

Le complexe de stocks de morue dans les eaux au large du Labrador et de la côte est de Terre-Neuve (divisions 2J3KL), souvent appelé le stock de morue du Nord, comprend des populations qui passent l'hiver près du rebord du plateau et se reproduisent en milieu hauturier ainsi que des populations qui passent l'hiver et se reproduisent en milieu côtier. Les populations hauturières ont déjà constitué une grande part du stock, mais leur déclin considérable au début des années 1990 a donné lieu à une hausse de l'importance des populations côtières. Historiquement, une partie des poissons hauturiers migraient vers le milieu côtier pour s'alimenter de capelans à la fin du printemps et au début de l'été. L'importance actuelle des populations côtières rend difficile la détection des migrateurs saisonniers provenant du milieu hauturier.

Catch rates in the annual autumn bottom-trawl survey indicate that cod abundance in the offshore has been very low since the early 1990s. Catch rates in the survey peak at age 2 or 3 years

Les taux de capture dans le cadre du relevé d'automne annuel au chalut de fond indiquent que l'abondance de la morue en milieu hauturier est très faible depuis le début des années 1990. Dans

and decline very rapidly toward 0 by age 6, suggesting a very high mortality rate for cod in the offshore (Figure 1). The total mortality rate (*Z*) computed from the survey catch at age is very high (Figure 2; e.g., 1.29 $y^{-1}$ for the 1996-1999 cohorts between ages 3 and 6). This high mortality in the offshore does not appear to be attributable to fishery removals (Lilly and Murphy 2004, Lilly et al. 2006, Lilly 2008). Estimated removals by offshore fisheries are very small relative to the survey biomass. Inshore fisheries may contribute to this mortality, capturing offshore cod during their inshore migration. However, if this were the dominant cause of mortality, a positive relationship would be expected between annual estimates of mortality and catch, but this is not seen. This suggests that natural mortality is high in offshore cod.

ce relevé, les taux de capture atteignent un sommet à deux ou trois ans d'âge puis chutent très rapidement pour atteindre la valeur de 0 à six ans, ce qui suggère un taux de mortalité très élevé en milieu hauturier (figure 1). Le taux de mortalité totale (*Z*) calculé à partir des données des prises selon l'âge du relevé est très élevé (figure 2; p. ex. 1,29 par année pour les cohortes de 1996 à 1999 entre trois et six ans). Cette mortalité élevée en milieu hauturier ne semble pas être attribuable aux captures dans le cadre des activités de pêche (Lilly et Murphy, 2004; Lilly *et al*., 2006; Lilly, 2008). Les estimations des prises dans le cadre des pêches hauturières sont très faibles par rapport à la biomasse du relevé. Il est possible que les pêches côtières contribuent à cette mortalité par le biais de la capture de morues hauturières lors du passage de celles-ci en milieu côtier. Cependant, si les pêches côtières étaient la principale cause de mortalité, il faudrait s'attendre à une relation positive entre les estimations annuelles de la mortalité et des prises, ce qui n'est pas le cas. Cela suggère que la mortalité naturelle de la morue en milieu hauturier est élevée.

Prior to the collapse of divs. 2J3KL cod in the early 1990s, it was assumed inshore cod (cod overwintering and spawning inshore) comprised a small component of the northern cod stock complex. The presence of inshore populations became more apparent following the collapse of the offshore populations. A tagging study was initiated following the resumption of directed cod fishing in the inshore in 1998. This study indicated a high rate of natural mortality, near 0.65 (0.5-0.8), in inshore areas of Div. 3K and a rate near 0.3 (0.2-0.4) in Div. 3L (Brattey and Healey 2003, Cadigan and Brattey 2003, Lilly et al. 2005).

Avant l'effondrement des stocks de morue des divisions 2J3KL au début des années 1990, on supposait que la morue côtière (la morue qui passe l'hiver et fraie en milieu côtier) comprenait une petite composante du complexe de stocks de morue du Nord. La présence de populations côtières est devenue plus apparente après l'effondrement des populations hauturières. Une étude de marquage a été lancée à la suite de la reprise de la pêche dirigée de la morue en milieu côtier en 1998. Cette étude a indiqué un taux élevé de mortalité naturelle de près de 0,65 (de 0,5 à 0,8) dans les zones côtières de la division 3K et de près de 0,3 (de 0,2 à 0,4) dans la division 3L (Brattey et Healey, 2003; Cadigan et Brattey, 2003; Lilly *et al*., 2005).

Natural mortality is not thought to be unusually high in the cod stocks off southern Newfoundland (the Subdiv. 3Ps stock) and on the southern Grand Bank (the divs. 3NO stock). In recent assessments of these stocks, natural mortality has been assumed to be 0.2, a value thought to be normal for cod. It has been suggested that natural mortality is not elevated in these stocks, because there are relatively few seals in these areas.

La mortalité naturelle n'est pas considérée comme inhabituellement élevée chez les stocks de morue au sud de Terre-Neuve (le stock de la sous-division 3Ps) et dans le sud des Grands Bancs (le stock des divisions 3NO). Dans les récentes évaluations de ces stocks, on supposait que la mortalité naturelle se chiffrait à 0,2, une valeur jugée normale pour la morue. Certains ont suggéré que la mortalité naturelle n'est pas élevée dans ces stocks en raison du petit nombre de phoques dans ces zones.

The role of seals in the elevated natural mortality in both the offshore and inshore components of

Le rôle des phoques dans la mortalité naturelle élevée chez les composantes côtière et

the divs. 2J3KL cod stock has been debated since the collapse of the stock in the late 1980s and early 1990s. The biomass of cod consumed by harp seals in the late 1990s was estimated to be 3,7000 t, considerably greater than fishery removals at that time (4,000–8,000 t). However, stomach contents indicated that harp seals fed primarily on small cod, many of which might die from other causes if not eaten by seals, whereas the fishery targets larger cod, which have already passed through the period of high juvenile mortality. Moreover, much of the elevated natural mortality detected in divs. 2J3KL is of adult cod, generally larger than the cod eaten by harp seals based on the size distribution of cod otoliths (ear bones) found in harp seal stomachs. However, larger cod may fall prey to belly-biting, wherein the seal takes a bite from the cod's abdomen, consuming the energy-rich liver but leaving the head unconsumed (Lilly et al. 1999). Instances of belly-biting will generally not be detected by standard visual examination of stomach contents. Furthermore, the weight of cod killed by belly-biting is much greater than the weight of cod consumed. Harvesters have reported seeing dead cod on the ice for years, but the numbers were insufficient to attract media attention. However, in the late 1990s, the magnitude of these events was sufficiently large to attract much attention. There were numerous reports of seals seen biting the abdomens of cod, and several instances of divers reporting cod lying on the bottom with holes in their bellies (Lilly et al. 1999, 2005). There were also incidents in which cod were seen milling about lethargically in cold shallow water in winter. Some observers were of the opinion that the cod were herded by seals into the shallow water, where some died from seal predation or exposure to cold water and ice. Another possibility is that the cod entered the shallow water for reasons not associated with seals (e.g., feeding), and predation by seals on these cod was opportunistic. While observations of belly-biting continue to the present, there have been no recent reports of incidents as dramatic as those occurring in the late 1990s.

hauturière du stock de morue des divisions 2J3KL fait l'objet d'un débat depuis l'effondrement du stock à la fin des années 1980 et au début des années 1990. La biomasse des morues consommées par les phoques du Groenland à la fin des années 1990 a été estimée à 37 000 t, une valeur considérablement plus élevée que les captures par la pêche à l'époque (de 4 000 à 8 000 t). L'analyse des contenus stomacaux a cependant indiqué que les phoques du Groenland se nourrissaient principalement de petites morues, dont un bon nombre pourrait mourir d'autres causes si elles n'étaient pas mangées par les phoques, tandis que la pêche cible les morues de grande taille, qui ont déjà traversé la période de mortalité élevée des juvéniles. De plus, la majorité des cas de mortalité naturelle élevée détectés dans les divisions 2J3KL étaient des morues adultes, généralement plus grandes que les morues consommées par les phoques du Groenland, d'après la distribution des tailles des otolithes de morue récupérés dans les estomacs de phoques du Groenland. Les morues de grande taille peuvent toutefois être victimes de morsures ventrales par les phoques, qui mordent l'abdomen des morues afin de consommer le foie riche en énergie sans consommer la tête (Lilly *et al*., 1999). Les cas de morsure ventrale ne sont généralement pas détectés par un examen visuel standard du contenu stomacal. De plus, le poids des morues tuées par morsure ventrale est très supérieur au poids des morues consommées par les phoques. Les pêcheurs signalent avoir vu des morues mortes sur la glace depuis des années, mais le nombre était insuffisant pour attirer l'attention des médias. Cependant, à la fin des années 1990, l'ampleur des cas observés était suffisamment grande pour attirer beaucoup d'attention. Il y a eu de nombreux rapports de phoques vus en train de mordre le ventre de morues et plusieurs cas où des plongeurs ont signalé avoir vu des morues au ventre criblé de trous gisant sur le fond (Lilly *et al*., 1999 et 2005). Il s'est également produit plusieurs cas où des morues ont été vues tournant en rond de façon léthargique en eaux froides peu profondes. Des morues ont également été observées se déplaçant de manière confuse et léthargique en eaux peu profondes et froides en hiver. Certains observateurs étaient d'avis que les phoques avaient poussé les morues en eaux peu profondes, où une partie est morte par prédation ou par exposition aux eaux froides et à la glace. Une autre possibilité est que la morue a gagné des zones peu profondes pour des raisons sans lien avec les phoques (p. ex. alimentation) et que la prédation par les phoques était opportuniste.

Des cas de morsure ventrale sont encore signalés aujourd'hui, mais aucun cas récent n'est aussi dramatique que ceux survenus à la fin des années 1990.

2) Mortality of cod and haddock on the Scotian Shelf.

2) Mortalité de la morue et de l'aiglefin sur le plateau néo-écossais

No strong trends in total mortality are evident for cod from the Western Scotian Shelf and Bay of Fundy (Div. 4X). Based on survey catch rates, *Z* for ages 4-6 was relatively low in the late 1980s and mid 1990s and relatively high in the early 1990s and recently. Recent estimates of *Z* for this stock are 0.8-1.2. Because there is still a directed fishery for cod in this area, it is difficult to infer trends in natural mortality (*M*) from these estimates of *Z*.

Aucune tendance forte de la mortalité totale n'est évidente chez la morue de la baie de Fundy et de l'ouest du plateau néo-écossais (division 4X). D'après les taux de capture des relevés, la mortalité totale pour les morues de 4 à 6 ans était relativement faible à la fin des années 1980 et au milieu des années 1990 et elle était relativement élevée au début des années 1990 et récemment. Les estimations récentes de la mortalité totale pour ce stock varient entre 0,8 et 1,2. Compte tenu du fait que la morue fait toujours l'objet d'une pêche dirigée dans cette zone, il est difficile d'inférer des tendances de la mortalité naturelle (*M*) d'après ces estimations de la mortalité totale.

No strong trends in *Z* are evident for Div. 4X haddock, though recent estimates are somewhat lower than those observed in the early 1980s, reflecting a moderate decline in fishing mortality (*F*). *M* is assumed to be 0.2 for Div. 4X haddock.

Aucune tendance forte de la mortalité totale n'est évidente pour l'aiglefin de la division 4X, mais les estimations récentes sont légèrement inférieures à celles obtenues au début des années 1980, ce qui reflète un déclin modéré de la mortalité par pêche (*F*). On suppose que la mortalité naturelle de l'aiglefin de la division 4X se chiffre à 0,2.

Total mortality of cod (ages 5-8 years) on the Eastern Scotian Shelf (divs. 4VsW cod) was estimated to be 1.0-1.2 in the mid to late 1990s (Figure 3). Because there was no fishery during this period, these are estimates of natural mortality, indicating that *M* had increased to very high levels for adult divs. 4VsW cod during this period. The most recent estimate of *M* for this stock is somewhat lower at 0.6, but still well above the level considered normal for adult cod (0.2).

La mortalité totale de la morue (de 5 à 8 ans) dans l'est du plateau néo-écossais (divisions 4VsW) a été estimée à 1,0-1,2 dans la deuxième moitié des années 1990 (figure 3). Compte tenu de l'absence d'activités de pêche durant cette période, ces estimations portent sur la mortalité naturelle et indiquent que cette mortalité a augmenté pour atteindre des niveaux très élevés pour les morues adultes des divisions 4VsW durant cette période. L'estimation la plus récente de la mortalité naturelle pour ce stock est quelque peu inférieure (0,6), mais toujours bien au-dessus du niveau jugé normal pour les morues adultes (0,2).

Estimated total mortality of adult divs. 4VW haddock (ages 6-10 years) was relatively high in the 1970s and early 1980s and then declined to somewhat lower values (Figure 4). Following the fishery closure in 1993, estimated *Z* tended to decline, reaching a minimum value near 0.2 in 1997. However, estimated *Z* has increased since then, with the most recent estimate (2001) above 0.6. The most recent assessment model for this stock assumed that *M* increased from 0.2 to 0.4 in the mid 1980s.

L'estimation de la mortalité totale des aiglefins adultes des divisions 4VW (de 6 à 10 ans) était relativement élevée dans les années 1970 et au début des années 1980, puis elle a baissé légèrement (figure 4). Après la fermeture de la pêche en 1993, l'estimation de la mortalité totale a eu tendance à baisser, pour atteindre une valeur minimale près de 0,2 en 1997. L'estimation de la mortalité totale a cependant augmenté depuis, l'estimation la plus récente (2001) étant supérieure à 0,6. Le modèle d'évaluation le plus

récent pour ce stock supposait que la mortalité naturelle a augmenté de 0,2 à 0,4 au milieu des années 1980.

An analysis was presented on the relative roles of fishing, cannibalism, and seal predation on mortality of divs. 4VsW cod. The size distributions of cod consumed by cod and seals were based on the size distributions of cod otoliths found in cod and seal stomachs. For young cod (ages 1-4 years), the dominant sources of mortality were fishing and cannibalism in the early 1970s, cannibalism in the 1980s, and seal predation since the early 1990s. For older cod (ages 5-15), fishing was the primary source of mortality until the closure in 1993. No significant source of mortality was identified for older cod during the post-closure period, leaving the high natural mortality of adult cod during this period unexplained.

Une analyse des rôles relatifs de la pêche, du cannibalisme et de la prédation exercée par les phoques sur la mortalité de la morue des divisions 4VsW est présentée. Les distributions des tailles des morues consommées par des morues et des phoques sont fondées sur les distributions des tailles des otolithes de morues recueillis dans les estomacs de morues et de phoques. Dans le cas des jeunes morues (de 1 à 4 ans), les principales sources de mortalité étaient la pêche et le cannibalisme au début des années 1970, le cannibalisme dans les années 1980 et la prédation exercée par les phoques depuis le début des années 1990. Dans le cas des morues âgées de 5 à 15 ans, la pêche était la principale source de mortalité jusqu'au moment de sa fermeture en 1993. Aucune source de mortalité importante n'a été identifiée pour ces morues durant la période sans activité de pêche, ce qui fait en sorte que la mortalité naturelle élevée des morues adultes durant cette période demeure inexpliquée.

3) Mortality of cod in the northern Gulf of St. Lawrence.

3) Mortalité de la morue dans le nord du golfe du Saint-Laurent

Total mortality of northern Gulf cod was estimated from survey data to be 0.56 during the 1994-1996 moratorium. Since fishing mortality was minimal during this period, this estimate indicates that *M* was elevated for this stock in the mid 1990s. Recent analyses suggest that *M* has since declined for this stock, and recent assessments have used a value of 0.3 for the 1997-2000 period and 0.2 since 2001.

La mortalité totale de la morue du nGSL durant le moratoire de 1994 à 1996 a été estimée à 0,56, d'après les données de relevés. Puisque la mortalité par pêche était minime durant cette période, cette estimation indique que la mortalité naturelle était élevée pour ce stock au milieu des années 1990. Des analyses récentes suggèrent que la mortalité naturelle a baissé depuis pour ce stock, et les évaluations récentes ont utilisé une valeur de 0,3 pour la période de 1997 à 2000 et une valeur de 0,2 depuis 2001.

4) Mortality of marine fishes in the southern Gulf of St. Lawrence.

4) Mortalité de poissons marins dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Mortality trends were described for cod and other marine fishes in the southern Gulf of St. Lawrence. Although total mortality of adult cod (aged 7-11 years) declined following the fishery closure in 1993, reflecting the decline in fishing mortality, the values observed during the fishery moratorium remained surprisingly high at 0.45-0.6 (Figure 5). Given the negligible fishing mortality during this period, these values for *Z* indicate that *M* was 0.4 or higher. Despite continued low *F*, *Z* remained high throughout the 1990s and early 2000s. *Z* of adult cod has risen to even higher

Les tendances de la mortalité de la morue et d'autres poissons marins dans le sGSL sont décrites. Même si la mortalité totale des morues adultes (de 7 à 11 ans) a baissé à la suite de la fermeture de la pêche en 1993, ce qui met en évidence la baisse de la mortalité par pêche, les valeurs observées durant le moratoire sur la pêche sont demeurées étonnamment élevées, c.-à-d. entre 0,45 et 0,6 (figure 5). Compte tenu de la mortalité négligeable par pêche durant cette période, ces valeurs de la mortalité totale indiquent que la mortalité naturelle se chiffrait à

levels near 1 in recent years, indicating that *M* is now increasing further. Estimates of *M* of adult cod using population models indicate that *M* started to increase in the 1980s, and confirm that *M* is now at a high level. Trends in *Z* and *F* for white hake indicate similar patterns in *M* for adults of this species, with *M* elevated above normal levels in the mid 1990s and increasing to even higher levels in the late 1990s and early 2000s.

0,4 ou plus. Malgré une mortalité par pêche demeurant faible, la mortalité totale est demeurée élevée tout au long des années 1990 et au début des années 2000. La mortalité totale des morues adultes a augmenté pour atteindre des niveaux encore plus élevés (près de 1) au cours des dernières années, ce qui indique que la mortalité naturelle augmente maintenant davantage. Les estimations de la mortalité naturelle chez les morues adultes, obtenues à l'aide de modèles de population, indiquent que la mortalité naturelle a commencé à augmenter dans les années 1980 et confirment que cette mortalité est maintenant à un niveau élevé. Les tendances de la mortalité totale et de la mortalité par pêche de la merluche blanche indiquent des tendances semblables de la mortalité naturelle des adultes de cette espèce, la mortalité naturelle ayant été supérieure aux niveaux normaux au milieu des années 1990 et ayant atteint des niveaux encore plus élevés à la fin des années 1990 et au début des années 2000.

Population models were used to estimate mortality trends for juveniles and adults of the 3 skate species in the southern Gulf (winter, thorny, and smooth skate). For all 3 species, juvenile mortality decreased and adult mortality increased from the 1970s to the 1990s. For winter skate, analyses were conducted to decompose these trends in *Z* into trends in *F* and *M*. These analyses indicated that the trends in *Z* reflected changes in *M*. Similar mortality trends were evident for all 3 skate species on the Eastern Scotian Shelf (divs. 4VW), but only for thorny skate on the Western Scotian Shelf (Div. 4X).

Des modèles de population ont été utilisés pour estimer les tendances de la mortalité des juvéniles et des adultes des trois espèces de raies dans le sGSL (raie tachetée, raie épineuse et raie lisse). Chez les trois espèces, la mortalité des juvéniles a diminué et la mortalité des adultes a augmenté des années 1970 aux années 1990. Pour la raie tachetée, des analyses ont été effectuées pour distinguer les tendances de la mortalité totale des tendances de mortalité naturelle et de la mortalité par pêche. Ces analyses ont révélé que les tendances de la mortalité totale mettent en évidence des changements sur le plan de la mortalité naturelle. Des tendances semblables de la mortalité étaient évidentes pour les trois espèces de raies dans l'est du plateau néo-écossais (divisions 4VW), mais seulement pour la raie épineuse dans l'ouest du plateau néo-écossais (division 4X).

Changes in species and size composition of the fish community in the southern Gulf are also indicative of size-dependent trends in mortality. Small-bodied species tended to increase dramatically in abundance in the mid to late 1990s and early 2000s, following declines in the abundance of large-bodied fish in the late 1980s and early 1990s. Annual biomass spectra for the 1971-2002 period indicated that in the 1990s there was a dramatic increase in the biomass of small fish and a decrease in the biomass of large fish, reflecting both changes in species composition of the community and changes in size composition within species. These changes

Des changements de la composition en espèces et de la composition selon la taille au sein de la communauté de poissons dans le sGSL sont également des indices que les tendances de la mortalité varient en fonction de la taille. L'abondance des espèces de petite taille a eu tendance a augmenté de façon spectaculaire dans la deuxième moitié des années 1990 et au début des années 2000, à la suite des baisses d'abondance des poissons de grande taille à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Le spectre de biomasse annuelle pour la période de 1971 à 2002 indique que dans les années 1990, la biomasse de petits poissons a augmenté

suggest a decline in the mortality of small fish in the southern Gulf in the 1990s.

A hypothesis was suggested to account for the contrasting changes in mortality of small versus large fish in the southern Gulf. This hypothesis was based on the assumption that large fish are predators of small fish, whereas grey seals may prey on both large and small fish. Based on ecosystem models, historical consumption by large fish in the southern Gulf greatly exceeded current consumption by grey seals. Thus, it was suggested that the collapse in the biomass of large demersal fish has resulted in decreased predation mortality of small fish despite increasing grey seal abundance, whereas the increased seal abundance has resulted in increased predation mortality of large fish.

*Discussion*

Possible causes of the mortality trends evident in the fish community in the southern Gulf were discussed. The possibility that these trends may reflect environmental effects rather than effects of predation was discussed. It was noted that in the stage-structured models used to estimate changes in skate mortality, changes in growth (e.g., in response to changing environmental conditions) could be misinterpreted as changes in mortality. However, this was examined for winter skate by incorporating changes in growth in the model, and changes within the limits deemed possible for this species could not explain the changes in mortality. It was noted, moreover, that similar mortality trends have been seen in species occurring in different habitats with different environmental trends. For example, in summer in the southern Gulf, winter skate occur in shallow inshore waters where summer bottom temperatures have warmed over the past 35 years, thorny skate occur at intermediate depths where bottom waters were unusually cold from the late 1980s to the mid 1990s, and smooth skate occur in warmer deep waters where there have not been strong trends in temperature. Yet

énormément et la biomasse de gros poissons a diminué, ce qui reflète des changements dans la composition en espèces de la communauté et des changements de la composition selon la taille au sein de chaque espèce. Ces changements suggèrent une baisse de la mortalité des petits poissons dans le sGSL dans les années 1990.

Une hypothèse est suggérée pour expliquer les changements très différents sur le plan de la mortalité entre les poissons de petite et grande taille dans le sGSL. Cette hypothèse est fondée sur la supposition que les poissons de grande taille exercent une prédation sur les poissons de petite taille, tandis que les phoques gris peuvent exercer une prédation sur les poissons de toute taille. D'après les modèles écosystémiques, la quantité historique consommée par les poissons de grande taille dans le sGSL dépasse grandement la quantité de proies consommées actuellement par les phoques gris. Par conséquent, on a suggéré que l'effondrement de la biomasse des poissons démersaux de grande taille a donné lieu à une baisse de la mortalité par prédation des petits poissons et ce, malgré une hausse de l'abondance des phoques gris. La plus grande abondance des phoques gris a toutefois entraîné une hausse de la mortalité par prédation des poissons de grande taille.

*Discussion*

Les participants discutent des causes possibles des tendances de la mortalité qui sont évidentes au sein de la communauté de poissons du sGSL. La possibilité que ces tendances reflètent des effets environnementaux plutôt que des effets de la prédation fait également l'objet d'une discussion. Un participant souligne que dans les modèles structurés par stade utilisés pour estimer les changements sur le plan de la mortalité des raies, les changements dans la croissance (p. ex. à la suite d'une variation des conditions environnementales) pourraient être confondus avec des changements dans la mortalité. Cette question a toutefois fait l'objet d'un examen dans le cas de la raie tachetée, par le biais de l'intégration des changements de la croissance dans le modèle, et les changements à l'intérieur des limites jugées possibles pour cette espèce ne pouvaient expliquer les changements dans la mortalité. En outre, il est mentionné que des tendances semblables de la mortalité ont été observées chez des espèces occupant des habitats différents aux tendances environnementales différentes. Par exemple, l'été dans le sGSL, la raie tachetée fréquente les eaux

all 3 species showed similar changes in mortality. The possibility that increased mortality could be due to poor fish condition was also discussed. The only long-term condition data (from the September survey) do not indicate that cod condition was unusually low in the 1990s. A participant noted that the shallow waters in the southern Gulf are particularly susceptible to the effects of coastal development, such as anoxia due to increased nutrient inputs and eutrophication, and wondered whether increased mortality was a result of increased anoxia. This was not thought to be an important cause of the increased mortality. The anoxic zones in the Gulf are in deep waters, particularly those in the St. Lawrence estuary, areas not used much by the southern Gulf fish examined here.

côtières peu profondes où les températures au fond estivales ont augmenté au cours des 35 dernières années, la raie épineuse fréquente les profondeurs intermédiaires où les eaux du fond ont été inhabituellement froides de la fin des années 1980 au milieu des années 1990, et la raie lisse fréquente les eaux profondes chaudes où aucune tendance marquée n'a été observée en matière de température. Les trois espèces ont cependant connu des changements semblables sur le plan de la mortalité. La possibilité que la mortalité accrue soit due à la mauvaise condition des poissons fait également l'objet d'une discussion. Les seules données à long terme sur la condition des poissons (obtenues dans le cadre du relevé de septembre) n'indiquent pas que la condition de la morue était exceptionnellement faible dans les années 1990. Un participant souligne que les eaux peu profondes dans le sGSL sont particulièrement sensibles aux effets de l'aménagement du littoral, comme l'anoxie due à une hausse de l'apport en éléments nutritifs et à l'eutrophisation, et il se demande si la hausse de mortalité est le résultat d'une hausse de l'anoxie. L'anoxie n'est pas considérée comme une cause importante de la hausse de la mortalité. Les zones anoxiques dans le golfe sont situées en eaux profondes, particulièrement celles dans l'estuaire du Saint-Laurent, et ces zones ne sont pas très fréquentées par les poissons du sGSL que nous examinons.

Clarification was sought on the hypothesis proposed for the southern Gulf. It was noted that the seal species implicated in this hypothesis is the grey seal. The focus was on grey seals because they eat larger fish than harp seals, and the problem of increased mortality is in large fish. It was suggested that the effect of seals may be indirect, resulting from reduced abundance of the prey of cod. However, this possibility seemed unlikely, because the prey of cod are currently at very high abundance.

Un participant désire obtenir des précisions sur l'hypothèse proposée pour le sGSL. Il est noté que l'espèce de phoques concernée dans le cadre de cette hypothèse est le phoque gris. L'accent est mis sur cette espèce parce qu'elle mange de plus gros poissons que le phoque du Groenland et aussi parce que le problème de hausse de la mortalité touche les poissons de grande taille. Un participant suggère que l'effet des phoques pourrait être indirect et découlé d'une baisse de l'abondance des proies de la morue. Cette possibilité semble peu probable toutefois puisque les proies de la morue sont très abondantes actuellement.

It was suggested that the low *M* estimated for the northern Gulf cod stock compared to other stocks, in particular the southern Gulf cod stock, may reflect the exclusion of trawling from the northern Gulf since 1993. The suggestion was that trawling results in mortality of cod in addition to those caught (e.g., injury and subsequent mortality of cod that escape through the trawl meshes). However, it was concluded this "post-selection" or unaccounted fishing mortality cannot account for

Un participant suggère que la faible mortalité naturelle estimée dans le stock de morue du nGSL par rapport à celle dans les autres stocks, en particulier le stock de morue du sGSL, pourrait être attribuable au fait que la pêche au chalut dans le nGSL est fermée depuis 1993. Selon lui, le chalutage entraîne la mort de morues autres que celles capturées (p. ex. blessure et mortalité subséquente des morues qui s'échappent par les mailles du chalut). On a toutefois conclu que cette

the high *M* estimated for other stocks such as southern Gulf cod. For example, mortality remained high during the fishery moratorium (1994-1997) when there was very little trawling effort in the southern Gulf. Furthermore, unaccounted fishing mortality of cod is generally estimated to be low, about 10-15%. Given the very low level of fishing effort in the southern Gulf since 1993, unaccounted fishing mortality cannot account for much of the elevated *Z* in this stock.

post-sélection ou la mortalité par pêche non comptabilisée ne peuvent expliquer la mortalité naturelle élevée estimée pour d'autres stocks, comme celui de la morue du sGSL. Par exemple, la mortalité est demeurée élevée durant le moratoire sur la pêche (de 1994 à 1997), période durant laquelle l'effort de chalutage était très faible dans le sGSL. De plus, la mortalité par pêche non comptabilisée est généralement jugée faible chez la morue, entre 10 et 15 % environ. Compte tenu du très faible niveau d'effort de pêche dans le sGSL depuis 1993, cette mortalité ne peut expliquer une bonne part de la mortalité totale élevée dans ce stock.

There was an extensive discussion of the issue of belly-biting. Fish harvesters reported that belly-biting of fish caught in gear is common. In some instances, this was so problematic that fisheries in particular areas had to be abandoned. It was noted that there is good evidence that some marine mammals target fishing gear, though there may be differences between marine mammal species in the importance of this behaviour. Grey seals will take fish from fishing gear, but less is known about the other seal species. The importance of belly-biting as a foraging behaviour of seals preying on free-swimming fish is less clear. Harvesters have long reported seeing cod with their bellies bitten out on the ice. Reports of belly-biting in inshore waters off Newfoundland are more recent. Marine mammal scientists at the workshop argued that belly-biting was not a normal feeding behaviour of seals preying on free-ranging fish, and noted that the observed instances of belly-biting comprised a small fraction of the total consumption by seals. It was noted that animal-borne camera systems could be used to quantify the frequency of belly-biting by seals.

La question des morsures ventrales fait l'objet d'une longue discussion. Les pêcheurs ont signalé que les poissons pris dans les engins sont couramment victimes de morsures ventrales. Dans certains cas, le problème a été suffisamment grave pour entraîner la fermeture de la pêche dans certaines zones. Un participant souligne qu'il existe de bonnes preuves que certains mammifères marins ciblent les engins de pêche, quoique l'importance de ce comportement puisse varier selon l'espèce. Le phoque gris capture des poissons pris dans les engins de pêche, mais nous en savons moins sur les autres espèces de phoques. L'importance de ce comportement d'alimentation des phoques dans le contexte des poissons en nage libre est plus incertaine. Les pêcheurs signalent depuis longtemps les morues à l'abdomen percé gisant sur la glace. Les rapports sur les morsures ventrales dans les eaux côtières de Terre-Neuve sont plus récents. Les spécialistes des mammifères marins présents à l'atelier soutiennent que les morsures ventrales ne constituent pas un comportement d'alimentation normal des phoques qui ciblent les poissons en liberté. De plus, ils soulignent que les cas de morsure ventrale observés ne constituent qu'une petite fraction de la quantité totale de proies consommées par les phoques. Un participant mentionne qu'un système de caméra fixé à des animaux pourrait permettre de quantifier la fréquence des morsures ventrales par les phoques.

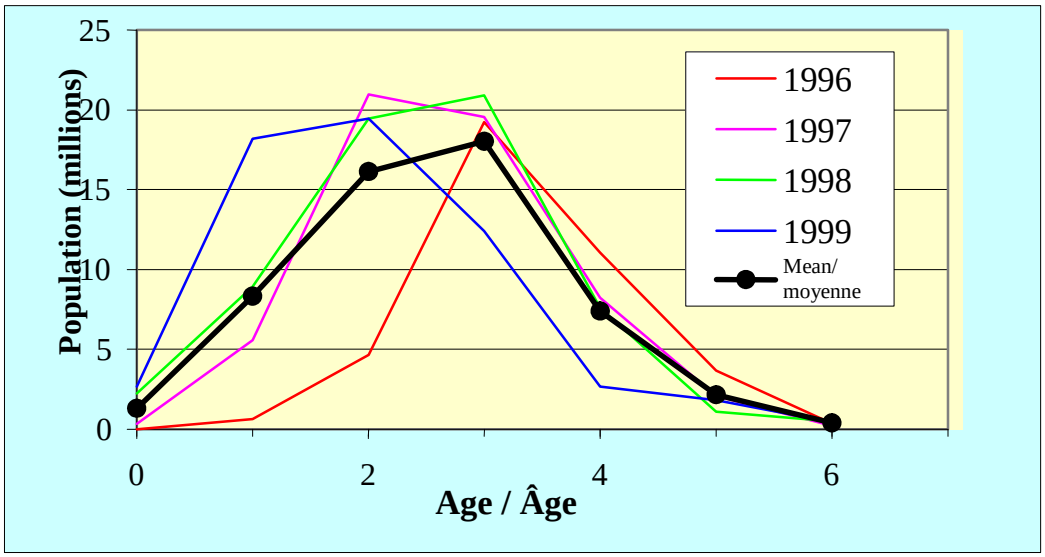



*Figure 1. Estimates of cod population numbers at age from areal expansion of mean catch at age in the fall survey of divs. 2J3KL for the 1996-1999 cohorts. The average instantaneous rate of mortality (Z) for the 1996-1999 cohorts from age 3 to age 6 is 1.29.*

*Figure 1. Estimations de l'effectif de la population de morues en fonction de l'âge, selon l'expansion spatiale des prises moyennes selon l'âge au cours du relevé d'automne dans les divisions 2J3KL pour les cohortes de 1996 à 1999. Le taux instantané moyen de mortalité totale (Z) pour les cohortes de 1996 à 1999 de 3 à 6 ans est 1,29.*

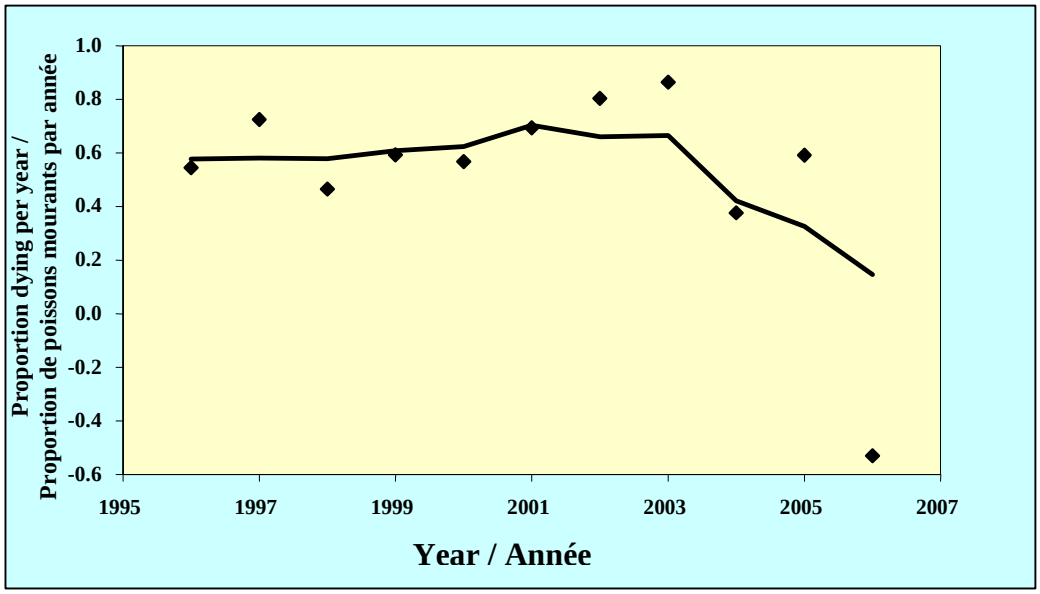



*Figure 2. Annual mortality rate (proportion dying) calculated for divs. 2J3KL cod aged 3 to 6 years based on fall survey data.*

*Figure 2. Taux de mortalité annuel (proportion de poissons mourants) calculé pour les morues de 3 à 6 ans des divisions 2J3KL, d'après les données du relevé d'automne.*

*Figure 3. Total mortality rate (Z) of divs. 4VsW cod aged 1-4 years (solid line) or 5-8 years (dashed line), calculated from July survey data. Because younger cod are not fully recruited to the survey, the solid line should be viewed as an index that describes trends in mortality but underestimates the actual value of Z. Following the fishery closure in 1993, Z corresponds to natural mortality (M).*

*Figure 3. Taux de mortalité totale (Z) des morues de 1 à 4 ans (ligne pleine) et de 5 à 8 ans (ligne tiretée) des divisions 4VsW, calculés d'après les données du relevé de juillet. Puisque les jeunes morues ne sont pas pleinement recrutées au relevé, la ligne pleine devrait être considérée comme un indice qui décrit les tendances de la mortalité, mais qui sous-estime la valeur réelle de la mortalité totale (Z). Après la fermeture de la pêche en 1993, la mortalité totale correspond à la mortalité naturelle (M).*

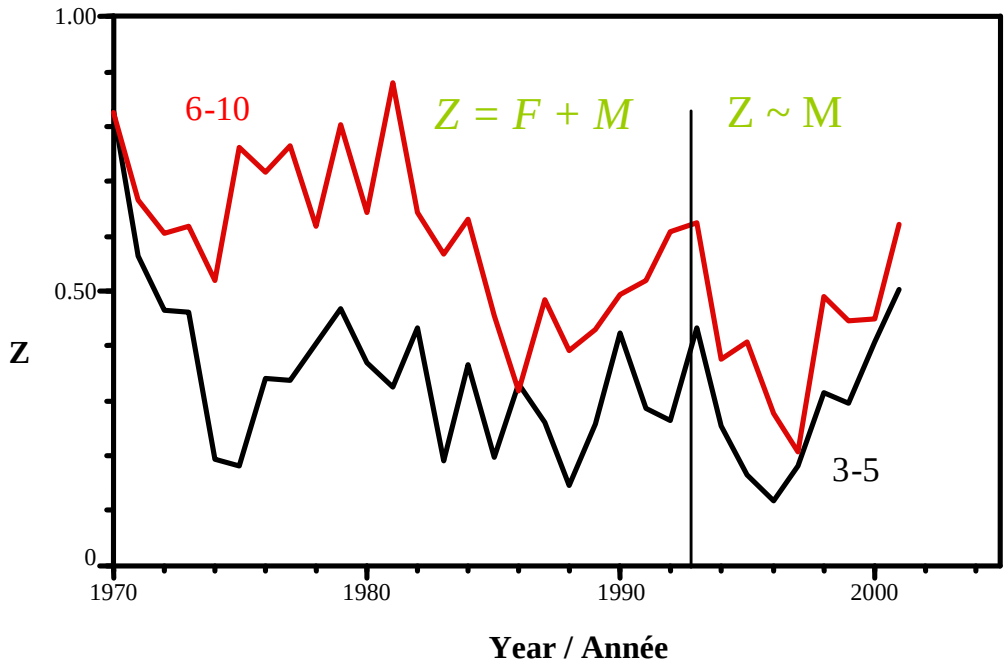



*Figure 4. Total mortality rate (Z) of divs. 4VW haddock aged 3-5 years (black line) or 6-10 years (red line), calculated from July survey data. Following the fishery closure in 1993, Z corresponds to natural mortality (M) because fishing mortality (F) is near zero.*

*Figure 4. Taux de mortalité totale (Z) de l'aiglefin de 3 à 5 ans (ligne noire) et de 6 à 10 ans (ligne rouge) des divisions 4VW, calculés d'après les données du relevé de juillet. Après la fermeture de la pêche en 1993, la mortalité totale (Z) correspond à la mortalité naturelle (M) parce que la mortalité par pêche (F) est près de zéro.*

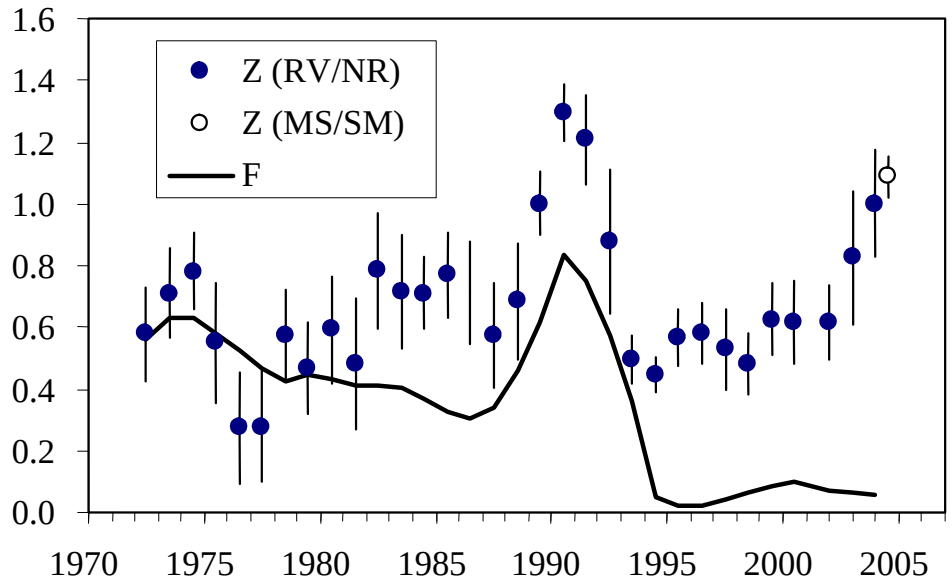



*Figure 5. Mortality of adult cod in the southern Gulf of St. Lawrence. Circles show estimated total mortality (Z) of cod aged 7-11 years based on survey data (RV, September research vessel survey; MS, August mobile-gear sentinel survey). Line shows estimated fishing mortality (F) for ages 7 and older. Z and F are calculated in 4-year blocks and plotted at the middle of each block of years. Vertical lines show the mean ± 2 standard errors.*

*Figure 5. Mortalité des morues adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les cercles montrent l'estimation de la mortalité totale (Z) des morues de 7 à 11 ans fondée sur les données de relevés (NR : relevé de navire de recherche de septembre; SM : relevé par pêche sentinelle aux engins mobiles d'août). La ligne montre l'estimation de la mortalité par pêche (F) pour les morues de 7 ans et plus. La mortalité totale (Z) et la mortalité par pêche sont calculées par blocs de quatre ans, et le tracé passe au milieu de chaque bloc d'années. Les lignes verticales montrent la moyenne ± 2 fois l'erreur-type.*

**Seal Diet Estimation**
Rapporteur: M. Koen-Alonso

There are three basic approaches to the estimation of diet in pinnipeds and other marine mammals. The first is Direct Observation which can rarely be used. The second is Reconstruction from hard parts (e.g., sagittal otoliths) or biochemical tracers (fatty acids, stable isotopes) and the third is Indirect Observation such as animal-borne video systems. Each approach has advantages and disadvantages and given the difficulty in estimating the diets of free-ranging pinnipeds, multiple approaches will often be necessary to obtain reliable estimates.

Considerable experimental work has been done to correct for bias in the use of prey hard parts and for some species the use of fish otoliths may provide reliable estimates of prey consumed. The aim of analysis of prey hard parts is to estimate population diet for a specified region and period. The usual outputs are estimates of the proportion

**Estimation du régime alimentaire des phoques**
Rapporteur : M. Koen-Alonso

Il existe trois approches de base pour estimer le régime alimentaire des pinnipèdes et d'autres mammifères marins : la première est l'observation directe, mais elle peut rarement être utilisée; la deuxième est la reconstitution à partir des parties dures (p. ex. otolithes sagittaux) ou de traceurs biochimiques (acides gras et isotopes stables); la troisième est l'observation indirecte comme les systèmes vidéo installés sur des animaux. Chaque approche présente des avantages et des désavantages et compte tenu de la difficulté de l'estimation des régimes alimentaires des pinnipèdes en liberté, plusieurs approches seront souvent nécessaires pour obtenir des estimations fiables.

Des travaux de recherche considérables ont été effectués pour corriger le biais dans l'utilisation des parties dures des proies. Pour certaines espèces de poissons, l'utilisation des otolithes pourrait fournir des estimations fiables des proies consommées. Le but de l'analyse des parties dures des proies est d'estimer le régime

of each prey species by weight (or energy), estimated prey size distributions, and estimates of the amount of prey consumed. Sample material can come from digestive tracts, including stomachs, or scats. Using scats does not involve disturbance to animals and can result in large samples for some species. The analytical assumptions can be grouped into three categories: that the scats collected are representative of diet; that the recovered hard prey remains are representative of diet; and that hard part measurements are accurate.

alimentaire des populations de phoques pour une région et une période données. Les résultats habituels sont des estimations de la proportion de chaque espèce de proies (en poids ou en énergie), des estimations des distributions des tailles des proies et des estimations de la quantité de proies consommées. Les échantillons peuvent provenir du tube digestif (p. ex. estomac) ou des fèces de phoques. L'utilisation des fèces n'entraîne aucune perturbation des animaux et peut permettre le prélèvement d'un grand nombre d'échantillons pour certaines espèces. Les hypothèses d'analyse peuvent être classées dans trois catégories : les fèces recueillies sont représentatives du régime alimentaire; les parties dures de proies récupérées sont représentatives du régime alimentaire; les mesures des parties dures sont exactes.

The process is essentially to identify and measure hard prey remains (typically mostly fish otoliths), to correct for partial digestion using estimated digestion coefficients, to predict fish weight for each otolith, to sum up weights over species and to correct for complete digestion using estimated recovery rates.

Le processus consiste essentiellement à identifier et à mesurer les parties dures de proies récupérées (principalement des otolithes de poissons), à effectuer des corrections pour la digestion partielle à l'aide de coefficients de digestion estimés, à prédire le poids des poissons à partir de chaque otolithe, à calculer la somme des poids par espèce et à effectuer des corrections pour la digestion complète à l'aide de taux de récupération estimés.

Potential biases to the assumption that scats are representative include: not accounting for seasonal and regional variation in diet; and the potential for over-emphasis on prey taken closer to shore. Potential biases to the assumption that recovered hard prey remains are representative include: all prey may not have measurable hard remains; the part of the prey containing the hard part may not be consumed (e.g., the heads of large fish are not always eaten); the issue of secondary prey; complete digestion of hard parts; and loss of hard parts during processing scats. Potential biases to the assumption that measurements are accurate include: failure to identify all hard parts; and partial digestion of hard parts.

Parmi les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les fèces soient représentatives, il convient de souligner les suivants : le fait qu'elle ne tient pas compte de la variation régionale et saisonnière du régime alimentaire et le risque d'une importance exagérée accordée aux proies capturées près des côtes. Les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les parties dures récupérées soient représentatives comprennent les suivants : les parties dures mesurables ne représentent peut-être pas toutes les proies, les parties des proies qui contiennent des parties dures ne sont peut-être pas consommées par les phoques (p. ex. les phoques ne mangent pas toujours la tête des gros poissons), la question des proies secondaires, la digestion complète des parties dures et la perte de parties dures durant le traitement des fèces. Les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les mesures soient exactes comprennent l'échec de l'identification de toutes les parties dures et la digestion partielle des parties dures.

Attention was drawn to the different time windows that are represented by different diet estimation methods. Information from stomachs represent the previous day or two, scats the previous few days, and fatty acids the previous few weeks or months.

Un participant attire l'attention sur les différentes fenêtres temporelles qui sont représentées par les différentes méthodes d'estimation de régimes alimentaires. Les données sur le contenu stomacal représentent les proies consommées la veille de l'échantillonnage ou les deux jours précédents, les fèces représentent les proies des derniers jours et les acides gras représentent les proies des quelques semaines ou mois précédents.

The digestion experiments on grey seals conducted at the Sea Mammal Research Unit, a Natural Environment Research Council Collaborative Centre located at the University of St. Andrews, UK, were described. Eighteen prey species (cod, haddock, whiting, hake, dab, flounder, plaice, long-rough dab, witch, lemon sole, sandeel, herring, mackerel, Norway pout, poor cod, bullrout, dragonet, squid) were fed in multiple trials to a total of 7 adult female grey seals. The data were used to estimate digestion coefficients to account for partial digestion, recovery rates (number correction factors) to account for complete digestion, and to describe passage times of hard parts through the gut. Estimated digestion coefficients ranged from 1.02 for squid to 1.45 for gadoids and 1.65 for sandeels. Several practical issues were noted: how to deal with species without data, whether to use otolith width or length, and the use of grade-specific measurements to improve precision and to account for digestion rates potentially being different in experiments and in the wild. Estimated recovery rates ranged from 0.94 for squid and gadoids to 0.81 for flatfish to 0.35 for sandeels.

Les expériences de digestion chez le phoque gris qui ont été menées à la Sea Mammal Research Unit (Natural Environment Research Council Collaborative Centre à l'University of St. Andrews au Royaume-Uni) sont décrites. Ces expériences ont compris de multiples essais au cours desquels 18 espèces de proies (morue, aiglefin, merlan, merlu et merluche, plie rouge, flétan, plie, plie canadienne, plie grise, limande sole, lançon, hareng, maquereau, tacaud norvégien, capelan de Méditerranée, *Notesthes robusta,* dragonnet et calmar) ont été fournies à un total de sept phoques gris femelles adultes. Les données ont été utilisées pour estimer les coefficients de digestion afin de tenir compte de la digestion partielle, pour estimer les taux de récupération des otolithes (facteurs de correction des nombres récupérés) afin de tenir compte de la digestion complète et pour décrire les temps de passage des parties dures dans le tube digestif des prédateurs. Les coefficients de digestion estimés s'étendent de 1,02 pour le calmar à 1,45 pour les gadidés et à 1,65 pour les lançons. Plusieurs questions pratiques sont prises en note, notamment celles liées à la gestion des espèces pour lesquelles aucune donnée n'est disponible, à l'utilisation de la largeur ou de la longueur des otolithes et à l'utilisation de mesures propres aux niveaux de digestion pour améliorer la précision et pour tenir compte des taux de digestion potentiellement différents en laboratoire et dans la nature. Les estimations des taux de récupération s'étendent de 0,94 pour le calmar et les gadidés à 0,81 pour le poisson plat et à 0,35 pour les lançons.

A comprehensive way to estimate precision of estimates of diet composition is to combine non-parametric resampling, with replacement, of scats to estimate sampling error and parametric resampling of distributions of estimated quantities (digestion coefficients, otolith size - prey size relationships, recovery rates) to estimate "measurement error". It is important to consider the balance between bias and precision.

Une façon d'estimer la précision des estimations de la composition du régime alimentaire consiste à combiner le rééchantillonnage non paramétrique des fèces, avec remplacement, pour estimer l'erreur d'échantillonnage et le rééchantillonnage paramétrique des distributions des quantités estimées (coefficient de digestion, relations entre la taille des otolithes et la taille des proies et taux de récupération) pour estimer l'« erreur de mesure ». Il est important de tenir

Nevertheless, limitations of hard part analysis have lead to the development of chemical and biochemical methods which do not rely on the recovery of prey hard parts. Prey-specific DNA shows promise, but few studies have been conducted to date. The 2 most widely used chemical methods make use of information contained in stable isotope ratios of carbon and nitrogen and fatty acids. The major disadvantage of isotope ratios is that it is usually not possible to estimate the prey species consumed. Fatty acids are the most abundant constituent of common lipids and dietary fatty acids pass into circulation intact and those of carbon chain-length greater that 14 are often deposited in animal tissue in a predictable way. Fatty acids from blubber and other lipid depots provide a longer-term integration of feeding and thus geographic location of samples less likely to cause bias. Quantitative estimates of the species composition of the diet can be made using QFASA. QFASA has been validated by means of feeding experiments in which known diets are fed to seals and seabirds in captivity. Nevertheless, QFASA, like any method, has limitations. For example, not all species of prey may have distinct signatures and the size of prey consumed usually cannot be determined. Developing a database of prey fatty acids is a large initial investment.

Discussion

Fatty acid signature analysis is a relatively new approach and, therefore, much of the discussion focused on this method. There were a series of questions on how prey signatures may change with changes in fish diet, migration (season), and fish size. To date, evidence is that species signatures are quite distinct, although some species are closer than others, and that differences among species persist with seasonally changes in fish diet. In some species, changes in diet are such to permit different size classes of prey to be determined based on their fatty acids. Another question related to the time integration of new prey into predator fatty acid signatures. Less

compte de l'équilibre entre le biais et la précision.

Néanmoins, les limites de l'analyse des parties dures ont mené à l'élaboration de méthodes chimiques et biochimiques qui ne dépendent pas de la récupération de parties dures des proies. L'utilisation de l'ADN des proies est prometteuse, mais très peu d'études ont porté sur ce sujet jusqu'à maintenant. Les deux méthodes chimiques les plus utilisées comprennent l'utilisation de l'information contenue dans les rapports des isotopes stables de carbone et d'azote ainsi que dans les acides gras. Le principal désavantage des rapports d'isotopes est qu'il est habituellement impossible d'estimer les espèces de proies consommées. Les acides gras sont la composante la plus abondante des lipides communs. En outre, les acides gras alimentaires gagnent le sang sans se dégrader, et les acides gras dont la chaîne compte plus de 14 atomes de carbone se déposent souvent de façon prévisible dans les tissus animaux. Les acides gras du petit lard et d'autres dépôts de lipides donnent une idée de l'alimentation à long terme, ce qui réduit le risque de biais lié au lieu d'échantillonnage. Les estimations quantitatives de la composition en espèces du régime alimentaire peuvent être faites à l'aide de l'analyse quantitative de la signature des acides gras. Cette analyse a été validée au moyen d'expériences d'alimentation au cours desquelles des phoques et des oiseaux marins en captivité sont nourris selon des régimes connus. Néanmoins, cette analyse a ses limites particulières, comme toute autre méthode. Par exemple, toutes les espèces de proies n'ont pas nécessairement une signature distincte et la taille des proies consommées ne peut habituellement pas être déterminée. L'élaboration d'une base de données des acides gras des proies constitue un investissement initial important.

Discussion

L'analyse quantitative de la signature des acides gras est une approche relativement nouvelle et, par conséquent, la majeure partie de la discussion porte sur celle-ci. Une série de questions sont posées sur la façon dont les signatures des proies peuvent varier en fonction de changements dans le régime alimentaire, de la migration (saison) et de la taille des poissons consommés. À ce jour, les données suggèrent que les signatures des espèces se distinguent les unes des autres, mais que certaines espèces se ressemblent plus que d'autres et que les différences intraspécifiques persistent malgré les changements saisonniers dans le régime

is known about this, but captive feeding experiments indicate the new diets show up within a week and may persist in the blubber for several months. This will depend on the food consumption rate by seals and turnover of blubber lipids. More research is needed here. There was some discussion of the ability to determine changes in diet be analyzing different depths of the blubber. So far, evidence indicates that the newest foods are expressed most rapidly in the inner blubber and that the longer seals feed on the same diet, the more homogeneous the blubber becomes. Another concern was the effect of fasting on the fatty acid profile of predators. There may be some changes, particularly in lactation females, but to date the evidence suggests that there is relatively little differential mobilization of fatty acids. The limits on the detectability of prey were also discussed. This is an issue that remains to be explored. It will depend on how distinct a prey species signature is relative to the other prey types eaten. However, it seems clear that rare items in the diet may not be detected from analysis of blubber fatty acids, but other tissues (chylomicrons carried in blood) could identify the components of the last meal. Although we do not have a final answer about detection limit, we do know that a 1-3% average in diet often means that most seals do not eat, say cod, but a few seal eat a fair amount of that prey. Therefore, it appears that few, if any seals, eat the average diet.

alimentaire des poissons. Chez certaines espèces, les changements dans le régime alimentaire sont tels qu'ils permettent de distinguer des classes de taille des proies différentes en fonction de leurs acides gras. Une autre question soulevée porte sur l'intégration temporelle de nouvelles proies dans les signatures des acides gras des prédateurs. Les connaissances à sujet sont moins approfondies, mais les expériences d'alimentation en captivité indiquent que les changements liés à de nouveaux régimes alimentaires deviennent apparents en moins d'une semaine et peuvent persister dans le petit lard pendant plusieurs mois, selon le taux de consommation par les phoques et le renouvellement des lipides dans le petit lard. Plus de recherches sont nécessaires à ce sujet. La capacité de détermination des changements dans le régime alimentaire d'après une analyse à différentes profondeurs du petit lard fait l'objet d'une discussion. Jusqu'à maintenant, les données indiquent que les aliments nouveaux ont un effet plus rapide dans le petit lard interne et que plus les phoques conservent le même régime alimentaire, plus le petit lard devient homogène. L'effet d'un jeûne sur le profil d'acides gras des prédateurs constitue une préoccupation. Il peut y avoir certains changements, particulièrement chez les femelles allaitantes, mais à ce jour les données suggèrent que la mobilisation de chaque acide gras est relativement semblable. Les limites de détection des proies sont également un sujet de discussion et elles n'ont pas encore été étudiées. Elles dépendent de l'ampleur des caractères distinctifs de chaque signature des espèces de proies par rapport aux autres types de proies consommées. Il semble toutefois clair que les éléments rares dans le régime alimentaire peuvent passer inaperçus lors des analyses des acides gras du petit lard, mais d'autres tissus (chylomicrons transportés dans le sang) pourraient permettre d'identifier les composantes du dernier repas. Bien que nous ne possédions aucune réponse finale à propos des limites de détection, nous savons qu'une moyenne de 1 à 3 % dans le régime alimentaire signifie souvent que la plupart des phoques ne mangent pas de proies d'une certaine espèce (p. ex. morue) mais que quelques phoques mangent une bonne quantité de poissons de cette espèce. Par conséquent, il semble que peu de phoques, voire aucun, n'a un régime alimentaire moyen.

QFASA works better if one can restrict the number of possible prey to be detected. So the question of how to select the prey library was

L'analyse quantitative de la signature des acides gras est plus efficace s'il est possible de limiter le nombre de proies possibles à détecter. La

discussed. The analogy to an informative prior in Bayesian analysis was drawn, whereby one attempts to exclude prey that are outside the predators range. but that one does not go too far so as to introduce bias. Given its importance, there also was a discussion about the number of prey species in the prey library. Prey were collected over much of eastern Canada from groundfish research surveys, and more than 60 species and over 3,500 individuals are now contained in the library. Nevertheless, there are species, for example certain squids, that should be in the library but samples have yet to be obtained. There was also some discussion about the effect of high and low fat diet on the ability of QFASA to accurately estimate diet. High and low fat diets might effect calibration coefficients used to account for predator lipid metabolism, but this experiment has not been successfully completed because it is hard to get seals to eat low fat prey.

question relative à la façon de sélectionner la liste des proies fait donc l'objet d'une discussion. L'analogie avec une distribution de probabilité *a priori* informative a été établie, une analogie selon laquelle une personne tente d'exclure les proies à l'extérieur de l'aire de répartition des prédateurs sans aller suffisamment loin pour créer un biais. Compte tenu de son importance, les participants discutent également du nombre d'espèces figurant sur la liste de proies. Les proies ont été recueillies dans une bonne partie de l'est du Canada lors de relevés de recherche sur le poisson de fond, et plus de 60 espèces et 3 500 individus figurent maintenant sur la liste. Certaines espèces, p. ex. certains calmars, devraient figurer sur la liste, mais aucun échantillon n'a encore été obtenu pour celles-ci. Les participants discutent également de l'effet des régimes alimentaires à teneur élevée ou faible en gras sur la capacité de l'analyse quantitative de la signature des acides gras à estimer le régime alimentaire avec exactitude. Les régimes alimentaires à teneur faible ou élevée en gras peuvent avoir un effet sur les coefficients d'étalonnage utilisés pour tenir compte du métabolisme des lipides des prédateurs, mais cette expérience n'a pas été terminée avec succès parce qu'il est difficile de faire en sorte que les phoques mangent des proies faibles en gras.

The discussions then turned to the more general issue of how representative are the samples we collect to estimate population diets and how diets may have changes over time and space. There were concerns that short-term changes in diet seasonally might not be reflected in the samples collected by DFO. Given the broad geographic distribution of seals and the relatively few sites and times when samples are collected, there certainly is room for sampling bias. But how significant such bias might be is unknown. Another point of discussion was the realization that only a very small proportion of seal meals are being sampled, even with fatty acids, and so we are making rather large extrapolation when scaling up our results to the population level.

Les discussions ont ensuite porté sur les questions plus générales de la représentativité des échantillons que nous avons recueillis pour estimer le régime alimentaire de chaque population et des changements spatio-temporels possibles dans chaque régime. Des préoccupations sont soulevées à propos du fait que des changements saisonniers à court terme dans le régime alimentaire pourraient ne pas être mis en évidence dans les échantillons recueillis par le MPO. Compte tenu de la vaste répartition géographique des phoques et du nombre relativement petit de sites et de périodes d'échantillonnage, un biais dans l'échantillonnage est certainement possible. L'importance possible d'un tel biais est toutefois inconnue. Un autre sujet de discussion est la réalisation du fait que seule une petite proportion des repas des phoques sont échantillonnés, même dans le cas de l'analyse des acides gras, et que nous effectuons des extrapolations plutôt grandes lorsque nous mettons les résultats à l'échelle de populations.

## Estimating Seal Prey Consumption

Rapporteur: G. Chouinard

Estimating seal consumption is one component in the analyses of seal–fisheries interactions. However, before impact on commercial fisheries can be evaluated, consumption must be considered within the context of its overall contribution to natural mortality. Estimating consumption requires information on abundance and trends in seal abundance, estimating the total energy needed for seal growth and maintenance, information on seasonal changes in distribution and diet composition, the size-specific selectivity of prey consumed, and finally, an understanding of the functional response of the predator to changes in prey density.

The basic approach is common to several studies, and the level of development of the consumption model depends to some extent on the ultimate objective. For example, an estimate of annual consumption over a large area might only require an estimate of abundance, a simple energetics model, based on allometric relationships, and diet. However, if the aim is to examine consumption at smaller geographical or spatial scales then a more complicated model is needed; one that considers the costs of reproduction, as well as periods in the year when feeding activity is reduced.

Seal population size and trends are determined through a series of surveys. An age-specific population model that incorporates reproduction is often required to divide the population by age and life history requirements (moult, reproduction). Metabolizable energy requirements are converted to total energy intake by taking into account the inefficiencies related to digestion and metabolism. Energy requirements vary with age and reproductive status and the annual cycle of body mass differs between males and females. Seasonal changes in distribution are based largely on the location of tag returns, but more recently this information comes from locations derived from satellite transmitters fitted to seals. Diets and energy density of prey species may also change temporally and spatially. Most studies have used the identification of hard parts

## Estimation de la quantité de proies consommées par les phoques

Rapporteur : G. Chouinard

L'estimation de la quantité de proies consommées par les phoques est une composante des analyses des interactions entre les phoques et les pêches. Toutefois, avant de pouvoir évaluer les répercussions sur les pêches commerciales, il faut considérer la consommation dans le contexte de sa contribution globale à la mortalité naturelle. L'estimation de la quantité de proies consommées nécessite des données sur l'abondance et les tendances de l'abondance des phoques, l'estimation de l'énergie totale nécessaire pour la croissance et le maintien des phoques, des données sur les changements saisonniers dans la répartition et dans la composition du régime alimentaire, la sélectivité selon la taille des proies consommées et, finalement, une compréhension de la réponse fonctionnelle du prédateur aux changements dans la densité des proies.

L'approche de base est commune à plusieurs études, et le niveau de développement du modèle de consommation dépend dans une certaine mesure de l'objectif ultime. Par exemple, une estimation de la quantité de proies consommées annuellement dans une zone étendue pourrait ne nécessiter qu'une estimation de l'abondance, un modèle énergétique simple, fondé sur les relations allométriques, et le régime alimentaire. Cependant, si le but est d'examiner la consommation à de petites échelles spatiales et géographiques, un modèle plus complexe est nécessaire. Ce modèle doit tenir compte des coûts de la reproduction ainsi que des périodes de l'année où l'activité d'alimentation est réduite.

La taille des populations de phoques et les tendances connexes sont déterminées à l'aide d'une série de relevés. Un modèle de population selon l'âge qui tient compte de la reproduction est souvent nécessaire pour diviser la population en fonction des besoins selon l'âge et le cycle vital (mue et reproduction). Les besoins en énergie métabolisable sont convertis en apport énergétique total en tenant compte des inefficacités liées à la digestion et au métabolisme. Les besoins en énergie varient selon l'âge et l'état reproducteur, et le cycle annuel de la masse corporelle diffère entre les mâles et les femelles. Les changements saisonniers de la répartition sont fondés principalement sur les lieux de récupération des marques, mais plus récemment, les données sur la répartition sont transmises par des émetteurs

from faecal or digestive tract samples to estimate diet. More recently, QFASA has also been used to determine diet.

par satellite installés sur des phoques. Le régime alimentaire et l'énergie volumique des espèces de proies peuvent également varier à l'échelle temporelle et spatiale. La plupart des études ont estimé le régime alimentaire des phoques en se fondant sur l'identification des parties dures des proies dans les fèces et dans les échantillons prélevés dans le tube digestif de ces animaux. Plus récemment, l'analyse quantitative de la signature des acides gras a également été utilisée pour déterminer le régime alimentaire.

There is uncertainty associated with estimating all parameters associated with each of the components of the consumption model. Sensitivity analyses have indicated that small changes in the energy relationships and population size have the greatest impact on consumption estimates. However, reliable data on diet composition and distribution are often the most difficult to obtain, and have shown significant variability spatially and temporally.

L'estimation de tous les paramètres liés à chaque composante du modèle de consommation est marquée par l'incertitude. Les analyses de sensibilité indiquent que les petits changements dans les relations énergétiques et la taille des populations ont la plus grande incidence sur les estimations de la quantité de proies consommées. Cependant, des données fiables sur la composition du régime alimentaire et la répartition sont souvent les plus difficiles à obtenir et elles varient beaucoup à l'échelle spatiale et temporelle.

*Harp seal consumption* - Consumption of Atlantic cod by harp seals in the northern Gulf of St. Lawrence (divs. 4RS3Pn) was estimated for the period 1985-2003. Estimates were obtained by combining information on harp seal abundance, energy requirements, diet composition, and the distribution of animals. Consumption of Atlantic cod in 2003 was estimated to be in the order of 27,000 (Standard Deviation [SD] = 6,800) t. Sensitivity analysis indicated that the model was most sensitive to changes in population size, the parameters required to estimate energy requirements, the proportion of seals that enter the Gulf, and the length of winter residency. Assumptions about the proportion of animals that remain throughout the year in the Arctic or southern waters had little impact on the estimates of cod consumption.

*Quantité de morues de l'Atlantique consommées par les phoques du Groenland* – La quantité de morues consommées par les phoques du Groenland dans le nGSL (divisions 4RS3Pn) a été estimée pour la période de 1985 à 2003. Les estimations ont été obtenues en combinant les données sur l'abondance, les besoins en énergie, la composition du régime alimentaire et la répartition des phoques du Groenland. La quantité de morues consommées en 2003 a été estimée à environ 27 000 tonnes (écart-type = 6 800). Une analyse de sensibilité a révélé que le modèle est plus sensible aux variations de la taille des populations, aux paramètres nécessaires pour estimer les besoins en énergie, à la proportion de phoques qui entrent dans le golfe du Saint-Laurent et à la durée du séjour de ceux-ci en hiver. Les hypothèses sur la proportion de phoques qui passent l'année dans l'océan Arctique ou dans les eaux du sud ont eu peu d'incidence sur les estimations de la quantité de morues consommées.

Using the average diet, harp seals in divs. 2J3KL consumed an estimated 893,000 (95% CI 682,000-1,100,000) t of capelin, 186,000 (95% CI: 58,000-457,000) t of Arctic cod and 37,000 (95% CI: 14,000-62,000) t of Atlantic cod in 2000, as well as a number of other prey species. The proportion of cod in nearshore diets varied among years and seasons, with a significant increase in cod present in the 1998 winter diet. Generally, low

D'après le régime alimentaire moyen, les phoques du Groenland des divisions 2J3KL auraient consommé 893 000 t (IC à 95 % : 682 000-1 100 000) de capelan, 186 000 t (IC à 95 % : 58 000-457 000) de morue arctique et 37 000 t (IC à 95 % : 14 000-62 000) de morue de l'Atlantique en 2000, de même qu'un certain nombre d'autres espèces de proies. La proportion de morues dans le régime alimentaire des

levels of cod were present in offshore winter diets, while no cod were present in the summer. Improvements in estimates of consumption could be achieved by further diet sampling in offshore areas and increased information on residency of seals of all ages in the area. However, estimates will likely remain highly variable owing to the strong temporal and spatial variability in diet composition.

*Seal consumption in Norway* - Seven seal species inhabit Norwegian and adjacent waters but given their relatively small numbers, none of these are thought to play ecologically significant roles. Harp seals are the most numerous and ecologically the most important seals in the ecosystem, in particular in the Barents Sea, where they feed opportunistically on relatively few species, mainly capelin, polar cod, herring, krill, and pelagic amphipods. The crustaceans appear to be particularly important during summer and autumn, whereas a switch from crustaceans to fish occurs in winter. The total food consumption by about 2 million Barents Sea harp seals was estimated to be within a range of 2.69-3.96 million t of biomass. A low capelin stock led to a switch in harp seal diet with increased consumption of other fish species, in particular polar cod, other gadoids, and herring. Ecosystem changes may affect marine mammal populations, e.g., through changes in food or habitat availability. The winter/spring harp seal invasions to coastal areas of north Norway in the 1980s may serve as a useful example. Food shortage, particularly of the 3 important prey species, capelin, polar cod, and herring, likely caused the coastal invasions. There may be a simple density-dependent relationship between population size and age at maturity in harp seals (more seals, less food, slower reproduction) – in the Barents Sea population, the mean age at maturity has increased from about 5.5 years in the early 1960s to 8.2 years in the early 1990s.

phoques en milieu côtier a varié selon l'année et la saison et elle a augmenté de façon importante à l'hiver 1998. En général, la proportion de morues dans le régime alimentaire hivernal des phoques en milieu hauturier est faible, et aucune morue n'est consommée à l'été. Il serait possible d'améliorer les estimations de la quantité de proies consommées en échantillonnant davantage d'estomacs de phoques en haute mer et en obtenant plus de données sur les phoques de tous âges qui séjournent en haute mer. Toutefois, ces estimations resteront probablement très variables en raison des fortes variations temporelles et spatiales de la composition du régime alimentaire.

*Quantité de proies consommées par les phoques en Norvège* – Sept espèces de phoques habitent les eaux norvégiennes et adjacentes, mais compte tenu de leur nombre relativement petit, aucune espèce n'est considérée comme jouant un rôle important sur le plan écologique. Les phoques du Groenland sont les plus nombreux et les plus importants du point de vue écologique dans l'écosystème, en particulier dans la mer de Barents, où ils consomment un nombre relativement petit d'espèces de façon opportuniste, comme le capelan, le morue arctique, le hareng, le krill et des amphipodes pélagiques. Les crustacés semblent être une proie particulièrement importante à l'été et à l'automne, tandis que les phoques passent des crustacés aux poissons en hiver. La quantité (biomasse) totale de nourriture consommée par environ deux millions de phoques du Groenland dans la mer de Barents a été estimée entre 2,69 et 3,96 millions de tonnes. Le faible effectif du stock de capelan a fait en sorte que le phoque du Groenland a augmenté sa consommation d'autres espèces de poissons, en particulier le morue arctique, d'autres gadidés et le hareng. Les changements dans l'écosystème peuvent avoir une incidence sur les populations de mammifères marins, p. ex. par le biais de changements de la disponibilité des proies ou de l'habitat. Les invasions hivernales ou printanières de phoques du Groenland dans les zones côtières du nord de la Norvège dans les années 1980 peuvent constituer un exemple utile. Ces invasions ont probablement été causées par la pénurie de nourriture, en particulier des trois espèces de proies importantes (capelan, morue arctique et hareng). Il est possible qu'il y ait une simple relation dépendante de la densité entre la taille de la population et l'âge à maturité des phoques du Groenland (plus les phoques sont nombreux, moins il y a de nourriture et plus la reproduction

*Grey seal consumption on the Scotian Shelf* - The continental shelf ecosystem on the Eastern Scotian Shelf has experienced drastic changes. Once common top-predators are a small fraction of their historical abundance, and much of the current community structure is now dominated by pelagic fishes and invertebrates. Embedded within this food web, populations of the Atlantic cod and grey seal have recently exhibit nearly opposite trends. Since 1984, cod has decreased exponentially at a rate averaging 17% per year, whereas grey seals have continued to increase exponentially at a rate of 12%. The authors re-examined the impact of grey seals on Atlantic cod dynamics with more than 30 years of data on the population trends of cod and grey seals, while incorporating new information on seal diet and seasonal distribution. The closure of the cod fishery over 10 years ago allowed for a better estimation of natural mortality rates. We quantified the impact of seals on Eastern Scotian Shelf cod by: 1) estimating trends in seal and cod abundance, 2) estimating the total energy needed for seal growth and maintenance from an energetics model, 3) using estimates of the percent cod in the total diet derived from QFASA, and of the size-specific selectivity of cod consumed from otoliths collected from faecal samples, and 4) assuming a grey seal functional response. Uncertainties of the model estimates were calculated using the Hessian approximation of the variance-covariance matrix. Between 1993 and 2000, cod comprised, on average, generally less than 5% of a grey seal's diet. Our model shows that, since the closure of the fishery, grey seals have imposed a significant level of instantaneous mortality (0.21) and, along with other unknown sources of natural mortality (0.62), are contributing to the failure of this cod stock to recover.

est lente). Dans la population de la mer de Barents, l'âge moyen à maturité est passé d'environ 5,5 ans au début des années 1960 à 8,2 ans au début des années 1990.

*Quantité de proies consommées par les phoques gris sur le plateau néo-écossais* – L'écosystème du plateau continental dans l'est du plateau néo-écossais a connu des changements importants. On ne retrouve aujourd'hui plus qu'une fraction des prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire qui étaient autrefois très répandus, et la structure des communautés est maintenant largement dominée par les poissons pélagiques et les invertébrés. Au sein de ce réseau alimentaire, les populations de morues de l'Atlantique et de phoques gris suivent récemment des tendances presque contraires. En effet, depuis 1984, les populations de morues ont chuté de façon exponentielle à un taux moyen de 17 % par année, tandis que l'augmentation exponentielle des populations de phoques gris s'est poursuivie à un taux de 12 %. Les auteurs ont examiné à nouveau les répercussions du phoque gris sur la dynamique de la morue avec plus de 30 ans de données sur les tendances des populations des deux espèces, tout en intégrant les nouvelles données sur le régime alimentaire et la répartition saisonnière des phoques. La fermeture de la pêche de la morue il y a plus de dix ans a permis d'obtenir une meilleure estimation des taux de mortalité naturelle. Nous avons quantifié les répercussions des phoques sur la morue de l'est du plateau néo-écossais en effectuant les étapes suivantes : 1) une estimation des tendances de l'abondance du phoque gris et de la morue; 2) une estimation de l'énergie totale nécessaire pour la croissance et le maintien des phoques, d'après un modèle énergétique; 3) l'utilisation des estimations de la proportion de morues dans le régime alimentaire total, déterminée par l'analyse quantitative de la signature des acides gras et l'utilisation des estimations de la sélectivité selon la taille des morues consommées, d'après les otolithes recueillis dans les échantillons de fèces; 4) la supposition d'une réponse fonctionnelle chez les phoques gris. Les incertitudes liées aux estimations du modèle ont été calculées à l'aide de l'approximation hessienne de la matrice de variances-covariances. Entre 1993 et 2000, la morue ne comptait en moyenne que pour moins de 5 % du régime alimentaire du phoque gris. Notre modèle montre que depuis la fermeture de la pêche, le phoque gris est responsable d'un niveau de mortalité instantanée important (0,21). Ce niveau et d'autres sources inconnues de

mortalité naturelle (0,62) contribuent à l'échec du rétablissement de ce stock de morue.

*Grey seal diet around the UK* - Prey consumption of grey seals around the UK was estimated using scat sampling methods, described above, and the amount of prey in the scat samples was converted to energy, equated to estimated energy requirements for the population in the region, converted back to weight, and expressed as tonnes consumed per annum. Scats were collected quarterly throughout 2002 along Britain's North Sea coast and throughout the Hebrides to the west of Scotland. There were notable changes in grey seal diet composition between 1985 and 2002. The core species (sandeels, cod, and other gadoids) were similar in both time periods, but the proportions they contributed were different both regionally and seasonally.

*Régime alimentaire du phoque gris au Royaume-Uni* – La quantité de proies consommées par les phoques gris au Royaume-Uni a été estimée à l'aide des méthodes d'échantillonnage des fèces décrites plus tôt, et la quantité de proies dans les échantillons a été convertie en énergie, comparée aux besoins en énergie estimés pour la population dans la région, puis convertie à nouveau en poids et exprimée en tonnes consommées par année. Les fèces ont été recueillies à chaque trimestre de l'année 2002 le long de la côte britannique donnant sur la mer du Nord et dans la zone des îles Hébrides, à l'ouest de l'Écosse. La composition du régime alimentaire du phoque gris a subi des changements notables entre 1985 et 2002. Les espèces principales (lançons, morue et autres gadidés) étaient semblables lors des deux périodes, mais la proportion de chacune a varié selon les régions et les saisons.

In the North Sea, estimates of annual consumption of commercially important fish prey by grey seals increased between 1985 and 2002, in line with the increase in population size. Estimated prey consumption was less than 1% of estimated stock size for all species in 1985, but several times higher in 2002. In the Hebrides area west of Scotland, estimated annual consumption of prey by grey seals also increased between 1985 and 2002, in line with the increase in the grey seal population in this area. Between 1985 and 2002, there was little change in the consumption of cod and whiting per seal, but marked decreases for saithe, pollock, ling, and sandeel. Consumption per seal of haddock and herring increased threefold. Grey seals continued to consume large quantities of cod and other gadoids west of Scotland despite significant declines in some of the stocks. Estimates of stock size in this area are not robust, but consumption relative to available estimates of stock size was mostly much higher (especially for cod) than in 1985. These changes between 1985 and 2002 are a result of 3 factors: 1) an overall increase in seal numbers, 2) the changes in diet composition, and 3) declines in most commercially harvested fish stocks. Grey seals consumed fish that were estimated to be mostly less than 35 cm in length, but large cod up to about 70 cm (average 35-40 cm) were also taken in the North Sea in both 1985 and 2002 and west of Scotland in 2002; west of Scotland in 1985, they were mostly

Dans la mer du Nord, les estimations de la quantité de poissons d'importance commerciale consommés annuellement par les phoques gris ont augmenté entre 1985 et 2002, ce qui cadre avec l'augmentation de la taille des populations. L'estimation de la quantité de proies consommées était égale à moins de 1 % de la taille estimée des stocks de chaque espèce en 1985, mais elle était plusieurs fois supérieure en 2002. Dans la région des îles Hébrides, l'estimation de la quantité de proies consommées annuellement par les phoques gris a également augmenté entre 1985 et 2002, ce qui cadre avec la hausse de l'effectif de la population de phoques gris dans cette région. Entre 1985 et 2002, la quantité de morues et de merlans consommés par phoque a peu varié, mais la quantité de goberges, de juliennes et de lançons consommés a chuté considérablement. La quantité d'aiglefins et de harengs consommés par phoque a triplé. Les phoques gris ont continué à consommer de grandes quantités de morues et d'autres gadidés à l'ouest de l'Écosse et ce, malgré le déclin important de l'effectif de certains stocks. Les estimations de la taille des stocks dans cette région ne sont pas robustes, mais le rapport entre la quantité de proies consommées et les estimations disponibles de la taille des stocks était en général plus élevé qu'en 1985 (en particulier dans le cas de la morue). Ces changements entre 1985 et 2002 sont le résultat de trois facteurs : 1) une hausse globale du

less than 45 cm.

Discussion

There was some discussion about how spatial and temporal variation was handled in estimating consumption of grey and harp seals. Spatial variation is taken into account by dividing samples into periods of three months; however, samples are not divided spatially because we have relatively little temporal information on the seasonal distribution of prey such as cod. In the southern Gulf, much of the diet data originates from Amet, Miramichi, and Port Hood, which represent important seal distribution areas. There are significant uncertainties in diets for the Magdalen Islands, western Cape Breton, and the area near St. Paul's Island, where there are very few samples. It was noted that cod are aggregated in this area (St. Paul's Island and eastward into the Cabot Strait/Sydney Bight area) from late fall (November) to spring (mid April) and there is some co-occurrence with grey seals, but that many of the stomach samples collected were from areas where there are little cod. However, the stomachs are sampled from areas where the majority of the seals are found. There was a suggestion that it would be useful to overlay the migration patterns of fish with that from the grey seals to determine where potential interactions would occur.

There is evidence that seals have attained their carrying capacity, particularly on the west coast of Scotland and Orkney. Scottish fishermen are concerned about cod predation by seals as on the east coast of Canada. There are poor estimates

nombre de phoques; 2) les changements dans la composition du régime alimentaire; 3) le déclin de la plupart des stocks de poissons ciblés par la pêche commerciale. Les phoques gris auraient consommé principalement des poissons de moins de 35 cm de longueur, mais ils auraient également consommé des morues d'une longueur pouvant atteindre 70 cm environ (moyenne entre 35 et 40 cm) dans la mer du Nord en 1985 et en 2002, ainsi qu'à l'ouest de l'Écosse en 2002. Dans cette dernière région en 1985, la plupart des morues consommées mesuraient moins de 45 cm.

Discussion

La façon dont la variation spatio-temporelle a été prise en considération lors de l'estimation de la quantité de proies consommées par les phoques gris et les phoques du Groenland fait l'objet d'une discussion. La variation spatiale est prise en considération en divisant les échantillons en périodes de trois mois; les échantillons ne sont cependant pas divisés sur le plan spatial puisque nous avons relativement peu de données temporelles sur la répartition saisonnière des proies, comme la morue. Dans le sGSL, une grande partie des données sur les régimes alimentaires proviennent de l'île Amet, de Miramichi, et de Port Hood, trois lieux qui représentent des aires de répartition importantes des phoques. Il existe des incertitudes importantes quant aux régimes alimentaires aux Îles-de-la-Madeleine, dans l'ouest du Cap-Breton et dans la zone près de l'île St. Paul's, où très peu d'échantillons ont été prélevés. Un participant souligne que les morues se rassemblent dans cette zone (île St. Paul's et vers l'est dans la zone du détroit de Cabot et de la baie de Sydney) de la fin de l'automne (novembre) au printemps (mi-avril), que des phoques gris sont parfois observés aux mêmes endroits, mais qu'un grand nombre des échantillons de contenu stomacal ont été recueillis dans des zones où la morue est peu abondante. Les estomacs sont cependant échantillonnés dans les zones fréquentées par la majorité des phoques. Un participant suggère qu'il serait utile de superposer les régimes de migration des poissons à ceux des phoques gris afin de déterminer les lieux d'interaction possibles.

Il y a des preuves que les phoques ont atteint leur capacité de charge, en particulier sur la côte ouest de l'Écosse et aux îles Orcades. Les pêcheurs écossais sont préoccupés par la prédation qu'exercent les phoques sur la morue,

of population size of cod off Scotland and the consumption may be over estimated relative to the size of the population.

comme sur la côte est du Canada. Certaines estimations de la taille de la population de morues au large des côtes écossaises sont mauvaises, et il est possible que la quantité de morues consommées soit surestimée par rapport à la taille de la population.

The factors affecting how seals select their prey are of great interest. There was some discussion of whether seals select for high energy content, favourable prey behaviour, or other factors. Overall, there is little information available on prey selection, but animal-borne video is providing useful data on harbour seals and similar studies on other species, including grey seals, may be valuable. It was noted that seal-fish interactions have evolved over a very long time and the prey undoubtedly have evolved anti-predator behaviour and the seals search strategies to locate prey. In the Barents Sea area, harp seals need to have alternative prey to capelin during periods of low capelin abundance. In years where other foods are not available, harp seals were found to feed on cod, particularly in November and December.

Les facteurs qui ont une incidence sur la façon dont les phoques sélectionnent leurs proies suscitent beaucoup d'intérêt. Les participants discutent de la question visant à déterminer si les phoques sélectionnent des proies à teneur élevée en énergie, qui ont un comportement favorable ou qui présentent d'autres caractéristiques. Dans l'ensemble, il existe très peu de données sur la sélection des proies, mais les systèmes vidéo installés sur les animaux fournissent des données utiles sur les phoques communs, et d'autres études semblables sur d'autres espèces, comme le phoque gris, pourraient également être utiles. Il est souligné que les interactions entre les phoques et les poissons sont les produits d'une longue évolution et que, par conséquent, les proies ont certainement développé un comportement d'évitement des prédateurs, tandis que les phoques ont mis au point des stratégies de localisation de leurs proies. Dans la mer de Barents, les phoques du Groenland doivent se tourner vers une autre proie que le capelan lorsque l'abondance de ce dernier est faible. Les années où d'autres sources de nourriture ne sont pas disponibles, les phoques du Groenland ont exercé une prédation sur la morue, particulièrement en novembre et en décembre.

Another question was whether the metabolic needs of the predator always were met. Most early consumption models assumed that seals always met their energy needs, but increasing predator populations (and/or decreasing prey populations) may experience density-dependence, whereby seal may not satisfy their energy requirements, resulting in increased mortality in predator populations. Life history parameters (such as growth and age at maturity) may be affected – this should be taken into account in model design and development.

Un participant désire savoir si les besoins métaboliques des prédateurs sont toujours satisfaits. La plupart des premiers modèles de consommation supposaient que les phoques arrivaient toujours à satisfaire leurs besoins en énergie, mais les populations de prédateurs à effectif croissant (ou les populations de proies en baisse d'abondance) peuvent subir des effets liés à la densité et les phoques peuvent ne pas satisfaire leurs besoins en énergie, ce qui entraîne une hausse de la mortalité chez les populations de prédateurs. Les paramètres du cycle de vie (comme la croissance et l'âge à maturité) peuvent également être touchés, ce qui devrait être pris en considération dans la conception et l'élaboration de modèles.

Finally, it was recognized that determining the appropriate predator functional response is difficult. Functional responses need to be examined over a wide range of prey densities and this will limit the ability to parameterize functional

Finalement, les participants reconnaissent qu'il est difficile de déterminer la réponse fonctionnelle appropriée pour les prédateurs. Les réponses fonctionnelles doivent être examinées à une vaste gamme de densités des proies, ce qui limitera la

responses when prey population density has not varied much. It was also noted that it is difficult to use parameters from other systems because the prey fields will be different, but they could still serve as the basis for testing model sensitivity.

capacité d'établissement des paramètres des réponses fonctionnelles lorsque la densité des populations de proies varie peu. Un participant note qu'il est difficile d'utiliser les paramètres d'autres systèmes en raison des différences entre les zones de proies, mais ces paramètres pourraient tout de même servir de base pour étudier la sensibilité des modèles.

**Bias and Uncertainty of Data**
Rapporteur: D.P. Swain

**Biais et incertitude des données**
Rapporteur : D.P. Swain

Bias and Uncertainty in Estimates of Gadoid Abundance and Distribution

An overview of cod abundance trends and distribution in Atlantic Canada was presented. Most stocks collapsed in the early 1990s and have not yet recovered. The various stocks also show a number of similarities in terms of distribution. They tend to be distributed on the tops of banks and/or closer to shore in summer and in deeper waters on the slopes of banks in winter. Some stocks (northern cod, the 2 Gulf stocks) undertake large seasonal migrations between winter and summer grounds.

A more detailed presentation was made on southern Gulf of St. Lawrence cod to describe uncertainty in abundance estimates and variability in distribution. There are several fishery-independent indicators of relative abundance for this stock: a DFO research vessel survey conducted each September since 1971, a sentinel otter-trawl survey conducted each August since 2003, a sentinel longline catch rate index since 1995, and other sentinel fishery indices during the period 1995-2002. Coefficients of variation for mean numbers per tow at age in the research vessel survey tend to vary between 10 and 20%. It was noted that the southern Gulf is an unusually well-sampled area. There is little untrawlable bottom, and it is possible to survey almost all of the available habitat, with the survey extending to waters as shallow as 20 m. Also, sampling intensity is higher than for most other surveys. Consequently, the survey provides very consistent indices of relative abundance, tracking year-classes well.

Biais et incertitude des estimations de l'abondance et de la répartition des gadidés

Un aperçu de la répartition et des tendances de l'abondance de la morue au Canada atlantique est présenté. La plupart des stocks se sont effondrés au début des années 1990 et ne se sont toujours pas rétablis. Les divers stocks ont certains points en commun sur le plan de la répartition. Ils ont tendance à être répartis sur le dessus des bancs ou plus près des côtes à l'été et en eaux profondes sur le talus des bancs à l'hiver. Certains stocks (morue du Nord et les deux stocks du golfe) parcourent de vastes distances pour migrer entre leur habitat hivernal et leur habitat estival.

Une présentation plus détaillée est faite sur la morue du sGSL afin de décrire l'incertitude des estimations de l'abondance et la variabilité de la répartition. Il existe plusieurs indices de l'abondance relative de ce stock qui sont indépendants de la pêche : un relevé de navire de recherche du MPO mené en septembre depuis 1971; un relevé par pêche sentinelle au chalut à panneaux effectué en août depuis 2003; un indice du taux de capture à la palangre (pêche sentinelle) depuis 1995; d'autres indices de la pêche sentinelle durant la période de 1995 à 2002. Les coefficients de variation pour les nombres moyens par trait selon l'âge dans le cadre du relevé de navire de recherche ont tendance à varier entre 10 et 20 %. Il est souligné que le sGSL est une zone exceptionnellement bien échantillonnée. Le fond compte très peu de zones non chalutables, et il est possible d'effectuer un relevé de presque tout l'habitat disponible à des profondeurs aussi petites que 20 m. De plus, l'intensité d'échantillonnage est plus grande que pour la plupart des autres relevés. Par conséquent, le relevé fournit des indices très cohérents de l'abondance relative et il permet de bien suivre les classes d'âge.

Absolute abundance and biomass can be estimated using a population model. Coefficients of variation of estimated abundance at age from these models also tends to vary between 10 and 20% for this stock. However, uncertainty is underestimated for these population models (e.g., the catch at age is assumed to be known without error). For this stock, there is no retrospective pattern in these estimates. (A retrospective pattern is a tendency for past assessments to consistently over- or underestimate abundance relative to the current assessment.) However, in current models, there does seem to be some positive bias in the estimates for older ages (12-14 years) relative to the survey, though these old fish make only a small contribution to total population biomass.

L'abondance absolue et la biomasse peuvent être estimées à l'aide d'un modèle de population. Les coefficients de variation des estimations de l'abondance selon l'âge obtenues à l'aide de modèles de population ont tendance à varier entre 10 et 20 % pour ce stock. Cependant, l'incertitude est sous-estimée pour ces modèles de population (p. ex. on suppose que les captures selon l'âge sont connues avec certitude). Pour ce stock, il n'existe pas de profils rétrospectifs relatifs à ces estimations. (Un profil rétrospectif est une tendance à la surestimation ou à la sous-estimation de l'abondance relative dans le cadre des évaluations antérieures, par rapport à la dernière évaluation.) Toutefois, dans les modèles courants, il semble exister un biais positif dans les estimations pour poissons âgés (de 12 à 14 ans) par rapport au relevé, mais ces poissons âgés ne comptent que pour une petite partie de la biomasse totale de la population.

The southern Gulf stock undertakes extensive seasonal migrations between summer feeding grounds on the Magdalen Shallows and overwintering grounds in the Sydney Bight. Information on migrations and seasonal distribution is available from fishery logbook data, the September research vessel surveys (annually since 1971), August sentinel trawl surveys (annually since 2003), January surveys in 1994-1997, and seasonal surveys in 1986-1987 on the eastern Shallows and 1989-1991 on the western Shallows.

Le stock du sGSL parcourt de vastes distances pour migrer entre les lieux d'alimentation en été, sur le plateau madelinien, et les lieux d'hivernage, dans la baie de Sydney. Des données sur les migrations et la répartition saisonnière peuvent être tirées des journaux de bord, des relevés de navire de recherche de septembre (chaque année depuis 1971), des relevés par pêche sentinelle au chalut d'août (chaque année depuis 2003), des relevés de janvier de 1994 à 1997, et des relevés saisonniers en 1986-1987 dans l'est du plateau madelinien et de 1989 à 1991 dans l'ouest du plateau madelinien.

There are 2 main migration routes between the summer and winter grounds; a northerly route along the Laurentian Channel and an historically more important southern route through the Cape Breton Trough. Some fish harvesters have reported that fewer fish appear to be using the route along the west coast of Cape Breton in recent years and have suggested that this change may be to avoid seals. An alternate hypothesis is that there has been differential exploitation of the 2 groups, with the fishery removing a higher proportion of the fish taking the southern route. The migration onto the Magdalen Shallows starts in April and is delayed in years of late ice-out. By June, the stock has migrated to western regions of the southern Gulf, off the Gaspé Peninsula, northern New Brunswick, and northwestern Prince Edward Island. The return migration into the Sidney Bight (Subdiv. 4Vn) occurs in the autumn. The timing of this migration has shifted to earlier dates in recent years; migration into Subdiv. 4Vn was in early December in the 1970s, but is now in

Il existe deux voies de migration principales entre les habitats estival et hivernal : une voie vers le nord le long du chenal Laurentien et une voie sud, historiquement plus importante, qui passe par la cuvette du Cap-Breton. Certains pêcheurs ont signalé que moins de poissons semblent emprunter la voie le long de la côte ouest de l'île du Cap-Breton depuis quelques années, et ils ont suggéré que ce changement pourrait permettre aux poissons d'éviter les phoques. Une autre hypothèse veut que les deux groupes de poissons aient fait l'objet d'un effort d'exploitation différent, la pêche capturant un plus grand nombre de poissons qui empruntent la voie sud. La migration sur le plateau madelinien débute en avril et est retardée lorsque la glace prend plus de temps à fondre. En juin, le stock a gagné l'ouest du sGSL ainsi que les zones au large de la péninsule gaspésienne, dans le nord du Nouveau-Brunswick et dans le nord-ouest de l'Île-du-Prince-Édouard. La migration de retour dans la baie de Sydney (sous-division 4Vn) a lieu

late October-early November.

à l'automne. Cette migration a débuté plus tôt au cours des dernières années; la migration dans la sous-division 4Vn avait lieu au début du mois de décembre dans les années 1970, et elle a maintenant lieu à la fin octobre ou au début de novembre.

Bias and Uncertainty in Estimates of Gadoid Mortality Estimates

The presentation and discussion on this topic focused on model-based estimates as opposed to direct estimates of mortality based on survey catch rates. Three sources of uncertainty were identified: 1) measurement uncertainty, error in the observation process (e.g., survey catch rates as indices of population abundance or biomass), 2) process uncertainty, error in the population dynamics processes that determine population state, and 3) model uncertainty, the divergence between different plausible models. In an example from divs. 4VsW cod, these 3 uncertainties were estimated and found to be of approximately the same magnitude. Using the cod example, estimation bias was derived from bootstrapping and was smaller than the measurement uncertainty. It was concluded that uncertainty and bias were inadequately addressed in both single species and multispecies models.

Biais et incertitude des estimations de la mortalité des gadidés

La présentation et la discussion sur ce sujet sont axées principalement sur les estimations de modèles plutôt que sur les estimations directes de la mortalité fondées sur les taux de capture lors des relevés. Trois sources d'incertitude sont identifiées : 1) l'incertitude des mesures et les erreurs dans le cadre du processus d'observation (p. ex. les taux de capture lors des relevés en tant qu'indices de l'abondance ou de la biomasse des populations); 2) l'incertitude des processus et l'erreur dans les processus de dynamique des populations qui déterminent l'état des populations; 3) l'incertitude des modèles et les différences entre les modèles plausibles. Dans un exemple relatif à la morue des divisions 4VsW, ces trois sources d'incertitude ont été estimées, et leur ampleur a été jugée à peu près semblable. L'exemple de la morue a été utilisé pour obtenir le biais de l'estimation à l'aide de la méthode bootstrap, et ce biais était plus petit que l'incertitude des mesures. Cela a permis de conclure que l'incertitude et le biais n'ont pas bien été pris en considération dans les modèles monospécifiques et plurispécifiques.

Bias and Uncertainty in Seal Consumption Estimates

It was repeated that uncertainty is very often underestimated – this should be taken into account in all aspects of consumption estimates, from the estimations of abundance via diet determinations to the energetics involved in the consumption estimates.

Some biases in the use of hard parts to document diets were examined in an experiment where presence of prey in harp seal stomachs were documented by simultaneous recovery of hard parts and DNA analyses of stomach contents. The analyses confirmed that hard part recoveries would under-represent the contribution of capelin and Arctic/polar cod, whereas Atlantic cod were overestimated. There were no occasions where cod were detected in the stomach using DNA alone (no belly-biting?), but there were several

Biais et incertitude des estimations de la quantité de proies consommées par les phoques

Un participant répète que l'incertitude est très souvent sous-estimée. Ce fait devrait être pris en considération dans tous les aspects des estimations de la quantité de proies consommées, des estimations de l'abondance fondées sur l'analyse du régime alimentaire aux aspects relatifs à l'énergie.

Certains biais de l'utilisation des parties dures pour obtenir des renseignements sur les régimes alimentaires ont été examinés dans le cadre d'une expérience où la présence de proies dans les estomacs de phoques du Groenland a été analysée à l'aide de deux méthodes simultanées : la récupération des parties dures et des analyses de l'ADN dans les contenus stomacaux. Les analyses ont confirmé que les parties dures récupérées entraînent une sous-estimation de la contribution du capelan et du morue arctique et

samples with cod otoliths but no signs of cod in the DNA analyses. From this small sample (n=31), belly-biting would not appear to be important.

une surestimation de la contribution de la morue de l'Atlantique. En aucune occasion l'analyse d'ADN à elle seule n'a permis de détecter la présence de morue dans les estomacs de phoques (aucune morsure ventrale?), même dans le cas des échantillons contenant des otolithes de morue. D'après ce petit échantillon (n = 31), les cas de morsure ventrale ne semblent pas fréquents.

It was suggested that belly-biting would often result in a meal dominated by liver. If liver is more quickly digested than other prey items/parts, it might be difficult to document such feeding, even with DNA analyses. However, the frequency of belly-biting occurring was questioned. How big is this problem in reality? The grey seal cod belly-biting question in Canada was compared with a similar grey seal – salmon conflict in the UK and suggested that the phenomenon was probably not frequent enough to be regarded a seal consumption problem, but it could certainly be a local problem for fisheries.

Il est suggéré que les morsures ventrales donneraient souvent lieu à des repas dominés par du foie. Si le foie est digéré plus rapidement que les autres parties des proies, il pourrait être difficile d'identifier les cas d'alimentation par morsure ventrale et ce, même avec les analyses d'ADN. Cependant, la fréquence des cas de morsure ventrale est mise en question. Quelle est l'ampleur réelle de ce problème? La question des phoques qui mordent le ventre de morues au Canada est comparée à un problème semblable entre le phoque gris et le saumon au Royaume-Uni, et il est suggéré que le phénomène n'est probablement pas assez fréquent pour être considéré comme un problème lié à l'alimentation des phoques, mais qu'il pourrait certainement être considéré comme un problème local dans le contexte des pêches.

The DNA analysis approach had been tested also for scats and works well even if the scats were old and sunburned. Conflicting results between hard parts and DNA among sea lions might occur on the individual scat level, whereas comparison of the two methods using many integrated scats gave much more comparable results.

L'approche axée sur l'analyse d'ADN a également été mise à l'essai pour les échantillons de fèces et elle donne de bons résultats même si les fèces sont vieilles ou brûlées par le soleil. Pour chaque échantillon de fèces de phoques, il est possible d'obtenir des résultats contradictoires entre les analyses des parties dures et d'ADN. Toutefois, la comparaison des deux méthodes à l'aide de nombreux échantillons intégrés donnent des résultats beaucoup plus comparables.

Hard part recoveries have also been compared with stable isotope analyses in harp seals. There was good fit between the two methods when contents were taken from stomachs and small intestines. The fit was, however, much less good when the content came from the large intestines (which is also comparable with scats); however, this may have been affected by the diet which had a lot of invertebrates.

L'analyse des parties dures récupérées a également été comparée aux analyses des isotopes stables dans le cas des phoques du Groenland. L'adéquation entre ces deux méthodes était bonne dans le cas des échantillons prélevés dans l'estomac et le petit intestin. L'adéquation était cependant moins bonne dans le cas des échantillons prélevés dans le gros intestin (comparable aux fèces); toutefois, ce résultat peut être dû au fait que le régime alimentaire comprenait beaucoup d'invertébrés.

A question was raised as to how secondary prey would affect diet estimations, and if the problem would come out different in the different methods used. The response was that this was not a large problem, in particular not for seal species taking

Un participant se demande quel est l'effet des proies secondaires sur les estimations du régime alimentaire et si le problème se présenterait de façon différente selon la méthode utilisée. On lui répond qu'il ne s'agit pas d'un problème

primarily small fish specimens as their prey. Although grey seals may take larger fish than harp seals, the secondary prey problem is probably minor for both species.

In his presentation, Hammond had documented good procedures for handling the effect of digestion on hard parts in scats from grey seals. Presumably these procedures would work well for samples from large intestines as well. But it was argued that comparable procedures were still unavailable for the treatment of stomach contents where items in various states of digestion might occur together. It was added that ageing of otoliths from digestive tracts or scats was very difficult and usually gave wrong (too low age) results.

**Statistical Analysis and Modeling**
Rapporteurs: U. Lindstrøm, J. Link, S. Brault, and D. Duplisea

Several studies aimed to address questions regarding the impact of seals on fish stocks were presented. Some of these studies focused specifically on predation impacts, while others attempted a more holistic assessment of the role of seals within their ecosystem. As a general rule of thumb, more focused modeling and statistical analysis often included greater biological details in the interactions studied, but summarized the remaining ecosystem effects in few (often constant) parameters. On the other side, more holistic representations typically tried to produce a more balanced representation of a higher number of ecosystem components, but typically at the expense of intra-population details and/or mass-balance assumptions. It was clear during the session that these different approaches are essentially complementary. There were no attempts to directly compare methodological approaches; discussions were focused on the best use of the data at hand and the validity of the approach given the data. Although most presentations were focused on a single ecosystem and using one of the many possible approaches, overlap occurred for the Eastern Scotian Shelf (Trzcinski, Koen-Alonso, Bundy) and Newfoundland (Koen-Alonso, Bundy). A short summary of each presentation is presented

important, en particulier pour les espèces de phoques qui se nourrissent principalement de petits poissons. Bien que les phoques gris puissent capturer des proies plus grosses que les phoques du Groenland, le problème des proies secondaires est probablement mineur pour les deux espèces.

Dans sa présentation, P. Hammond décrit de bonnes procédures pour tenir compte de l'effet de la digestion sur les parties dures dans les fèces des phoques gris. On peut supposer que ces procédures seraient également efficaces pour les échantillons prélevés dans le gros intestin. Certains soutiennent toutefois qu'il n'existe toujours pas de procédures comparables pour le traitement des contenus stomacaux, où les différents éléments d'un même échantillon peuvent être dans différents états de digestion. Un participant ajoute que la détermination de l'âge des otolithes récupérés dans les échantillons de contenus stomacaux ou de fèces est très difficile et donne habituellement de mauvais résultats (âge trop bas).

**Analyse statistique et modélisation**
Rapporteurs: U. Lindstrøm, J. Link, S. Brault et D. Duplisea

Plusieurs études visant à répondre aux questions sur les répercussions des phoques sur les stocks de poissons sont présentées. Certaines de ces études ont porté précisément sur les effets de la prédation, tandis que d'autres ont tenté d'effectuer une évaluation plus holistique du rôle des phoques dans leur écosystème. En règle générale, les analyses statistiques et les modèles plus précis comprenaient souvent plus de détails biologiques sur les interactions étudiées, mais ils résumaient le reste des effets écosystémiques au moyen de quelques paramètres seulement (souvent constants). À l'opposé, les représentations plus holistiques visaient habituellement la production d'une représentation plus équilibrée d'un plus grand nombre de composantes de l'écosystème, mais habituellement au détriment de détails intra-populations ou d'hypothèses sur le bilan massique. Il est ressorti clairement de la discussion que ces différentes approches sont essentiellement complémentaires. Personne n'a tenté de comparer directement les approches méthodologiques; les discussions portent sur la meilleure utilisation des données disponibles et sur la validité de l'approche en fonction des données. Bien que la plupart des présentations portent sur un seul écosystème et sur l'utilisation

followed by highlights of the discussion.

d'une approche possible parmi plusieurs, il y a des chevauchements pour l'est du plateau néo-écossais (Trzcinski, Koen-Alonso et Bundy) et pour Terre-Neuve (Koen-Alonso, Bundy). Un bref résumé de chaque présentation et les points saillants des discussions liées à chacune sont présentés ci-après.

Correlational Estimates of Seal Mortality

This paper presented estimates of cod natural mortality from a virtual population analysis (VPA). It was concluded that the natural mortality of cod has increased since the 1980s. This increase correlates with the increase in seal abundance in both the Gulf of St. Lawrence and Sable Island grey seal populations, which is suggestive of a functional relationship. The study concludes that the trend in natural mortality of adult cod corresponds well with the abundance grey seals. This is, however, not consistent with diet studies suggesting grey seal mainly feed on juvenile cod.

An alternative approach for examining the relationship between fish mortality and seal abundance is to fit a population model in which natural mortality is modeled as a function of seal abundance. An example was presented in which the natural mortality of adult winter skate in the southern Gulf was modeled as a linear function of grey seal abundance. The population model was a stage-structured model fit to abundance indices for juvenile and adult winter skate using a Bayesian approach. Results suggested a correspondence between grey seal abundance and the natural mortality rate of adult winter skate.

*Discussion*

There was a question if temperature and ice had been used as covariates in the estimation of grey seal abundance. At this point this has not been done. It was suggested that the Sable Island population of grey seals feeding in the southern Gulf also be included in the analysis. Using satellite data, the proportion of the Sable Island population of grey seals feeding in the Gulf could

Estimations corrélationnelles de la mortalité chez les phoques

Ce document présente des estimations de la mortalité naturelle de la morue d'après une analyse de population virtuelle (APV). L'étude a permis de conclure que la mortalité naturelle de la morue a augmenté depuis les années 1980. Cette augmentation est corrélée à la hausse de l'abondance des populations de phoques gris dans le golfe du Saint-Laurent et dans la région de l'île de Sable, ce qui suggère l'existence d'une relation fonctionnelle. Les responsables de l'étude ont conclu que la tendance de la mortalité naturelle des morues adultes cadre bien avec l'abondance des phoques gris. Ce résultat ne cadre toutefois pas avec les études du régime alimentaire, qui suggèrent que les phoques gris se nourrissent principalement de morues juvéniles.

Une autre approche pour l'examen de la relation entre la mortalité des poissons et l'abondance des phoques consiste à ajuster un modèle de population dans le cadre duquel la mortalité naturelle est modélisée comme une fonction de l'abondance des phoques. Le document contient un exemple où la mortalité naturelle des raies tachetées adultes dans le sGSL a été modélisée comme une fonction linéaire de l'abondance des phoques gris. Le modèle de population était un modèle structuré par stade et ajusté en fonction des indices d'abondance pour les raies tachetés adultes et juvéniles à l'aide d'une approche bayésienne. Les résultats suggèrent une correspondance entre l'abondance des phoques gris et le taux de mortalité naturelle des raies tachetées adultes.

*Discussion*

Un participant pose une question afin de savoir si la température et la glace ont été utilisées comme covariantes dans l'estimation de l'abondance des phoques gris. Cela n'a pas été le cas jusqu'à maintenant. Il est suggéré que la population de phoques gris de l'île de Sable qui s'alimente dans le sGSL soit également incluse dans l'analyse. La proportion de cette population qui s'alimente dans

be estimated and incorporated.

le golfe pourrait être estimée et intégrée à l'aide de données satellites.

Harp Seal Diet in Newfoundland, Multinominal Regression Approach

Régime alimentaire du phoque du Groenland à Terre-Neuve, selon une approche de régression multinomiale

This presentation used a multinomial regression approach to achieve two goals. On one side, it evaluated the significance of different factors (sex, age class, year, etc.) in determining the diet composition of harp seals. On the other side, it proposed a new method to estimate diet composition by weight, using the probabilities estimated with the multinomial regressions in combination with information on mean weights in the stomachs. The multinominal regression approach to estimate diet composition by weight fit the data very well. Only using the dominant prey species in the analysis was enough to reconstruct harp seals diets by using age, year, season, zone, and area as covariates.

Cette présentation porte sur l'utilisation d'une approche de régression multinomiale pour atteindre deux objectifs : l'évaluation de l'importance de différents facteurs (sexe, classe d'âge, année, etc.) dans la détermination de la composition du régime alimentaire du phoque du Groenland, et la proposition d'une nouvelle méthode d'estimation de la composition en poids du régime alimentaire fondée sur l'utilisation de probabilités estimées à l'aide de régressions multinomiales en combinaison avec des données sur les poids moyens dans les estomacs. L'approche de régression multinomiale pour estimer la composition en poids du régime alimentaire s'ajuste très bien aux données. L'utilisation des espèces de proies dominantes seulement a suffi pour reconstituer le régime alimentaire du phoque du Groenland à l'aide des covariantes suivantes : l'âge, l'année, la saison, la zone et la région.

*Discussion*

*Discussion*

There was a request to see plots of diet composition and prey abundance through time, but this is not possible since there are no prey abundance data from the study area. If these data were available, there would have been an attempt to estimate the functional response of harp seals. It was also noted that it will be important to estimate the predation rates on non-commercially important prey, because low predation on small fish stocks may have important impacts on the population dynamics of these stocks. It was noted that the biomass of non-commercially important prey is not underestimated by the model as long as the sample size is large. There was a comment that there may be a problem with these methods when the seals have a preference for a particular prey. To the question if the authors had compared the uncertainty of their estimates with the uncertainty of traditional estimates, it was stated that they were tighter than the original methods.

Un participant demande à voir des courbes de la composition du régime alimentaire et de l'abondance des proies au fil du temps, mais cela est impossible puisqu'il n'existe aucune donnée sur l'abondance des proies dans la zone d'étude. Si ces données étaient disponibles, on aurait tenté d'estimer la réponse fonctionnelle des phoques du Groenland. Il est souligné qu'il sera important d'estimer les taux de prédation exercée sur les proies sans importance commerciale puisqu'une faible prédation sur les stocks de petits poissons peut avoir des répercussions importantes sur la dynamique des populations de ces stocks. Un participant mentionne que le modèle ne sous-estime pas la biomasse des proies sans importance commerciale tant que la taille de l'échantillon est grande. Un commentaire est formulé selon lequel il pourrait exister un problème avec ces méthodes lorsque les phoques ont une préférence pour une certaine proie. A la question visant à savoir si les auteurs ont comparé l'incertitude de leurs estimations à l'incertitude des estimations traditionnelles, un participant répond que les estimations des auteurs sont plus uniformes que celles obtenues à l'aide des méthodes traditionnelles.

Uncertainty in Estimates of Grey Seal Consumption: What Would it Take to Explain Elevated Natural Mortality in Southern Gulf of St. Lawrence Cod?

This presentation described a Monte-Carlo simulation study aimed to estimate the diet composition of seals that would be required to explain the observed high *M* in southern Gulf of St. Lawrence cod. These simulations considered 3 predation scenarios: 1) seals eat cod exactly as the stomach content analysis indicates (i.e., estimation from hard parts), 2) seals eat cod in proportion to their availability in the environment, and 3) seals eat whole cod according to the stomach content analysis and selectively eat on bellies of remaining cod.

The conclusion of the presentation was that if seals only eat whole cod, it is very unlikely that their predation alone can explain the high *M*, even if predation is not limited to the sizes of cod inferred from otoliths recovered from stomachs. However, if seals do consume larger fish by belly-biting, there is a high probability that their predation on cod could explain *M*. Levels of whole-cod predation in those simulations were comparable to those observed in the field. The prevalence of belly-biting is unknown, however.

*Discussion*

There was an active discussion about the real possibility of belly-biting and the chances that the stomach content sampling scheme may not be capturing the areas and times where seals may be feeding on cod with high intensity. Although marine mammalogists tended to perceive belly-biting as a non-significant issue at the population scale, fish biologists tended to perceive seals as a more significant player in explaining the high *M* in cod. It was suggested that if belly-biting was a commonly occurring phenomenon, it could be expected that some fish would escape from the attacks and, hence, fish with scars should be observed with some frequency. It was questioned whether fish scarring has been observed in the

Incertitude des estimations de la quantité de proies consommées par les phoques gris : Qu'est-ce que ça prend pour expliquer la mortalité naturelle élevée de la morue dans le sud du golfe du Saint-Laurent?

Cette présentation décrit une simulation de Monte Carlo visant à estimer la composition du régime alimentaire des phoques qui serait nécessaire pour expliquer la mortalité naturelle élevée chez la morue du sGSL. Ces simulations ont tenu compte de trois scénarios de prédation : 1) les phoques mangent des morues exactement comme l'indique l'analyse des contenus stomacaux (c.-à-d. l'estimation fondée sur les parties dures récupérées); 2) les phoques mangent des morues en fonction de la disponibilité de celles-ci dans le milieu; 3) les phoques se nourrissent de morues entières, d'après l'analyse des contenus stomacaux, et ils mangent le ventre d'autres morues de façon sélective.

La conclusion de la présentation est que si les phoques mangent seulement des morues entières, il est très peu probable que la prédation qu'ils exercent explique à elle seule la mortalité naturelle élevée et ce, même si la prédation n'est pas limitée aux tailles de morues déduites à partir des otolithes récupérés dans les estomacs de phoques. Cependant, si les phoques consomment des poissons de grande taille en leur mordant le ventre, il est fort probable que la prédation qu'ils exercent puisse expliquer la mortalité naturelle de la morue. Les niveaux de consommation de morues entières envisagés dans ces simulations sont comparables à ceux observés en milieu naturel. La prévalence des morsures ventrales est toutefois inconnue.

*Discussion*

Une discussion animée a lieu sur la possibilité réelle de morsures ventrales et sur les chances que le plan d'échantillonnage des contenus stomacaux ne permette pas d'obtenir des données sur les zones et d'établir les périodes où les phoques exercent une prédation forte sur les morues. Bien que les spécialistes des mammifères marins aient tendance à juger les morsures ventrales comme un problème non important à l'échelle des populations, les ichtyologistes ont tendance à considérer que les phoques jouent un rôle important dans l'explication de la mortalité naturelle élevée chez la morue. Il est suggéré que si les morsures ventrales constituent un phénomène courant, on

field. If not, perhaps predation by grey seals is not a big issue. Such scarring has seldom been observed. This discussion remains open, but it was concluded that more focused sampling of stomach contents in those areas and periods where the potential high predation by seal on cod may occur could shed some light on this issue. It was also discussed whether using DNA techniques (see diet analysis presentations), in combination with QFASA, could also contribute to settling this question.

pourrait s'attendre à ce que certains poissons réussissent à éviter ces attaques et que, par conséquent, on devrait parfois observer des poissons avec des cicatrices. Les participants se demandent si des poissons avec des cicatrices ont été observés dans le milieu naturel. Si non, la prédation par les phoques gris ne constitue peut-être pas un problème important. De telles cicatrices ont rarement été observées. Cette discussion demeure ouverte, mais les participants concluent qu'un échantillonnage mieux ciblé du contenu stomacal des phoques dans les zones et aux périodes où les phoques pourraient exercer une prédation forte sur les morues pourrait faire la lumière sur cette question. Les participants tentent également de déterminer si l'utilisation de techniques d'analyses de l'ADN (voir les présentations sur l'analyse du régime alimentaire), en combinaison avec l'analyse quantitative de la signature des acides gras, pourrait également contribuer à répondre à cette question.

Possible Causes of Changes in Species Composition of the Fish Community in the Southern Gulf of St. Lawrence, 1971-2005

This study used a multivariate statistical technique, distance-based redundancy analysis, to relate similarities in species trends with similarities based on ecological traits of the species. Four hypotheses for changes in species composition were examined: 1) direct effects of fishing, 2) changes in climate, 3) top-down effects of grey seal predation, and 4) bottom-up effects due to changes in prey abundance. The results of this analysis clearly shows that the southern Gulf of St. Lawrence fish community changed rapidly during the 1990s, from one dominated by temperate and boreal species captured by fisheries at medium to high rates and eaten by grey seals, to one dominated by Arctic and sub-Arctic species not captured by fisheries nor eaten by grey seals. This supported the first 3 hypotheses indicated above.

Causes possibles des changements dans la composition en espèces de la communauté de poissons dans le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1971 et 2005

Cette étude est fondée sur une technique statistique à plusieurs variables, une analyse de redondance axée sur la distance, pour établir des liens entre les similitudes des tendances spécifiques et les similitudes basées sur les caractéristiques écologiques des espèces. Quatre hypothèses sur les changements dans la composition en espèces ont été examinées : 1) les effets directs de la pêche; 2) les changements climatiques; 3) les effets descendants de la prédation exercée par les phoques gris; 4) les effets ascendants dus aux changements dans l'abondance des proies. Les résultats de cette analyse montrent clairement que la communauté de poissons du sGSL a changé rapidement durant les années 1990, passant d'une communauté dominée par des espèces tempérées et boréales ciblées par un effort de pêche moyen à élevé et par les phoques gris à une communauté dominée par des espèces arctiques et subarctiques non ciblées par la pêche ni mangées par les phoques gris. Ce résultat appuie les trois premières hypothèses susmentionnées.

*Discussion*

There was a comment that there is something going on between the grey seals and groundfish

*Discussion*

Un participant formule un commentaire selon lequel il se passe quelque chose entre les

in the southern Gulf of St. Lawrence; the evidence for a strong negative correlation between groundfish and grey seals is compelling. The decline of groundfish and the increase in natural mortality could be caused by consumption, or perhaps disease. One participant suggested including predation from harp seals and other potential piscivorous predators to get more realistic consumption estimates of cod. Another asked how the index of predation by large fish on small fish was derived. One of the authors replied that it was derived from allometric relationships.

phoques gris et le poisson de fond dans le sGSL; les données montrant une corrélation négative forte entre les poissons de fond et les phoques gris sont convaincantes. Le déclin du poisson de fond et la hausse de la mortalité naturelle pourraient être le résultat de la prédation exercée par les phoques ou de maladies. Un participant suggère d'inclure la prédation exercée par les phoques du Groenland et d'autres prédateurs piscivores potentiels pour obtenir des estimations plus réalistes de la quantité de morues consommées. Un autre participant demande comment a été calculé l'indice de prédation des petits poissons par les poissons de grande taille. Un des auteurs répond que cet indice est dérivé de relations allométriques.

Single Predator Prey Models

This presentation focused on a predator-prey model of grey seals eating cod on the Eastern Scotian Shelf (divs. 4VsW). Grey seals have been increasing as the abundance of cod has declined; however, other aspects of this system have changed too. Particular attention was put to ensure data of decent quality and resolution as input into the model (abundance, diet composition, etc.). Distribution of grey seals is centred on Sable Island, although it has a strong seasonal component. Per capita consumption was estimated using a reasonable/standard energetic approach similar to Mohn and Bowen (1996). Cod abundance was estimated from SCAA model (2003 estimate 6,500 t of spawning stock biomass). The model estimated that grey seals consumed 231,000 mt in 2003, 1.4 mt/female and 1.6 t/male. Using a constant proportion of cod in diet (2.3%) gives 5,400 t of cod eaten in 2003. A length frequency of cod consumed was calculated using otoliths collected from scat. A model with at type II functional response gives 2,900 t of cod eaten in 2003. Impact was estimated as the ratio of natural mortality due to seal predation to that of that of total mortality. Mortality due to seal consumption was estimated as 0.31, approximately one-third of total *M*.

Modèle des relations prédateurs-proies

Cette présentation porte sur un modèle des relations entre les phoques gris et les morues dans l'est du plateau néo-écossais (divisions 4VsW). L'abondance des phoques gris a augmenté, tandis que celle des morues a baissé; toutefois, d'autres aspects de ce système ont également changé. Une attention particulière a été accordée aux données saisies dans le modèle (abondance, composition du régime alimentaire, etc.) afin de veiller à ce que leur qualité et leur résolution soient adéquates. Le centre de la zone de répartition des phoques gris est situé à l'île de Sable, mais la population compte une composante saisonnière importante. La quantité de proies consommées par phoque a été estimée à l'aide d'une approche énergétique standard et raisonnable semblable à celle utilisée par Mohn et Bowen (1996). L'abondance de la morue a été estimée à l'aide du modèle statistique lié aux captures en fonction de l'âge (estimation de la biomasse du stock reproducteur en 2003 : 6 500 t). Le modèle a permis d'estimer que les phoques gris ont consommé 231 000 tm de proies en 2003, soit 1,4 tm par femelle et 1,6 t par mâle. Si l'on suppose une proportion constante de morues dans le régime alimentaire (2,3 %), nous obtenons une estimation de 5 400 t de morues consommées en 2003. La fréquence des longueurs des morues consommées a été calculée à l'aide des otolithes recueillis dans les échantillons de fèces de phoques. Un modèle comprenant une réponse fonctionnelle de type II donne une estimation de 2 900 t de morues consommées en 2003. Les répercussions ont été estimées sous forme de rapport entre la mortalité naturelle due à la prédation exercée par les phoques et la mortalité totale. La mortalité due à la prédation par les phoques a été estimée à 0,31,

*Discussion*

It was suggested that other functional responses such as type III could be examined. Also, it would be important to expand this approach to other species and possibly other areas.

Northern Gulf Single Species Predation Model

This presentation described a model of harp seal impact on cod in the northern Gulf of St. Lawrence. Cod abundance is down and harp seals have increased, similar to patterns seen in other regions (Newfoundland and Labrador, Eastern Scotian Shelf). The model was fitted to cod and seal abundance using a similar approach to Trzcinski et al. Some notable differences were that Chassot et al. used a type III functional response, incorporated an effect of cod condition on recruitment (i.e., fecundity), and examined the results of several harvest control rules. Seal predation and the production regime were both predicted to be important. The proportion of *M* due to seal predation was variable but small, and less than the one estimated by Trzcinski et al. for the Eastern Scotian Shelf (previous talk).

*Discussion*

Pup production rate is relatively stable but if it varies, what would be the effect on say the harvest scenarios (e.g., reduction on herd by 25%)? Incorporating condition is of interest and maybe is a result of an indirect impact from seals. Condition maybe an important way to include indirect effects in model, but others suggested that it may not improve model that much. It appears that stochasticity in recruitment was not incorporated in projections. Projections based on harvest scenarios results in relatively rapid recovery times for the cod population. Some suggest that this may be overly optimistic.

soit environ un tiers de la mortalité naturelle totale.

*Discussion*

Un participant suggère que d'autres réponses fonctionnelles, comme celles de type III, pourraient être examinées. Il serait aussi important d'étendre cette approche à d'autres espèces et possiblement à d'autres zones.

Modèle de prédation monospécifique dans le nord du golfe

Cette présentation décrit un modèle des répercussions du phoque du Groenland sur la morue dans le nGSL. L'abondance de la morue a baissé et celle des phoques du Groenland a augmenté, une tendance semblable à celles observées dans d'autres régions (Terre-Neuve-et-Labrador et est du plateau néo-écossais). Le modèle a été ajusté en fonction de l'abondance de la morue et des phoques à l'aide d'une approche semblable à celle utilisée par Trzcinski *et al*. Parmi les différences notables observées, il convient de souligner que Chassot *et al*. ont utilisé une réponse fonctionnelle de type III, qu'ils ont tenu compte de l'effet de la condition de la morue sur le recrutement (c.-à-d. fécondité) et qu'ils ont examiné les résultats de plusieurs règles de pêche. D'après les prévisions établies, la prédation exercée par les phoques et le régime de production devaient être importants. La proportion de la mortalité naturelle qui était due à la prédation exercée par les phoques était variable mais faible, et elle était inférieure à celle estimée par Trzcinski *et al*. pour l'est du plateau néo-écossais (présentation précédente).

*Discussion*

Le taux de production de jeunes est relativement stable, mais quel serait l'effet d'une variation de ce taux sur les scénarios de chasse (p. ex. réduction du troupeau de 25 %)? L'intégration de la condition est digne d'intérêt et est peut-être le résultat d'un effet indirect des phoques. La condition peut être une façon importante d'inclure les effets indirects dans le modèle, mais certains suggèrent qu'elle n'améliorera peut-être pas beaucoup le modèle. Il semble que la stochasticité du recrutement n'a pas été prise en considération dans les projections. Les projections fondées sur les scénarios de chasse donnent des temps de rétablissement relativement rapides pour la

population de morues. Certains suggèrent que ces projections sont peut-être trop optimistes.

Ecosystem Models – Eastern Scotian Shelf, Southern Gulf of St. Lawrence, Northern Gulf of St. Lawrence, and Newfoundland and Labrador

This presentation compared Ecopath models developed during the CDEENA project. The regional models corresponded to the Eastern Scotian Shelf, the southern Gulf of St. Lawrence, northern Gulf of St. Lawrence, and Newfoundland (NFLD). Comparisons between pre- and post-collapse states were made using Ecopath models for the pre- and post-collapse periods, and considering ecological indicators, keystone species, functional role indicators, and whole system indicators. Among ecological indicators, some commonalities across these systems included reductions in mean trophic level of the catch and total landings, and increases in the ratios of pelagic:demersal biomass and commercial invertebrates:demersal fish species. Cod, seals, and forage fishes were also identified as keystone species across systems. The four systems showed increases in their seal and shrimp biomasses, and decreases in their piscivorous fish biomass, but only southern Gulf of St. Lawrence and Eastern Scotian Shelf showed increases in their planktivorous biomass. Planktivorous fish biomass decreased in Newfoundland and northern Gulf of St. Lawrence, and functionally speaking, marine mammals appeared to have replaced piscivorous fishes in these regions. Overall, the four systems have changed from long-lived demersal, commercial fish dominated ecosystems to shorter-lived pelagic and invertebrate dominated ecosystems. A trophic cascade mechanism appears to be at play in the Eastern Scotian Shelf, while top-down control by seals appears to be the case in Newfoundland and northern Gulf of St. Lawrence.

Modèles écosystémiques pour l'est du plateau néo-écossais, le sud et le nord du golfe du Saint-Laurent et Terre-Neuve-et-Labrador

Cette présentation comprend une comparaison des modèles Ecopath mis au point durant le projet CDEENA. Les modèles régionaux correspondaient à l'est du plateau néo-écossais, au sud et au nord du golfe du Saint-Laurent et à Terre-Neuve-et-Labrador. Les comparaisons entre les conditions avant et après l'effondrement ont été effectuées à l'aide des modèles Ecopath pour les périodes avant et après l'effondrement et en tant compte des indicateurs écologiques, des espèces clés, des indicateurs des rôles fonctionnels et des indicateurs de systèmes en entier. Il existe certaines similitudes parmi les indicateurs écologiques des quatre systèmes, notamment des réductions du niveau trophique moyen des prises et des débarquements totaux, de même que des hausses des rapports entre la biomasse pélagique et la biomasse démersale ainsi qu'entre les espèces d'invertébrés et de poissons démersaux commerciaux. La morue, les phoques et les poissons fourrages ont également été identifiés comme des espèces clés dans l'ensemble des écosystèmes. Dans les quatre écosystèmes, la biomasse des phoques et des crevettes a augmenté, tandis que la biomasse des poissons piscivores a baissé. La biomasse d'organismes planctonophages a augmenté seulement dans le sGSL et dans l'est du plateau néo-écossais. La biomasse des poissons planctonophages a baissé à Terre-Neuve et dans le nGSL. Sur le plan fonctionnel, les mammifères marins semblent avoir remplacé les poissons piscivores dans ces deux régions. Dans l'ensemble, les quatre systèmes sont passés d'écosystèmes dominés par des poissons démersaux commerciaux à longue durée de vie à des écosystèmes dominés par des invertébrés et des espèces pélagiques à courte durée de vie. Un mécanisme de cascade trophique semble jouer un rôle dans l'est du plateau néo-écossais, tandis qu'une gestion descendante par les phoques semble prévaloir à Terre-Neuve et dans le nGSL.

*Discussion*

Although the presentation was mainly focused on Ecopath-driven results, during the discussion other analyses were also commented and discussed, including attempts to use the EwE dynamic module, Ecosim, to reproduce the

*Discussion*

Bien que la présentation ait porté principalement sur les résultats des modèles Ecopath, d'autres analyses font l'objet de commentaires et de discussions dans le cadre de l'atelier, notamment les tentatives d'utilisation du module dynamique

changes observed. These exercises often showed mixed results, reproducing some but not all the trends observed. A suggestion was made to use foraging arena theory and Ecosim for a simplified system including seals, large cod, small cod, and pelagics for pre- and post-collapse of cod. It was also suggested to try various scenarios (e.g., no forcing, temperature anomaly forcing, high unknown mortality on large cod) because of the poor model fit up to now. Another question concerned the basis for the conclusion of top-down effects. The presenter indicated that there was evidence from other data, as well as the increase in seal predation. Another participant asked if reducing the number of boxes (species or species groups) would give a similar pattern. The author replied that a reduction from 50 to 30 taxonomic groups did not make a difference in the conclusions. One participant indicated that these types of models are not for setting tactical management advice, but rather important to give a general idea of the system, informing other tactical models such as VPA. Another noted that there is a tremendous range of potential behaviours in all multispecies models and that it is important to understand the effects of model structure on results and conclusions. Finally, a participant pointed to a study of the Gulf of Alaska, which changed from a pelagic to demersal dominated community within approximately 5 years, and that Ecopath could not recreate this change.

Ecosim (EwE) pour reproduire les changements observés. Ces exercices ont souvent donné des résultats mitigés qui reproduisent seulement certaines des tendances observées. Un participant suggère d'utiliser les patrons des interactions trophiques et Ecosim pour obtenir un système simplifié comprenant des phoques, des morues de grande et de petite taille et des espèces pélagiques pour la morue avant et après l'effondrement. On suggère également d'essayer divers scénarios (p. ex. sans forçage, forçage dû aux anomalies de température, mortalité élevée de source inconnue touchant les morues de grande taille) en raison des problèmes d'ajustement des modèles élaborés jusqu'à maintenant. Une autre question porte sur le fondement de la conclusion relative aux effets descendants. Le présentateur indique que cette conclusion est fondée sur d'autres données ainsi que sur l'augmentation de la prédation exercée par les phoques. Un autre participant demande si la réduction du nombre de cases (espèce ou groupe d'espèces) donnerait des résultats semblables. L'auteur répond que le passage de 50 à 30 groupes taxonomiques n'a rien changé aux conclusions. Un participant indique que ces types de modèles n'ont pas pour but de formuler des avis de gestion tactique, mais plutôt de donner une idée générale du système pour les autres modèles tactiques comme l'analyse des populations virtuelles. Un autre participant mentionne qu'il existe une gamme considérable de comportements potentiels dans tous les modèles plurispécifiques et qu'il est important de comprendre les effets de la structure des modèles sur les résultats et les conclusions. Finalement, un participant mentionne qu'une étude a révélé que les espèces démersales ont remplacé les espèces pélagiques à titre d'élément dominant de la communauté du golfe de l'Alaska et ce, en environ cinq ans. Il souligne aussi que Ecopath ne pourrait recréer ce changement.

Bioenergetic-allometric Models – Eastern Scotian Shelf and Newfoundland and Labrador

This presentation described ongoing modeling work based on a bioenergetic-allometric approach originally developed by Yodzis and Innes (1992). As introduction, simple theoretical examples were used to show how even slight increases in complexity beyond single species models (e.g., trophic systems with just 3 species) can produce behaviours that appear to defy common sense (for example, fishing increasing the total biomass of the species being fished), and

Modèles bioénergétiques allométriques pour l'est du plateau néo-écossais et Terre-Neuve-et-Labrador

Cette présentation décrit les travaux de modélisation en cours qui sont fondés sur une approche bioénergétique allométrique mise au point par Yodzis et Innes (1992). En guise d'introduction, des exemples théoriques simples sont utilisés pour montrer comment de légères augmentations de la complexité par rapport aux modèles monospécifiques (p. ex. systèmes trophiques avec seulement trois espèces) peuvent produire des comportements qui

highlighting the importance of differentiating between equilibrium and transient dynamics. Then, it was described how body mass can be related to specific vital rates (respiration rate, maximum ingestion rate, maximum production/biomass ratio) and how these rates can be used to develop biomass-based predator-prey dynamic models. Three ongoing projects using this approach were summarized, 2 of them involving multispecies systems (Newfoundland and Eastern Scotian shelves), and one specially tailored to assess the interactions between seals and cod in Newfoundland through a simple cod bioenergetic-model with seal predation (i.e., top-down) and capelin availability (i.e., bottom-up) as external drivers. From these models, only preliminary results for the multispecies Eastern Scotian Shelf model were available. Initial runs produced a reasonable fit to the biomass changes of fish, but not good agreement in terms of the predicted grey seal diet when compared with Ecopath results.

*Discussion*

One participant asked if flexibility was lost because size stages are not currently included. An author responded that the important question is: "what part of the signal do I lose by not including these features?"; a question that needs to be explored further. Another question concerned if/how cannibalism was modeled, and the authors said it was not explicitly represented in the model, but could be added. Others noted that in real systems, there was a lot of adaptability within a species, and asked how much does allometry capture behavior? The authors noted that the present model was not capturing intraspecific variability, but overall dynamics by modeling interactions between species.

semblent défier le bon sens (p. ex. une pêche entraînant une hausse de la biomasse totale des espèces ciblées). Toujours dans l'introduction, les auteurs soulignent l'importance de la distinction entre la dynamique à l'équilibre et la dynamique transitoire. Ensuite, les auteurs décrivent comment établir des liens entre la masse corporelle et des taux vitaux particuliers (taux de respiration, taux maximal d'ingestion, rapport maximal entre la production et la biomasse) et comment ces taux peuvent être utilisés pour élaborer des modèles de la dynamique prédateurs-proies fondés sur la biomasse. Trois projets en cours axés sur cette approche sont résumés : deux de ces projets portent sur des systèmes plurispécifiques (plate-forme de Terre-Neuve et est du plateau néo-écossais) et l'autre projet est conçu spécialement pour évaluer les interactions entre les phoques et la morue à Terre-Neuve au moyen d'un modèle bioénergétique simple pour la morue, qui comprend comme indicateurs externes la prédation exercée par les phoques (c.-à-d. descendant) et la disponibilité des capelans (c.-à-d. ascendant). Parmi les résultats de ces modèles, seuls les résultats préliminaires du modèle plurispécifique de l'est du plateau néo-écossais étaient disponibles. Les résultats des premiers essais correspondent assez bien aux changements dans la biomasse des poissons, mais ils correspondent peu aux prévisions du régime alimentaire du phoque gris lorsqu'ils sont comparés aux résultats de Ecopath.

*Discussion*

Un participant demande si le fait que les classes de taille ne sont pas incluses actuellement a entraîné une perte de flexibilité. Un auteur répond que la question qui doit être posée est la suivante : « Quelle partie du signal est perdue si ces caractéristiques ne sont pas prises en considération? ». Cette question doit faire l'objet d'un examen plus poussé. Un autre participant demande si le cannibalisme a été modélisé et si oui, comment. Les auteurs répondent que le cannibalisme n'est pas représenté de façon explicite dans le modèle, mais qu'il pourrait y être ajouté. D'autres participants soulignent que dans les systèmes réels, les espèces montrent un excellent pouvoir d'adaptation. Ces participants demandent à quel point l'allométrie est représentative du comportement. Les auteurs soulignent que le modèle actuel n'illustre pas bien la variabilité intraspécifique, mais plutôt la dynamique globale en modélisant les interactions

Modeling Studies in Norway

This presentation described 3 models currently in used in the Barents Sea that include multispecies interactions. The relative simplicity of the Barents Sea food web makes this system ideal for studying multispecies interactions. The core components of this food web are minke whale, harp seal, cod, capelin, herring, krill, and amphipods. The first model presented was SeaStar. This model is an extended single species model for herring which has incorporated predation by minke whales. Its results indicate that minke whales can exert significant mortality on herring and display a type III functional response. Bifrost is an assessment model for capelin which also incorporates herring and cod dynamics and the effects of seal predation on capelin and cod. This model indicates that harp seals have a considerable impact on capelin. More recently, a Gadget (Globally Applicable Area-Disaggregated General Ecosystem Toolbox) model has been implemented. In this case, capelin and cod were dynamically modeled, herring was tuned by catch data, and minke whale was an exogenous input. This model provided a reasonable fit to historical data (1987-2004). For example, cod catch levels have a large positive effect on capelin stock biomass. Advantages of this modeling platform are that it can be run into the future and it has the potential to include uncertainty.

*Discussion*

It was asked if SeaStar estimated the sigma of the predation likelihood. The author responded that sigma was not being estimated. Another participant was concerned about the trends in cod that the model Bifrost produced. The author noted there was some problem in the graphing of the data but that the trend was real. Another asked the reason for including few species, but many stages in the models. The response indicated that age-stage models were chosen due to the availability of highly reliable data on these respects. Another asked if minke whale consumption was used in cod assessments. The answer was probably not; the assessment review

entre espèces.

Études de modélisation en Norvège

Cette présentation décrit trois modèles qui sont utilisés actuellement dans la mer de Barents et qui comprennent des interactions plurispécifiques. La simplicité relative du réseau trophique dans la mer de Barents fait de ce système un lieu idéal pour étudier les interactions plurispécifiques. Les composantes clés de ce réseau trophique sont le petit rorqual, le phoque du Groenland, la morue, le capelan, le hareng, le krill et les amphipodes. Le premier modèle présenté est SeaStar, un modèle monospécifique élargi pour le hareng dans lequel la prédation exercée par les petits rorquals est prise en considération. Ses résultats indiquent que les petits rorquals peuvent entraîner une mortalité considérable chez le hareng et présenter une réponse fonctionnelle de type III. Bifrost est un modèle d'évaluation pour le capelan qui tient compte de la dynamique du hareng et de la morue et des effets de la prédation exercée par les phoques sur le capelan et la morue. Ce modèle indique que le phoque du Groenland a des répercussions considérables sur le capelan. Plus récemment, un modèle Gadget (Globally Applicable Area-Disaggregated General Ecosystem Toolbox) a été mis en œuvre. Dans ce cas, le capelan et la morue ont fait l'objet d'un modèle dynamique, le hareng était ajusté en fonction des données sur les prises et le petit rorqual était une entrée exogène. Ce modèle s'ajustait raisonnablement bien aux données historiques (1987-2004). Par exemple, les niveaux de prises de morue ont un effet positif important sur la biomasse du stock de capelan. Cette plate-forme de modélisation a comme avantage de pouvoir est axée sur l'avenir et de pouvoir tenir compte de l'incertitude.

*Discussion*

Un participant demande si SeaStar a estimé l'écart-type de la probabilité de prédation. L'auteur répond que l'écart-type n'a pas été estimé. Un autre participant se dit préoccupé par les tendances chez la morue qu'a révélées le modèle. L'auteur souligne que la représentation graphique des données a posé certains problèmes, mais que la tendance est réelle. Quelqu'un demande pourquoi peu d'espèces, mais de nombreuses classes ont été incluses dans les modèles. Les modèles de classe d'âge ont été choisis en raison de la disponibilité de données très fiables à cet égard. Un autre participant demande si la quantité de poissons

process was slow in terms of including new models. There was a question if the functional response of minke whales was directly estimated from diet and prey abundance data. The answer was yes, but it was necessary to use condition of animal (i.e., blubber) to scale it. Was cannibalism included in the models? In response, the author indicated that Bifrost estimates cannibalism using an overlap index based on stomach samples of both cod and capelin. Another participant asked if fin and humpback whales are also in the ecosystem, and suggested that their diets overlap that of minke whales, so their effects may be rolled into the minke effect. The author indicated that there are some fin and humpback whales in Barents Sea, but their core area is mainly the Norwegian Sea. Finally, the author noted that when projecting stock sizes into the future, the highest sensitivity was related to stock-recruitment relationships.

consommés par le petit rorqual a été prise en considération dans les évaluations de la morue. On lui répond que ce n'est probablement pas le cas; le processus d'examen des évaluations était lent en termes d'inclusion de nouveaux modèles. Quelqu'un demande si la réponse fonctionnelle des petits rorquals a été estimée directement à partir des données sur le régime alimentaire et l'abondance des proies. C'est le cas, mais il a été nécessaire de tenir compte de la condition de l'animal (p. ex. petit lard) pour la mettre à l'échelle. Les modèles ont-ils tenu compte du cannibalisme? L'auteur indique que Bifrost estime le cannibalisme à l'aide d'un indice de chevauchement fondé sur les échantillons stomacaux de morues et de capelans. Un autre participant demande si les rorquals commun et à bosse sont également présents dans l'écosystème et il suggère que les régimes alimentaires des trois espèces de rorquals se chevauchent, ce qui entraîne une combinaison des effets de chaque espèce. L'auteur indique que certains rorquals communs et à bosse fréquentent la mer de Barents, mais que la plupart vivent dans la mer de Norvège. Finalement, l'auteur mentionne que dans les projections de la taille des stocks, la relation stock-recrutement est l'élément le plus sensible.

**Research and Analysis Needs**

Each group discussed a wide range of research questions, some of which could be addressed for the second workshop and others that would take additional time and resources to address. The modeling approaches suggested for each region during the breakout group discussions are summarized in Table 1.

Group 1: Maritimes Region
W.D. Bowen, A. Bundy, P. Hammond, U. Lindstrøm, R. Mohn, S. Iverson, I. Mclaren, W. Blanchard, and K. Trzcinski (Rapporteur)

*Complete for the Next Workshop*

1. Finish the grey seal predation model on Atlantic cod for the Western Scotian Shelf (Div. 4X) and update the Eastern Scotian Shelf model with new estimates of diet and seal abundance.

2. Compare grey seal diet estimates from stomachs or faeces with those derived from

**Besoins de recherche et d'analyse**

Chaque groupe discute d'une vaste gamme de questions liées à la recherche. Certaines questions pourraient être résolues avant le deuxième atelier, tandis que d'autres nécessiteront du temps et des ressources supplémentaires. Les approches de modélisation suggérées pour chaque région durant les discussions en groupe sont résumées au tableau 1.

Groupe 1 : Région des Maritimes
W.D. Bowen, A. Bundy, P. Hammond, U. Lindstrøm, R. Mohn, S. Iverson, I. Mclaren, W. Blanchard et K. Trzcinski (rapporteur)

*À résoudre avant le prochain atelier*

1. Parachever le modèle de la prédation exercée par le phoque gris sur la morue de l'Atlantique dans l'ouest du plateau néo-écossais (division 4X) et mettre à jour le modèle pour l'est du plateau néo-écossais avec de nouvelles estimations du régime alimentaire et de l'abondance des phoques.
2. Comparer les estimations du régime alimentaire du phoque gris fondées sur les

fatty acids for the same areas and time periods.

3. Compare fatty acid signatures of cod "bellies" (i.e., simulating seal predation on the belly and associated organs) with that from whole cod for individual fish to determine the extent to which belly-biting might bias estimates of the proportion of cod eaten by grey seals.

*Longer-term Research Needs*

1. Analyze and compare grey seal fat samples from: Gulf population, Sable Island population living in Gulf, and Sable Island in Western Scotian Shelf.
2. Examine the prey-specific foraging tactics and prey encounter rates of grey seal using Crittercam and satellite tags to attempt independent validation of diet.
3. Compare inner and outer fractions of grey blubber biopsies to attempt to estimate temporal trends in the diets.
4. Re-examine the extent to which size classes of cod eaten by seals can be estimated from fatty acids. Explain natural mortality on large fish?
5. Estimate the abundance of other mammalian piscivours on the Scotian Shelf using the recent cetacean survey (T-NASS).
6. Construct a range of multispecies models (e.g., minimum realistic models, multispecies VPA) to better understand the relative impacts of seals compared to other sources of cod mortality.

Group 2: Newfoundland Region

M. Koen-Alonso, T. Haug, A. Frechet, L. Yetman, T. Fowler, G. Lilly, J. Link, A. Buren, and G. Stenson (Rapporteur)

*Complete for the Next Workshop*

1. Update harp seal consumption model to include recent data.

contenus stomacaux ou les fèces avec les estimations fondées sur les acides gras, pour les mêmes zones et les mêmes périodes.

3. Comparer la signature des acides gras de ventres de morue (c.-à-d. simulation de la prédation exercée par les phoques sur le ventre et les organes connexes des morues) avec la signature des acides gras de morues entières afin de déterminer l'ampleur du biais que les morsures ventrales pourraient entraîner dans les estimations de la proportion de morues consommées par le phoque gris.

*Besoins de recherche à long terme*

1. Analyser et comparer les échantillons de gras de phoques gris des populations suivantes : population du golfe du Saint-Laurent, population de l'île de Sable qui vit dans le golfe, population de l'île de Sable dans l'ouest du plateau néo-écossais.
2. Examiner les tactiques de prédation et les taux de rencontre des proies du phoque gris, à l'aide de caméras et d'étiquettes émettrices installées sur les animaux, afin de valider le régime alimentaire de façon indépendante.
3. Comparer les fractions intérieure et extérieure des biopsies de petit lard de phoques gris afin d'estimer les tendances temporelles des régimes alimentaires.
4. Réexaminer l'ampleur à laquelle les classes de taille des morues consommées par les phoques peuvent être estimées à partir des acides gras. Expliquer la mortalité naturelle des poissons de grande taille.
5. Estimer l'abondance d'autres mammifères piscivores sur le plateau néo-écossais à l'aide du récent relevé des cétacés (T-NASS).
6. Élaborer une gamme de modèles plurispécifiques (p. ex. modèles réalistes minimaux et analyses des populations virtuelles de plusieurs espèces) afin de mieux comprendre les effets relatifs des phoques comparativement aux autres sources de mortalité des morues.

Groupe 2 : Région de Terre-Neuve

M. Koen-Alonso, T. Haug, A. Frechet, L. Yetman, T. Fowler, G. Lilly, J. Link, A. Buren et G. Stenson (rapporteur)

*À résoudre avant le prochain atelier*

1. Mettre à jour le modèle de la quantité de proies consommées par les phoques du Groenland afin de tenir compte des données récentes.

2. Improve the estimates of diet of harp seals in offshore areas.

3. Compare harp seal diet estimates from stomachs with those derived from fatty acids for the same areas and time periods.

4. Compile information on "belly-biting" reports to obtain a better understanding the scope of this form of cod mortality.

5. Compare estimates of consumption at age by harp seals in the offshore area (divs. 2J3KL) with possible estimates of cod abundance obtained from survey data (assuming various levels of *Q*) to determine if the estimates are incompatible and to examine possible size selection by seals.

6. Construct a simple model to determine total (inshore and offshore) cod biomass tuned to the survey data and including harp seal consumption to examine the predation effect.

7. In the absence of recent quantitative data on cod diet, existing qualitative observations made at sea could be compiled and analysed.

8. Conduct multivariate analyses of associations between fish abundance trends, seal abundance/consumption, and system drivers such as fishing effort, bottom temperature, and cold intermediate layer volume.

9. Conduct a synthesis to determine how different cod stocks (and other species) collapsed and compare the extent of recovery. This may provide insight into the probable impact of seals in different areas. This is an inter-regional analysis and it will require someone to lead the analysis.

*Longer-term Research Needs*

1. Expand the number of DNA primers available and conduct DNA analysis of a larger sample of harp seal stomach contents to determine the feasibility of this method for determining diet of

2. Améliorer les estimations du régime alimentaire du phoque du Groenland en milieu hauturier.

3. Comparer les estimations du régime alimentaire du phoque du Groenland fondées sur les contenus stomacaux aux estimations fondées sur les acides gras, pour les mêmes zones et les mêmes périodes.

4. Compiler l'information sur les rapports de morsure ventrale afin de mieux comprendre la portée de cette forme de mortalité des morues.

5. Comparer les estimations de la quantité de proies consommées par les phoques du Groenland selon l'âge dans le milieu hauturier (divisions 2J3KL) avec les estimations possibles de l'abondance de la morue fondées sur les données de relevés (en supposant divers niveaux de pertes dues à la prédation [*Q*]) pour déterminer si les estimations sont incompatibles et pour examiner la possibilité d'une sélection selon la taille par les phoques.

6. Élaborer un modèle simple pour déterminer la biomasse totale de morue (milieux côtier et hauturier), en fonction des données de relevés et en tenant compte de la quantité de proies consommées par les phoques du Groenland, pour examiner les effets de la prédation.

7. En l'absence de données quantitatives récentes sur le régime alimentaire de la morue, les observations qualitatives faites en mer pourraient être compilées et analysées.

8. Effectuer des analyses à plusieurs variables axées sur les associations entre les tendances de l'abondance des poissons, le rapport de l'abondance des phoques et de la quantité de proies qu'ils consomment, et les éléments déterminants à l'intérieur de l'écosystème comme l'effort de pêche, la température du fond et le volume de la couche intermédiaire froide.

9. Effectuer une synthèse afin de déterminer comment différents stocks de morue (et d'autres espèces) se sont effondrés et de comparer le rétablissement de ces stocks. Cela pourrait permettre de mieux comprendre les répercussions probables des phoques dans différentes zones. Il s'agit d'une analyse interrégionale, et quelqu'un devra diriger l'analyse.

*Besoins de recherche à long terme*

1. Élargir le nombre d'amorces d'ADN disponibles et effectuer des analyses de l'ADN d'un plus grand nombre d'échantillons de contenu stomacal de phoques du Groenland

seals and detecting cod in the diet in the absence of hard parts. Explore the use of this method for identifying the occurrence of belly-biting in harp and grey seals.

2. Estimate consumption of cod and other prey by hooded seals.
3. Determine the diet of harbour porpoise in Newfoundland waters.
4. Estimate the abundance of other mammalian piscivores on the Labrador Shelf and Grand Banks using data from the recent cetacean survey (T-NASS) and estimate consumption.
5. Estimate the abundance of forage fish and determine the diets of Boreogadus saida, sandlance, capelin, Atlantic cod.
6. Explore the state-space model (developed by D.P. Swain) to see if it is applicable to Newfoundland cod stocks and data.

Group 3: Laurentian/Monton

M. Hammill, G. Chouinard, D. Duplisea, S. Brault, E. Chassot, G. McClelland, R. Simon, A. Trites, and D.P. Swain (Rapporteur)

*Complete for the Next Workshop*

Southern Gulf of St. Lawrence

1. Grey seal diets:

- Most stomach samples are from summer (June–September) and inshore areas (Miramichi, Amet Island, and Port Hood). A seasonal map of diet sampling will be prepared to identify data gaps. (Hammill)
- There is little overlap between grey seals and cod in the seasons and areas from which stomach samples are available. Interaction between grey seals and cod may occur between late fall and early spring in the waters off northern Cape Breton (e.g., near St. Paul's Island). Cod are highly aggregated in this area at this time. However, very little seal diet information is available for this area and season. Attempts will be made to collect additional grey seal stomachs from this area in February-early April 2008. (Hammill)

afin de déterminer la faisabilité de cette méthode pour connaître le régime alimentaire des phoques et détecter les morues dans le régime alimentaire en l'absence de parties dures. Examiner l'utilisation de cette méthode pour identifier les cas de morsure ventrale par les phoques gris et les phoques du Groenland.

2. Estimer la quantité de morues et d'autres proies consommées par les phoques à capuchon.
3. Déterminer le régime alimentaire du marsouin commun dans les eaux de Terre-Neuve.
4. Estimer l'abondance d'autres mammifères piscivores sur la plate-forme du Labrador et les Grands Bancs à l'aide de données du récent relevé sur les cétacés (T-NASS) et estimer la quantité de proies consommées par ces mammifères.
5. Estimer l'abondance des poissons fourrages et déterminer le régime alimentaire du morue arctique, du lançon, du capelan et de la morue de l'Atlantique.
6. Examiner le modèle d'espace d'états (mis au point par D.P. Swain) pour déterminer s'il est applicable aux stocks de morue de Terre-Neuve et aux données connexes.

Groupe 3 : Région Laurentienne/Moncton

M. Hammill, G. Chouinard, D. Duplisea, S. Brault, E. Chassot, G. McClelland, R. Simon, A. Trites et D.P. Swain (rapporteur)

*À résoudre avant le prochain atelier*

Sud du golfe du Saint-Laurent

1. Régime alimentaire du phoque gris

- La plupart des échantillons de contenu stomacal ont été prélevés en milieu côtier (Miramichi, île Amet et Port Hood) à l'été (de juin à septembre). Une carte de l'échantillonnage du régime alimentaire selon la saison sera préparée pour cerner les lacunes dans les données. (Hammill)
- Il y a peu de chevauchement entre le phoque gris et la morue durant les saisons et dans les zones pour lesquelles des échantillons de contenu stomacal sont disponibles. Les interactions entre le phoque gris et la morue sont possibles entre la fin de l'automne et le début du printemps dans les eaux au nord de l'île du Cap-Breton (p. ex. près de l'île St. Paul's). La morue se concentre dans cette zone à cette période de l'année. Toutefois, il existe très peu de données sur le régime alimentaire du phoque gris dans cette zone et à cette période. Certains tenteront de recueillir

- Grey seal diet descriptions will be updated based on new material from stomachs and fatty acids and biased corrected if possible. (Hammill)

2. Seasonal distribution of grey seals:

- Information on seasonal distribution based on parasites will be worked up. (McClelland)

- Maps of the seasonal distribution of grey seals based on satellite tags will be compared to the seasonal distribution of fish. It was acknowledged that there will be a need to adjust seal distributions for biases associated with tagging at a single haul-out site. (Hammill, Chouinard, Swain)

- Dive depths will be examined based on the satellite tag data and compared to fish depths. (Hammill, Chouinard, Swain)

3. The role of cetacean predators:

- Diets of harbour porpoises and pilot whales collected in the southern Gulf of St. Lawrence will be examined using archived data. (Hammill)
- Abundance estimates will be obtained for these species. (Hammill)

4. Effects of sealworm infection on cod growth, condition and survival:

- A project on this issue was initiated in 2007. Cod sampling for condition and parasite loads will be completed in January 2008 and analyses will be conducted for presentation at the second workshop. (McClelland, Chouinard, Swain)

5. Population and ecosystem modeling:

- A southern Gulf of St. Lawrence cod–grey/harp seal model will be developed, similar to the model developed for the northern Gulf of St. Lawrence. (Chassot/Duplisea, in collaboration with Chouinard/Swain)

d'autres échantillons de contenu stomacal des phoques gris dans cette zone de février au début d'avril 2008. (Hammill)

- Les descriptions du régime alimentaire du phoque gris seront mises à jour en fonction des nouvelles données sur le contenu stomacal et les acides gras. Les biais seront corrigés dans la mesure du possible. (Hammill)

2. Répartition saisonnière des phoques gris

- Des données sur la répartition saisonnière fondées sur les parasites seront obtenues. (McClelland)
- Les cartes de la répartition saisonnière des phoques gris, établies à l'aide des étiquettes émettrices, seront comparées à la répartition saisonnière des poissons. On a reconnu qu'il sera nécessaire d'ajuster les répartitions des phoques afin de tenir compte des biais liés au marquage à une seule échouerie. (Hammill, Chouinard et Swain)
- La profondeur des plongées sera examinée à l'aide des données des étiquettes émettrices, puis comparée à la profondeur des poissons. (Hammill, Chouinard et Swain)

3. Rôles des cétacés prédateurs

- Les données sur le régime alimentaire du marsouin commun et des globicéphales dans le sGSL seront examinées à l'aide des données archivées. (Hammill)
- Des estimations de l'abondance seront obtenues pour ces espèces. (Hammill)

4. Effets d'une infestation par le ver du phoque sur la croissance, la condition et la survie de la morue

- Un projet sur ces effets a été lancé en 2007. L'échantillonnage des morues pour analyser leur condition et leur charge en parasites prendra fin en janvier 2008, et les analyses feront l'objet d'une présentation lors du deuxième atelier. (McClelland, Chouinard et Swain)

5. Modélisation de populations et d'écosystèmes

- Un modèle de la morue, du phoque gris et du phoque du Groenland dans le sGSL sera mis au point. Ce modèle sera semblable au modèle élaboré pour le nGSL. (Chassot/Duplisea, en collaboration avec Chouinard/Swain)

*Longer-term Research Needs*

1. Grey seal diets:

- Additional sampling needs to be conducted between December and April in the area of northern Cape Breton.
- It was agreed that there is a need for a year of intensive sampling of grey seal diets in the Gulf of St. Lawrence as was done in Scotland in 1985 and 2002, in order to obtain a spatially and seasonally unbiased estimate of diet composition. The use of both scats and stomachs will be considered.
- There is a need to update the fatty acid prey library with specimens from the southern Gulf of St. Lawrence. These could be collected during the annual bottom-trawl survey in September.
- It was suggested that a substantial number of large southern Gulf of St. Lawrence cod (40-55 cm in length) should be included in the library to test the hypothesis that grey seals consume this size group.

2. Belly-biting of free-ranging cod:

- Marine mammal scientists at the workshop were unanimously of the opinion that belly-biting of free-ranging cod by seals is likely rare. Nonetheless, if it occurs, it is most likely to occur when cod are highly aggregated, e.g., in overwintering aggregations. It was suggested that this possibility could be examined by towing or flying a camera through overwintering cod aggregations in areas/times when grey seals are present, to look for the presence of dead cod on the bottom with bellies missing. This could also be examined using seal-mounted cameras (i.e., the Crittercam).
- It was suggested that scarred cod should occur if seals prey on large cod, and that these should be looked for. Captive experiments and gape size measurements could also be used to examine the size of fish that can be eaten.
- QFASA estimates of diet and stomach samples could also be compared for seals shot in areas of cod aggregation to look for evidence of belly-biting. However, there was a concern that the fatty-acids of recently-eaten

*Besoins de recherche à long terme*

1. Régime alimentaire du phoque gris

- Un échantillonnage supplémentaire doit être effectué dans la région du nord de l'île du Cap-Breton entre décembre et avril.
- Il est convenu que le régime alimentaire du phoque gris dans le golfe du Saint-Laurent doit faire l'objet d'un échantillonnage intensif d'un an, comme cela a été fait en Écosse en 1985 et en 2002, afin d'obtenir une estimation spatiale et saisonnière sans biais de la composition du régime alimentaire. L'utilisation des fèces et des contenus stomacaux sera considérée.
- Il est nécessaire de mettre à jour la liste des acides gras des proies avec des échantillons du sGSL. Ces échantillons pourraient être prélevés dans le cadre du relevé annuel au chalut de fond effectué en septembre.
- Il est suggéré qu'un nombre substantiel de morue de grande taille du sGSL (de 40 à 55 cm de longueur) devrait être inclus dans la liste pour vérifier l'hypothèse voulant que les phoques gris consomment ce groupe de taille.

2. Morsure ventrale chez les morues en liberté

- Les spécialistes des mammifères marins présents à l'atelier sont tous d'avis que les cas de morsure ventrale chez les morues en liberté sont probablement rares. Néanmoins, si de tels cas se produisent, il est plus probable qu'ils surviennent quand les morues se concentrent en un même endroit (p. ex. dans les zones d'hivernage). Un participant suggère que cette possibilité pourrait être examinée en effectuant des traits ou des relevés vidéo dans les concentrations de morues qui hivernent dans les zones et durant les périodes où les phoques gris sont présents, afin de relever la présence de morues mortes au ventre percé sur le fond. Cette hypothèse pourrait également être vérifiée à l'aide de caméras installées sur des phoques.
- Un participant suggère que des morues avec des cicatrices devraient être observées si les phoques s'attaquent aux morues de grande taille et que l'on devrait rechercher de telles morues. Des expériences en captivité et des mesures de l'ouverture pourraient également être utilisées pour examiner la taille des poissons qui peuvent être consommés.
- Les estimations du régime alimentaire fondées sur l'analyse quantitative de la signature des acides gras et les échantillons de contenu stomacal pourraient également faire l'objet de comparaisons pour les phoques capturés dans

cod may not yet be incorporated in the blubber of seals.

les zones où la morue se concentre, afin de relever des cas de morsure ventrale. Cependant, le fait que les acides gras des morues récemment consommées puissent ne pas encore être intégrés dans le petit lard des phoques constitue une préoccupation.

3. Effects of sealworm infection on cod growth, condition, and survival:

- This could be examined using laboratory experiments on cod infected with different levels of parasite loads.

3. Effets d'une infestation par le ver du phoque sur la croissance, la condition et la survie de la morue

- Ces effets pourraient être examinés dans le cadre d'expériences en laboratoire axées sur les morues infestées par différentes charges en parasites.

4. Population and ecosystem modeling:

- A number of models are planned in the longer term, including minimum realistic/bioenergetic-allometric models. The Trzcinski/Mohn/Bowen model developed for Eastern Scotian Shelf cod may be applied to southern Gulf of St. Lawrence cod.

4. Modélisation de populations et d'écosystèmes

- Un certain nombre de modèles sont planifiés à long terme, y compris les modèles bioénergétiques allométriques et les modèles réalistes minimaux. Le modèle Trzcinski/Mohn/Bowen élaboré pour la morue de l'est du plateau néo-écossais peut être utilisé pour la morue du sGSL.

Northern Gulf of St. Lawrence

Nord du golfe du Saint-Laurent

*Complete for the Next Workshop*

*À résoudre avant le prochain atelier*

1. Seal diets and consumption:

- Seal diet data and consumption models will be updated, including a seasonal component to the energy budget in consumption models. (Hammill)

1. Régime alimentaire des phoques et quantité de proies consommées

- Les données sur le régime alimentaire des phoques et les modèles de la quantité de proies consommées propres aux phoques seront mis à jour, y compris une composante saisonnière du bilan énergétique des modèles de quantité de proies consommées. (Hammill)

2. Population and ecosystem modeling:

- Grey seals will be added to the northern Gulf of St. Lawrence cod–harp seal model. A Bayesian implementation of the model may be developed. (Chassot, Duplisea)

2. Modélisation de populations et d'écosystèmes

- Les phoques gris seront ajoutés au modèle de la morue et du phoque du Groenland dans le nGSL. Un cadre bayésien pourrait être mis au point pour la mise en oeuvre du modèle. (Chassot et Duplisea)

*Longer-term Research Needs*

*Besoins de recherche à long terme*

1. Harp seal distribution:

- A lack of telemetry data for harp seals, particularly in the Gulf of St. Lawrence, was identified as a significant data deficiency. This results in uncertainties in distribution and, thus, in annual diet (since there is strong spatial variation in diet).

1. Répartition du phoque du Groenland

- Le manque de données de télémétrie sur le phoque du Groenland, en particulier dans le golfe du Saint-Laurent, est considéré comme une lacune importante dans les données. Ce manque donne lieu à des incertitudes quant à la répartition et au régime alimentaire annuel de l'espèce (puisque le régime alimentaire varie beaucoup à l'échelle spatiale).

*Table 1. Modeling approaches suggested for each region during breakout groups. Models in bold are extant.*

| WSS | ESS | S.GULF | N.GULF | NFLD |
|---|---|---|---|---|
| Ecopath | **Ecopath**[1] | **Inverse/Ecopath** | **Inverse/Ecopath** | **Ecopath**[1] |
| Ecosim | **Ecosim**[1] | | | |
| Cod/Seal | **Cod/Seal** | Cod/Seal<br>Cod/Seal | **Cod/Seal**[2] | |
| | MRM – (Mohn) | MRM | | |
| | Bio-energetic | | | Bio-energetic |
| | MSVPA | | | |
| | | **State-space models (single species)** | | *State-space models (single species)* |
| **Multivariate approaches** | **Multivariate approaches** | Multivariate approaches | Multivariate approaches | Multivariate approaches |

[1] Requires updating/revision.
[2]To be extend to a 3 species model (harp seals, grey seals, and cod). Also to be developed in Bayesian framework.
WSS = Western Scotian Shelf; ESS = Eastern Scotian Shelf; S.GULF = Southern Gulf of St. Lawrence; N.GULF = Northern Gulf of St. Lawrence; NFLD = Newfoundland waters

*Tableau 1. Approches de modélisation suggérées pour chaque région par les groupes de discussion. Les modèles en gras existent toujours.*

| Ouest du plateau néo-écossais | Est du plateau néo-écossais | sGSL | nGSL | Terre-Neuve |
|---|---|---|---|---|
| Ecopath | **Ecopath**[1] | **Inverse/Ecopath** | **Inverse/Ecopath** | **Ecopath**[1] |
| Ecosim | **Ecosim**[1] | | | |
| Morue/Phoque | **Morue/Phoque** | Morue/Phoque<br>Morue/Phoque | **Morue/Phoque**[2] | |
| | Modèles réalistes minimaux (MRM) – (Mohn) | MRM | | |
| | Bioénergétique | | | Bioénergétique |
| | Analyse des populations virtuelles de plusieurs espèces (MSVPA) | | | |
| | | **Modèles d'espace d'états (monospécifique)** | | *Modèles d'espace d'états (monospécifique)* |
| **Approches à plusieurs variables** | **Approches à plusieurs variables** | Approches à plusieurs variables | Approches à plusieurs variables | Approches à plusieurs variables |

[1]Mise à jour ou révision nécessaire.
[2]Sera étendu à un modèle pour trois espèces (phoque du Groenland, phoque gris et morue), également mis au point selon un cadre bayésien.

## APPENDICES / ANNEXES

### Appendix 1. List of Participants

**Seal Impacts Workshop 1**
12-16 November 2007
Centennial Room, Cambridge Suites
Halifax, NS

### Annexe 1 - Liste des participants

**Atelier sur les répercussions des phoques 1**
du 12 au 16 novembre 2007
Salle Centennial Room, Hôtel Cambridge Suites
Halifax (N.-É.)

| Participant | Affiliation | |
|---|---|---|
| Blanchard, W. | Dalhousie University<br>Halifax, NS | Université Dalhousie<br>Halifax (N.-É.) |
| Bowen, W.D., Co-chair | DFO Science<br>Dartmouth, NS | Sciences du MPO<br>Dartmouth (N.-É.) |
| Brault, S. | University of Massachusetts<br>MA, USA | University of Massachusetts<br>MA (États-Unis) |
| Bundy, A. | DFO Science<br>Dartmouth, NS | Sciences du MPO<br>Dartmouth (N.-É.) |
| Buren, A. | DFO Science<br>St. John's, NL | Sciences du MPO<br>St. John's (T.-N.-L.) |
| Chassot, E. | DFO Science<br>Mont Joli, PQ | Sciences du MPO<br>Mont-Joli (Qc) |
| Chouinard, G. | DFO Science<br>Moncton, NB | Sciences du MPO<br>Moncton (N.-B.) |
| Decker, D. | FFAW<br>NL | FFAW<br>(T.-N.-L.) |
| Duplessia, D. | DFO Science<br>Mont Joli, PQ | Sciences du MPO<br>Mont-Joli (Qc) |
| Fowler, T. | DFO<br>Ottawa, ON | MPO<br>Ottawa (Ont.) |
| Frechet, A. | DFO Science<br>Mont Joli, PQ | Sciences du MPO<br>Mont-Joli (Qc) |
| Glavine, P. | Province of Newfoundland and Labrador | Province de Terre-Neuve-et-Labrador |
| Hammill, M.O., Co-chair | DFO Science<br>Mont Joli, PQ | Sciences du MPO<br>Mont-Joli (Qc) |
| Hammond, P. | St. Andrews University<br>Scotland | St. Andrews University<br>(Écosse) |
| Haug, T. | Institute of Marine Research<br>Tromso, Norway | Institut de la recherche marine<br>Tromso (Norvège) |
| Iverson, S. | Dalhousie University<br>Halifax, NS | Université Dalhousie<br>Halifax (N.-É.) |
| Koen-Alonso, M. | DFO Science<br>St. John's, NL | Sciences du MPO<br>St. John's (T.-N.-L.) |
| Lilly, G. | DFO Science<br>St. John's, NL | Sciences du MPO<br>St. John's (T.-N.-L.) |
| Lindstrøm, U. | Institute of Marine Research<br>Tromso, Norway | Institut de la recherche marine<br>Tromso (Norvège) |
| Link, J. | NMFS<br>Woods Hole, MA, USA | NMFS<br>Woods Hole, MA (États-Unis) |

| Participant | Affiliation | |
|---|---|---|
| McClelland, G. | DFO Science<br>Moncton, NB | Sciences du MPO<br>Moncton (N.-B.) |
| McLaren, I. | Dalhousie University<br>Halifax, NS | Université Dalhousie<br>Halifax (N.-É.) |
| Mohn, R. | DFO Science<br>Dartmouth, NS | Sciences du MPO<br>Dartmouth (N.-É.) |
| Morrow, D. | Nova Scotia Fish Packers Association | Nova Scotia Fish Packers Association |
| Simon, R. | DFO FAM<br>PQ | GPA du MPO<br>(Qc) |
| Stenson, G., Co-chair | DFO Science<br>St. John's, NL | Sciences du MPO<br>St. John's (T.-N.-L.) |
| Swain, D.P. | DFO Science<br>Moncton, NB | Sciences du MPO<br>Moncton (N.-B.) |
| Trites, A. | University of British Columbia<br>Vancouver, BC | Université de la Colombie-Britannique<br>Vancouver (C.-B.) |
| Trzcinski, K. | DFO Science<br>Dartmouth, NS | Sciences du MPO<br>Dartmouth (N.-É.) |
| Van Helvoort, G. | DFO FAM<br>Dartmouth, NS | GPA du MPO<br>Dartmouth (N.-É.) |
| Yetman, L. | DFO FAM<br>St. John's, NL | GPA du MPO<br>St. John's (T.-N.-L.) |

## Appendix 2. Terms of Reference and Agenda

### Terms of Reference

National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada

12-16 November 2007
Halifax, NS
Chair: Don Bowen

The Canadian Department of Fisheries and Oceans is hosting a two-part international workshop to review the impacts of seals on Atlantic cod stocks in eastern Canadian waters. The first Workshop will focus on technical issues. It will provide an opportunity to have a first look at the data available and will identify data analyses and modeling studies that could be carried out with existing data to more fully address the issue of seal impacts on recovery of commercial fisheries. The second Workshop, slated for fall 2008, will provide an opportunity to proceed with the final review, including the new analyses and modeling results identified during part 1.

***Background*** - There is ongoing debate about the negative impacts of seal predation on fish populations of commercial and conservation interest (e.g., Atlantic salmon and Atlantic cod). One source of this debate is the growth in seal populations in eastern Canadian waters over the past several decades and the declines or, in some cases, collapse of fish populations to the point where fishing has been stopped. Seals are hypothesized to have 5 kinds of negative effects on prey populations: 1) predation, 2) competition, 3) transmission of parasites causing increased mortality of fishes, 4) disruption of spawning causing reduced reproductive success, and 5) other indirect effects on fish behaviour caused by risk of seal predation. An external review commissioned by the Canadian Department of Fisheries and Oceans (Report of the Eminent Panel on Seal Management 2001) dealt with predation effects in great detail, but other types of hypothesized effects were not considered within the terms of reference of the review. Furthermore, since the Eminent Panel submitted their findings, considerable new research has been conducted on seal population size and the impacts of predation.

## Annexe 2 - Cadre de référence et programme

### Cadre de référence

Atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada
du 12 au 16 novembre 2007
Halifax (N.-É.)
Président : Don Bowen

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) du Canada est l'hôte d'un atelier international en deux volets, destiné à examiner les répercussions des phoques sur les stocks de morue de l'Atlantique des eaux de l'est du Canada. Le premier atelier mettra l'emphase sur les aspects techniques. Il permettra de jeter un premier regard sur les données disponibles, et d'identifier les analyses et études de modélisation qui pourraient être entreprises avec les données déjà disponibles afin de couvrir de façon plus complète l'enjeu des répercussions des phoques sur le rétablissement des pêches commerciales. Le second atelier, prévu à l'automne 2008, permettra d'effectuer la revue finale de l'information, y compris les nouveaux résultats des analyses et études de modélisation recommandées durant le premier atelier.

***Contexte*** - Le débat se poursuit au sujet des effets négatifs du comportement de prédation des phoques sur les populations de poissons d'intérêt commercial ou ciblées par les mesures de conservation (p. ex. le saumon atlantique et la morue de l'Atlantique). L'une des sources de débat est la croissance des populations de phoques dans les eaux de l'est du Canada au cours des dernières décennies et le déclin ou, dans certains cas même, l'effondrement de certaines populations de poissons, au point où leur pêche a dû être interrompue. On suppose que les effets négatifs des phoques sur leurs proies sont de cinq ordres : 1) prédation; 2) compétition; 3) transmission de parasites causant un accroissement du taux de mortalité chez les poissons; 4) perturbation de la fraie, causant une baisse du succès de la reproduction; 5) autres effets indirects sur le comportement des poissons causés par le risque de prédation par les phoques. Un examen externe demandé par le MPO (Rapport du groupe d'experts sur la gestion des phoques, 2001) a décrit de manière très détaillée les effets de la prédation, mais le cadre de référence de l'examen n'englobait pas des effets hypothétiques d'une autre nature. De plus,

depuis que le groupe d'experts a présenté ses conclusions, un nombre important de travaux de recherche ont été effectués sur la taille des populations de phoques et les effets de la prédation.

***Ultimate Objectives of this Two-Step Process***

1. to review research on the trophic interactions (e.g., impacts of predation) between seals and Atlantic cod stocks in eastern Canada, with a focus on grey and harp seals,
2. to review similar research conducted elsewhere that may provide insight into the effects of grey and harp seal predation on Atlantic cod stocks,
3. to review research on the effects of seal-transmitted parasites as a source of fish mortality,
4. to review research on the negative non-trophic indirect effects of seals on spawning success and feeding behaviour of fish,
5. to review available information on the impact of reductions in seal population size on fish population size and exploitable biomass, and the economics of seal management,
6. to consider the design of experimental or other research that would clarify the impact of seals on the dynamics of cod stocks.

***Objectifs ultimes de ce processus en deux volets***

1. Examiner les études sur les interactions trophiques (p. ex. les effets de la prédation) entre les phoques et les stocks de morue de l'Atlantique de l'est du Canada, en particulier les phoques gris et les phoques du Groenland.
2. Examiner les études semblables menées ailleurs qui pourraient aider à mieux comprendre les effets de la prédation exercée par les phoques gris et les phoques du Groenland sur les stocks de morue de l'Atlantique.
3. Examiner les études sur les effets des parasites transmis par les phoques, comme source de mortalité du poisson.
4. Examiner les études sur les effets indirects négatifs, non trophiques, des phoques sur le succès de la ponte et sur le comportement alimentaire des poissons.
5. Examiner l'information disponible sur les répercussions d'une diminution des populations de phoques sur la taille des populations de poisson et leur biomasse exploitable, ainsi que sur les aspects économiques de la gestion des phoques.
6. Se pencher sur la conception d'expériences ou autres études pouvant permettre de préciser les répercussions des phoques sur la dynamique des stocks de poisson.

**Expected Output and Participation – Part 1**

The first Workshop will be held in Halifax, Nova Scotia from November 12-16, 2007. Given the technical nature of this first meeting, a maximum of 30 participants have been invited including international experts from United States, United Kingdom and Norway.

The Workshop findings and recommendations will be documented via a Proceeding of the Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS). The results of the first workshop will be presented in the context of the Atlantic Seal Consultation that will take place January 9-10, 2008, in St. John's. This forum will give the opportunity to various

**Résultats anticipés et participation – Première partie**

Le premier atelier aura lieu à Halifax (Nouvelle-Écosse), du 12 au 16 novembre 2007. Étant donné la nature technique de ce premier atelier, un nombre maximum de 30 participants ont été invités dont des experts internationaux provenant des États-Unis, du Royaume-Uni et de la Norvège.

Les conclusions et les recommandations de l'atelier seront présentées sous la forme d'un compte rendu du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS). Les résultats de ce premier atelier seront présentés dans le contexte de la consultation sur les phoques de l'Atlantique qui se tiendra les 9 et 10 janvier 2008,

stakeholders to voice their comments regarding this science initiative.

à St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador). Ce forum permettra aux divers intervenants de formuler leurs commentaires à propos de cette initiative scientifique.

**Expected Output and Participation – Part 2**

The second Workshop would represent a review of the research results available, including the new analyses and modeling results identified during the first workshop, and would represent the opportunity to identify a way forward in terms of new research activities/analysis in the future. A broader participation will be sought at this step.

It is planned that papers on these new analyses and a summary report of findings and recommendations will be published together in the primary scientific literature.

**Résultats anticipés et participation – Seconde partie**

Le second atelier permettra d'effectuer l'examen final des résultats de recherche disponibles, incluant les nouveaux résultats des analyses et études de modélisation recommandées au premier atelier, et représentera une opportunité d'identifier des avenues futures possibles en termes de nouvelles activités de recherche et analyses. Une participation plus grande sera visée lors de cette étape.

Il est prévu de documenter les nouvelles analyses ainsi que le sommaire des conclusions et recommandations par l'intermédiaire de publications scientifiques primaires.

**Agenda**

**Seal Impacts Workshop 1**
12-16 November 2007
Centennial Room, Cambridge Suites
Halifax, NS

**Day 1, Monday, November 12th**

*Workshop Setup*

| | |
|---|---|
| 09:00 – 09:10 | Welcome (W.D Bowen) |
| 09:10 – 09:30 | Background, Objectives of the Workshop, Rapporteurs (W.D. Bowen) |

*Industry Perspective*

| | |
|---|---|
| 09:30 – 10:30 | Stakeholder presentations (D. Morrow, D. Decker) |
| 10:30 – 11:00 | *Break* |

*Predator Effects on Prey Behaviour*

| | |
|---|---|
| 11:00 – 11:30 | Evidence in Marine Ecosystems (W.D. Bowen) |
| 11:30 – 12:00 | Discussion |
| 12:00 – 13:00 | *Lunch* |

*Sealworm Effects*

| | |
|---|---|
| 13:00 – 13:30 | Sealworm prevalence (G. McClelland) |
| 13:30 – 14:00 | Sealworm-induced mortality in groundfish (G. McClelland) |
| 14:00 – 15:00 | Discussion |
| 15:00 – 15:30 | *Break* |

*Seal Ecology*

| | |
|---|---|
| 15:30 – 16:00 | Seal abundance overview (G. Stenson) |
| 16:00 – 16:30 | Seal distribution overview (M.O. Hammill) |
| 16:30 – 17:00 | Seal diet overview (W.D. Bowen) |

**Programme**

**Atelier sur les répercussions des phoques 1**
du 12 au 16 novembre 2007
Salle Centennial, Hôtel Cambridge Suites
Halifax (N.-É.)

**Jour 1, lundi le 12 novembre**

*Phase initiale de l'atelier*

| | |
|---|---|
| 09 h 00 – 09 h 10 | Mot de bienvenue (W.D Bowen) |
| 09 h 10 – 09 h 30 | Contexte, objectifs de l'atelier et rapporteurs (W.D. Bowen) |

*Point de vue de l'industrie*

| | |
|---|---|
| 09 h 30 – 10 h 30 | Présentations des parties intéressées (D. Morrow et D. Decker) |
| 10 h 30 – 11 h 00 | *Pause* |

*Effets des prédateurs sur le comportement des proies*

| | |
|---|---|
| 11 h 00 – 11 h 30 | Preuves dans les écosystèmes marins (W.D. Bowen) |
| 11 h 30 – 12 h 00 | Discussion |
| 12 h 00 – 13 h 00 | *Dîner* |

*Effets du ver du phoque*

| | |
|---|---|
| 13 h 00 – 13 h 30 | Prévalence du ver du phoque (G. McClelland) |
| 13 h 30 – 14 h 00 | Mortalité du poisson de fond induite par le ver du phoque (G. McClelland) |
| 14 h 00 – 15 h 00 | Discussion |
| 15 h 00 – 15 h 30 | *Pause* |

*Écologie des phoques*

| | |
|---|---|
| 15 h 30 – 16 h 00 | Aperçu de l'abondance des phoques (G. Stenson) |
| 16 h 00 – 16 h 30 | Aperçu de la répartition des phoques (M.O. Hammill) |
| 16 h 30 – 17 h 00 | Aperçu du régime alimentaire des phoques (W.D. Bowen) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17:00 | Adjourn | 17 h 00 | Levée de la séance |
| 18:00 – 20:00 | Reception, Cambridge Suites | 18 h 00 – 20 h 00 | Réception, Cambridge Suites |

**Day 2, Tuesday, November 13th**

**Jour 2, mardi le 13 novembre**

*Mortality Patterns in Fish*

*Régimes de mortalité des poissons*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 09:00 – 09:30 | Southern Gulf (D.P. Swain) | 09 h 00 – 09 h 30 | Sud du golfe (D.P. Swain) |
| 09:30 – 10:00 | Scotian Shelf (B. Mohn) | 09 h 30 – 10 h 00 | Plateau néo-écossais (B. Mohn) |
| 10:00 – 10:30 | Newfoundland (G. Lilly) | 10 h 00 – 10 h 30 | Terre-Neuve (G. Lilly) |
| 10:30 – 11:00 | *Break* | 10 h 30 – 11 h 00 | *Pause* |
| 11:00 – 12:00 | Discussion | 11 h 00 – 12 h 00 | Discussion |
| 12:00 – 13:00 | *Lunch* | 12 h 00 – 13 h 00 | *Dîner* |

*Seal Diet Estimation*

*Estimation du régime alimentaire des phoques*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13:00 – 13:30 | Overview of Diet Methods (W.D. Bowen) | 13 h 00 – 13 h 30 | Aperçu des méthodes d'estimation du régime alimentaire (W.D. Bowen) |
| 13:30 – 14:00 | Quantitative Fatty Acids (QFASA) (S. Iverson) | 13 h 30 – 14 h 00 | Analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA) (S. Iverson) |
| 14:00 – 14:30 | *Break* | 14 h 00 – 14 h 30 | *Pause* |
| 14:30 – 15:30 | QFASA statistical model (W. Blanchard/S. Iverson) | 14 h 30 – 15 h 30 | Modèle statistique de l'analyse quantitative de la signature des acides gras (W. Blanchard/S. Iverson) |
| 15:30 – 16:00 | Developments with use of hard parts (P. Hammond) | 15 h 30 – 16 h 00 | Progrès liés à l'utilisation des parties dures (P. Hammond) |
| 16:00 – 17:00 | Discussion | 16 h 00 – 17 h 00 | Discussion |
| 17:00 | Adjourn | 17 h 00 | Levée de la séance |

**Day 3, Wednesday, November 14th**

**Jour 3, mercredi le 14 novembre**

*Estimating Seal Prey Consumption*

*Estimation de la quantité de proies consommées par les phoques*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 09:00 – 09:30 | Grey seals template (K. Trzcinski) | 09 h 00 – 09 h 30 | Modèle du phoque gris (K. Trzcinski) |
| 09:30 – 10:00 | Gulf & Newfoundland Grey and Harp Seals (M.O. Hammill/ G. Stenson) | 09 h 30 – 10 h 00 | Phoque gris et phoque du Groenland du golfe et de Terre-Neuve (M.O. Hammill/ G. Stenson) |
| 10:00 – 10:30 | Seals in Norway (T. Haug) | 10 h 00 – 10 h 30 | Phoques en Norvège (T. Haug) |
| 10:30 – 11:00 | *Break* | 10 h 30 – 11 h 00 | *Pause* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11:00 – 11:30 | Grey seals in Scotland (P. Hammond) | 11 h 00 – 11 h 30 | Phoque gris en Écosse (P. Hammond) |
| 11:30 – 12:00 | Discussion | 11 h 30 – 12 h 00 | Discussion |
| 12:00 – 13:00 | *Lunch* | 12 h 00 – 13 h 00 | *Dîner* |
| *Bias and Uncertainty of Data* | | *Biais et incertitude des données* | |
| 13:00 – 13:30 | Bias & uncertainty in gadoid abundance & distribution (G. Chouinard) | 13 h 00 – 13 h 30 | Biais et incertitude des estimations de l'abondance et de la répartition des gadidés (G. Chouinard) |
| 13:30 – 14:00 | Bias & uncertainty in gadoid mortality estimates (R. Mohn) | 13 h 30 – 14 h 00 | Biais et incertitude des estimations de la mortalité des gadidés (R. Mohn) |
| 14:00 – 14:30 | *Break* | 14 h 00 – 14 h 30 | *Pause* |
| 14:30 – 15:00 | Seal energy requirements overview (A. Trites) | 14 h 30 – 15 h 00 | Aperçu des besoins énergétiques des phoques (A. Trites) |
| 15:30 – 16:00 | Bias & uncertainty in seal consumption estimates (Hammond/Hammill/Stenson/ Blanchard) | 15 h 30 – 16 h 00 | Biais et incertitude des estimations de la quantité de proies consommées par les phoques (Hammond/Hammill/Stenson /Blanchard) |
| 16:00 – 17:00 | General discussion of bias and uncertainty | 16 h 00 – 17 h 00 | Discussion générale sur le biais et l'incertitude |
| 17:00 | Adjourn | 17 h 00 | Levée de la séance |

**Day 4, Thursday, November 15th** / **Jour 4, jeudi le 15 novembre**

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Statistical Analysis and Modeling* | | *Analyse statistique et modélisation* | |
| 09:00 – 09:30 | Correlational estimates of seal mortality (G. Chouinard) | 09 h 00 – 09 h 30 | Estimations corrélationnelles de la mortalité chez les phoques (G. Chouinard) |
| 09:30 – 10:00 | Harp seal diet in NL, multinominal regression approach (A. Buren) | 09 h 30 – 10 h 00 | Régime alimentaire du phoque du Groenland à Terre-Neuve, selon une approche de régression multinomiale (A. Buren) |
| 10:00 – 10:30 | Uncertainty analysis (H. Benoît/ D.P. Swain) | 10 h 00 – 10 h 30 | Analyse des incertitudes (H. Benoît/ D.P. Swain) |
| 10:30 – 11:00 | *Break* | 10 h 30 – 11 h 00 | *Pause* |
| 11:00 – 11:30 | Single predator prey models (K. Trzcinski) | 11 h 00 – 11 h 30 | Modèle des relations prédateurs-proies (K. Trzcinski) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11:30 – 12:00 | N Gulf single species predation model (E. Chassot/D. Duplisea) | 11 h 30 – 12 h 00 | Modèle de prédation monospécifique dans le nord du golfe (E. Chassot/ D. Duplisea) |
| 12:00 – 13:00 | *Lunch* | 12 h 00 – 13 h 00 | *Dîner* |
| 13:00 – 14:00 | Ecosystem models – Gulf, Eastern Scotian Shelf and Newfoundland (A. Bundy) | 13 h 00 – 14 h 00 | Modèles écosystémiques pour le golfe, l'est du plateau néo-écossais et Terre-Neuve-et-Labrador (A. Bundy) |
| 14:00 – 14:30 | Bioenergetic-allometric models – Eastern Scotian Shelf and Newfoundland (M. Koen-Alonso) | 14 h 00 – 14 h 30 | Modèles bioénergétiques allométriques pour l'est du plateau néo-écossais et Terre-Neuve-et-Labrador (M. Koen-Alonso) |
| 14:30 – 15:00 | *Break* | 14 h 30 – 15 h 00 | *Pause* |
| 15:00 – 15:30 | Gadget and Bifrost: multispecies models of top predators (U. Lindstrøm) | 15 h 00 – 15 h 30 | Gadget et Bifrost : modèles plurispécifiques des principaux prédateurs (U. Lindstrøm) |
| 15:30 – 17:00 | Discussion | 15 h 30 – 17 h 00 | Discussion |
| 17:00 | Adjourn | 17 h 00 | Levée de la séance |

**Day 5, Friday, November 16th**

*Research and Analysis Needs*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 09:00 – 10:30 | Breakout groups (W.D. Bowen/ M. Koen-Alonso/D.P. Swain) | 09 h 00 – 10 h 30 | Groupes de discussion (W.D. Bowen/ M. Koen-Alonso/D.P. Swain) |

*Assignment of breakout groups* – identify data analyses and modeling needed to further our understanding of seal impacts on prey populations, with particular reference to Atlantic cod. Emphasis should be placed on work that can be done between now and the second workshop and who would do the work. The groups should also consider longer-term research required to move us forward in evaluating seal impacts on prey populations.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10:30 – 11:00 | *Break* | 10 h 30 – 11 h 00 | *Pause* |
| 11:00 – 12:30 | Plenary- Reports of breakout groups | 11 h 00 – 12 h 30 | Séance plénière – Rapport des groupes de discussion |
| 12:30 – 13:30 | *Lunch* | 12 h 30 – 13 h 30 | *Dîner* |

**Jour 5, vendredi le 16 novembre**

*Besoins de recherche et d'analyse*

*Tâche des groupes de discussion* – Déterminer les analyses de données et les modèles nécessaires pour approfondir nos connaissances des répercussions des phoques sur les populations de proies, notamment en ce qui concerne la morue de l'Atlantique. Chaque groupe doit mettre l'accent sur les travaux qui peuvent être réalisés avant le deuxième atelier et sur les parties qui effectueraient ces travaux. Les groupes devraient également tenir compte de la recherche à long terme nécessaire pour aller de l'avant dans l'évaluation des répercussions des phoques sur les populations de proies.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13:30 – 15:00 | Discussion of Assignments and next workshop | 13 h 30 – 15 h 00 | Discussion à propos des tâches assignées et du prochain atelier |
| 15:00 | Adjourn | 15 h 00 | Levée de la séance |
| 15:00 – 15:30 | *Break* | 15 h 00 – 15 h 30 | *Pause* |
| *Steering Committee Meeting* | | *Réunion du comité directeur* | |
| 15:30 – 16:30 | Chairs and Rapporteurs meet to organize notes for the report. | 15 h 30 – 16 h 30 | Réunion des présidents et des rapporteurs pour organiser les notes pour le rapport. |

## Appendix 3. Summaries of Presentations Given at the Workshop

A. Behavioural Interactions between Predators and their Prey in Aquatic Ecosystems

D. Lidgard and W.D. Bowen

Predator-prey interactions have usually focused on direct mortality, whereby a predator consumes prey and directly changes prey abundance (i.e., density-mediated interactions. However, the mere presence of a predator may also impact the abundance of their prey by inducing changes in the phenotype or traits of the prey, such as their behaviour (i.e., trait-mediated interactions). Trait-mediated interactions arise because individuals are faced with a trade-off: one of minimising predation risk while maximising some aspect of their life history strategy, e.g., energy intake or reproduction. The costs associated with anti-predator behaviours are usually a reduction in energy intake brought about by a decrease in foraging activity or movement to a less favourable foraging habitat. Ultimately, this change in behaviour may reduce growth and increase mortality. Research has shown that the level of risk taking often state-dependent, i.e., dependent on the body size or condition of the individual. Thus, only a subset of individuals may be affected during periods of low food availability. In addition to direct effects on behaviour of prey, predator effects may be indirect if a change in some property of other species is caused by the change predator behaviour that then causes a change in a receiver species that does not directly interact with the predator. Trait-mediated interactions are common in terrestrial and aquatic communities. However, far fewer studies have reported such interactions in marine communities, particularly for top marine predators such as sharks, pinnipeds, and large predatory fish. These effects can be as strong as, or stronger than, lethal effects, even when the lethal effects are high effects, because they are additive and they persist throughout life of prey. Trait-mediated effects are also stronger in aquatic than in terrestrial ecosystems. In two-level food chains, trait-mediated effects accounted for 77% of the total effect in marine systems, 63% in freshwater, and 40% in terrestrial systems. Therefore, the lack of studies on trait-mediated interactions between large marine predators and their prey is not a reflection of their ecological importance, but rather a reflection of the difficulty of studying such interactions in large species in an ocean environment.

## Annexe 3 - Résumés des présentations faites à l'atelier

A. Interactions comportementales entre des prédateurs et leurs proies dans les écosystèmes aquatiques

D. Lidgard et W.D. Bowen

Les études des interactions prédateurs-proies portent généralement sur la mortalité directe, c.-à-d. sur le fait que les prédateurs consomment des proies et qu'ils ont ainsi un effet direct sur l'abondance des proies (c.-à-d. interactions liées à la densité). Toutefois, la simple présence d'un prédateur peut également avoir des répercussions sur l'abondance des proies en entraînant, chez celles-ci, des changements de phénotype ou de certaines caractéristiques, comme le comportement (c.-à-d. interactions liées aux caractéristiques). Les coûts liés aux comportements d'évitement des prédateurs consistent habituellement en une réduction de l'apport énergétique causée par une baisse des activités d'alimentation ou en des déplacements vers des habitats aux ressources alimentaires moindres. En bout de ligne, ce changement de comportement peut entraîner une réduction de la croissance et une hausse de la mortalité. Des études ont montré que la disposition d'un individu à prendre des risques dépend souvent de sa condition, c.-à-d. de sa taille corporelle ou de son état. Par conséquent, il est possible que seul un sous-ensemble d'une population soit touché durant les périodes de faible abondance des ressources alimentaires. En plus des effets directs sur le comportement des proies, les prédateurs peuvent avoir des effets indirects si un changement dans leur comportement entraîne la modification d'une propriété d'une espèce et, par la suite, un changement chez une espèce sans interaction directe avec les prédateurs. Les interactions liées aux caractéristiques sont courantes dans les communautés terrestres et aquatiques. Cependant, très peu d'études ont fait état de telles interactions au sein des communautés marines, particulièrement dans le cas des prédateurs marins importants comme les requins, les pinnipèdes et les grands poissons prédateurs. Ces effets peuvent être aussi importants, voire plus importants, que les effets létaux puisqu'ils s'additionnent et persistent durant toute la vie des proies. Les effets liés aux caractéristiques sont également plus importants en milieu aquatique qu'en milieu terrestre. Dans les chaînes trophiques à deux niveaux, les effets liés aux caractéristiques comptent pour 77 % de

l'effet total dans les écosystèmes marins, 63 % de l'effet total en eau douce et 40 % de l'effet total en milieu terrestre. Par conséquent, le manque d'études sur les interactions liées aux caractéristiques entre les grands prédateurs marins et leurs proies n'est pas le reflet de l'importance écologique de ces interactions, mais plutôt le reflet de la difficulté de l'étude de telles interactions chez de grandes espèces dans le milieu océanique.

B. Update on Trends of Larval Sealworm Infection in Scotia-Fundy Groundfish: Evidence of Sealworm-induced Fish Mortality

G. McClelland

Surveys of eastern Canadian fish stocks conducted during the early 1980s revealed that larval sealworm, *Pseudoterranova decipiens*, were most abundant in demersal species from southern Newfoundland (Div. 3P), the Gulf of St. Lawrence (divs. 4RST), the Cape Breton and Scotian shelves (divs. 4VWX) and the Gulf of Maine (divs. 4X-5Z). Prevalence (% of host population infected) and abundance (*A*) (mean worm count) of the parasite had been increasing in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and other groundfish species from divs. 3P, 4RS, 4VWX and 5Z since the 1950s, and began to increase in southern Gulf of St. Lawrence (Div. 4T) groundfish after 1983. By the late 1980s, the heaviest infections were found in demersal fish from the Central Scotian Shelf (Div. 4W) near Sable Island, site of the largest colony of grey seals (*Halichoerus grypus*), important definitive hosts of *P. decipiens*, in the Northwest Atlantic. The "Sealworm Index" time series, a survey employing an indicator host, American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) 31-40 cm in length, to monitor spatial and temporal distributions of larval sealworm; however, revealed that infection parameters began to decline in divs. 4VW plaice after 1990, despite proximity to the rapidly growing Sable Island seal colony. Abundances in "Index" plaice from the southern Gulf of St. Lawrence and southwestern Nova Scotia, on the other hand, continued to increase through the 1990s, and by 2000, the heaviest infections (*A*=15.48) were found in fish from the German Bank/Jordan Basin (Div. 4X) area.

B. Mise à jour sur les tendances des infestations par les larves du ver du phoque chez le poisson de fond de la région Scotia-Fundy : preuves d'une mortalité des poissons due au ver du phoque

G. McClelland

Les relevés des stocks de poissons de l'est du Canada effectués au début des années 1980 ont révélé que les larves du ver du phoque (*Pseudoterranova decipiens*) étaient les plus abondantes chez les espèces démersales du sud de Terre-Neuve (division 3P), du golfe du Saint-Laurent (divisions 4RST), du plateau du Cap-Breton et du plateau néo-écossais (divisions 4VWX) et du golfe du Maine (divisions 4X-5Z). La prévalence (% infesté de la population d'hôtes) et l'abondance (*A*; nombre moyen de vers) du parasite chez la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) et d'autres espèces de poissons de fond des divisions 3P, 4RS, 4VWX et 5Z augmentaient depuis les années 1950, tandis que chez le poisson de fond du sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) [division 4T], ces facteurs ont commencé à augmenter après 1983. À la fin des années 1980, les infestations les plus importantes touchaient les poissons démersaux du centre du plateau néo-écossais (division 4W) près de l'île de Sable, le site de la plus grande colonie de phoques gris (*Halichoerus grypus*), un hôte définitif important de *P. decipiens* dans l'Atlantique Nord-Ouest. Cependant, la série chronologique de l'indice du ver du phoque, qui consiste en un relevé axé sur la surveillance de la distribution spatiale et temporelle des larves du ver du phoque chez un hôte indicateur (les plies canadiennes [*Hippoglossoides platessoides*] de 31 à 40 cm de longueur), a révélé que les paramètres d'infestation ont commencé à baisser chez les plies des divisions 4VW après 1990 et ce, malgré la proximité de la colonie de phoques de l'île de Sable à croissance rapide. Par contre, l'abondance des plies surveillées dans le sGSL et dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse a continué à augmenter dans les années 1990. En 2000, les infestations les plus importantes (*A* =

15,48) touchaient des poissons de la zone du banc German et du bassin Jordan (division 4X).

In 2006, larval anisakine (sealworm and related species) infections were surveyed in 1376 cod, and 1510 plaice from Nova Scotian waters, following protocols used in surveys during the 1980s. Cod samples included 502 fish from the Cape Breton Shelf (Subdiv. 4Vn), 279 from Sable Island and Western banks (Div. 4W) and 595 from the Southern Scotian Shelf and northeastern Gulf of Maine (4X). Two-way ANOVA (host length x survey year) of 1981, 1989-1990 and 2006 samples of Subdiv. 4Vn cod (≤70 cm in length) reveals that sealworm abundances in the 2006 sample were significantly greater (P≤0.0001) than those recorded in 1981, but did not differ from those found in the 1989-1990 sample. Similar contrasts of 1982, 1989-1990 and 2006 samples of Div. 4W cod ≤60 cm in length indicate that worm abundances in the 2006 sample had fallen significantly (P≤0.001) from those recorded in 1989–1990, and, in fact, did not differ significantly (P=0.061) from abundances observed in 1982. Finally, a two-way ANOVA of infections in Div. 4X cod showed that sealworm was significantly more abundant (P≤0.0001) in the 2006 sample from Roseway Basin and vicinity, than they were in the 1983-1984 sample from the same area. Worm abundances in the 2006 sample and those recorded in cod from the Grand Manan Basin in 1990, however, did not differ significantly (P=0.075). Among cod sampled in 2006, sealworm abundance was greatest (A=13.35) in Div. 4X cod >70 cm in length, with the highest individual worm counts (1998 and 1999) being recorded in 2 Roseway Bank cod, 66 and 59 cm in length, respectively.

En 2006, les effets des infestations de larves d'anisakinés (ver du phoque et espèces apparentées) ont été examinés chez 1 376 morues et 1 510 plies des eaux de la Nouvelle-Écosse, selon des protocoles utilisés lors de relevés menés dans les années 1980. Les échantillons de morue comprenaient 502 poissons du plateau du Cap-Breton (sous-division 4Vn), 279 poissons des bancs de l'île de Sable et Western (division 4W) et 595 poissons du sud du plateau néo-écossais et du nord-est du golfe du Maine (4X). Une ANOVA à deux facteurs (longueur de l'hôte x année de relevé) axée sur les échantillons de morue de 4Vn de 1981, de 1989-1990 et de 2006 (≤ 70 cm de longueur) révèle que l'abondance du ver du phoque dans l'échantillon de 2006 est significativement supérieure (P ≤ 0,0001) à celle enregistrée en 1981, mais semblable à celle dans l'échantillon de 1989-1990. Des comparaisons semblables des échantillons de morue de 4W de 1982, de 1989-1990 et de 2006 (≤ 60 cm de longueur) indiquent que l'abondance du ver dans l'échantillon de 2006 a significativement inférieure (P ≤ 0,001) à celle enregistrée en 1989–1990 et qu'elle ne diffère pas significativement (P = 0,061) de l'abondance observée en 1982. Finalement, une ANOVA à deux facteurs axée sur les infestations chez la morue de 4X montre que le ver du phoque est significativement plus abondant (P ≤ 0,0001) dans l'échantillon de 2006 de la zone du bassin Roseway que dans l'échantillon de la même zone prélevé en 1983-1984. Les abondances du ver dans l'échantillon de 2006 et chez les morues du bassin de Grand Manan en 1990 ne sont toutefois par significativement différentes (P = 0,075). Parmi les morues échantillonnées en 2006, l'abondance du ver du phoque était plus grande (A=13,35) chez les morues de 4X de plus de 70 cm de longueur. Les charges les plus élevées en vers (1998 et 1999) ont été observées chez deux morues du banc Roseway respectivement de 66 et 59 cm de longueur.

Plaice from the Cape Breton Shelf were partitioned into Smokey Channel (n=276) and Louisbourg Hole (n=234) groups in compliance with results of a recent divs. 4TVn plaice stock delineation study, while Div. 4X plaice were partitioned into groups from northern Div. 4X (Sambro area) (n=97), Roseway Basin and vicinity (n=718), Browns Bank (n=57), and German Bank (n=134) following analyses of

Les plies du plateau du Cap-Breton ont été classées dans deux groupes, le chenal Smokey (n = 276) et la fosse de Louisbourg (n = 234), conformément aux résultats d'une étude récente d'identification des stocks de plies des divisions 4TVn. Les plies de la division 4X ont été réparties dans quatre groupes, le nord de la division 4X (région de Sambro; n = 97), la zone du bassin Roseway (n = 718), le banc de Browns (n = 57) et

spatial variation in worm count/host length scatters. One-way ANOVA of "Index" survey data reveal that sealworm abundance in 31-40 cm plaice peaked from 1995 to 2000, and from 1987 to 1989 for Smokey Channel ($P \leq 0.0001$) and Louisbourg Hole ($P \leq 0.05$) respectively, but abundances have since declined, and in more recent samples, are similar to those recorded in the early 1980s. ANOVAs for Div. 4X index data, on the other hand, indicate that *P. decipiens* abundances have increased dramatically in both the Roseway Basin ($P \leq 0.001$) and German Bank/ Jordan Basin ($P \leq 0.0001$) areas since 1993. Sealworm abundance in 31-40 cm German Bank plaice in 2006 remained among the highest recorded (A=15.0) over the course of the "Index" time series, although Browns Bank plaice in the 21-25 cm length bracket were the most heavily infected (A=21.78) plaice overall. The highest individual worm counts (≥100) were recorded in 25, 28, and 37 cm plaice, from German Bank, Roseway Basin and Browns Bank, respectively.

le banc German (n = 134), à la suite d'analyses de la variation spatiale dans les diagrammes de dispersion du nombre de vers en fonction de la longueur de l'hôte. Une ANOVA à un facteur axée sur les données de la série chronologique de l'indice du ver du phoque révèle que l'abondance du ver chez les plies de 31 à 40 cm a atteint un sommet de 1995 à 2000, dans le chenal Smokey ($P \leq 0{,}0001$), et de 1987 à 1989, dans la fosse de Louisbourg ($P \leq 0{,}05$), mais l'abondance a baissé depuis. Dans les échantillons plus récents, l'abondance est semblable à celle enregistrée au début des années 1980. Par contre, les ANOVA axées sur les données de la division 4X indiquent que depuis 2003, l'abondance de *P. decipiens* a augmenté de façon spectaculaire dans la zone du bassin Roseway ($P \leq 0{,}001$) et dans la zone du banc German et du bassin Jordan ($P \leq 0{,}0001$). L'abondance du ver du phoque chez les plies de 31 à 40 cm du banc German en 2006 est demeurée parmi les plus élevées (A = 15,0) dans la série chronologique, mais les plies de 21 à 25 cm du banc de Browns étaient les plus infestées (A = 21,78). Les charges individuelles en vers les plus élevées (≥ 100) ont été enregistrées chez des plies de 25, 28 et 37 cm, respectivement du banc German, du bassin Roseway et du banc de Browns.

Laboratory experiments and field data indicate that larval sealworm infections may prove lethal to their fish host either through direct damage to vital organs and tissues, or through chemical impairment of the host's ability to forage and avoid predators. Sealworm densities (no./unit host weight) in free-living juvenile plaice and other small demersal fishes often exceed levels which have proven lethal to laboratory hosts, or at least detrimental to their performance. Hence, the nematode may have played a role in the collapse of plaice stocks on the central and Eastern Scotian Shelf, where fish of commercial size have become increasingly scarce since the late 1980s. Mortality of heavily infected fish would result in the truncation of the tails of right skewed worm count frequency distributions and, in turn, be evident in declines of sealworm abundance and/or the variance/mean worm count (abundance) ratio. Declines in both of these latter parameters have been apparent in recent divs. 4VW samples from the "Index" time series, most notably in those taken from the Sable Island Bank complex, in close proximity to the Sable Island grey seal population. Further, declines in both the abundance and the variance/abundance ratio frequently occur in larger (older) fish in given samples of plaice collected throughout divs.

Des études en laboratoire et des données sur le terrain indiquent que les infestations par les larves du ver du phoque peuvent être létales pour les hôtes soit par le biais de dommages directs aux organes et tissus vitaux ou d'une détérioration chimique de la capacité des hôtes à s'alimenter et à éviter les prédateurs. Les densités de ver du phoque (nombre d'individus en fonction du poids de l'hôte) chez les plies juvéniles autonomes et d'autres petits poissons démersaux dépassent souvent les niveaux létaux, ou à tout le moins nuisibles, observés en laboratoire. Ainsi, le nématode pourrait avoir joué un rôle dans l'effondrement des stocks de plies dans l'est et le centre du plateau néo-écossais, où les poissons de taille commerciale se font de plus en plus rares depuis la fin des années 1980. La mort des poissons très infestés aurait pour effet de tronquer la partie de droite des distributions asymétriques des fréquences de charges en vers, ce qui serait mis en évidence par le déclin de l'abondance du ver du phoque ou du rapport entre la variance et la moyenne des charges en vers. Le déclin de ces deux paramètres est apparent dans les échantillons récents des divisions 4VW tirés de la série chronologique de l'indice pour les plies, plus particulièrement dans les échantillons prélevés dans le complexe du banc de l'île de

4VWX. With regards to cod, the decline in sealworm abundance observed in Div. 4W from 1989-1990 to 2006, and the weakness, or lack, of correlation between the variance/mean worm count ratio and host length in the 2006 sample from Subdiv. 4Vn ($R^2$=0.0058) and in both the 1989-1990 ($R^2$=0.25) and 2006 ($R^2$=0.11) samples from Div. 4W, may also be indicative of sealworm-induced host mortality.

Sable, très près de la population de phoques gris de l'île de Sable. De plus, le déclin de l'abondance et du rapport entre la variance et l'abondance se produit fréquemment chez les grands poissons (âgés) dans les échantillons de plies recueillis dans les divisions 4VWX. En ce qui concerne la morue, le déclin de l'abondance du ver du phoque observé dans la division 4W de 1989-1990 à 2006, de même que la corrélation faible ou nulle entre le rapport variance-moyenne des charges en vers et la longueur des hôtes dans l'échantillon de 2006 de la sous-division 4Vn ($R^2$=0,0058) et dans les échantillons de 1989-1990 ($R^2$=0,25) et de 2006 ($R^2$=0,11) de la division 4W, pourraient également être un indice de la mortalité des hôtes induites par le ver du phoque.

*Reference*

McClelland, G. 2002. The trouble with sealworms (*Pseudoterranova decipiens* species complex): A review; pp. 183-203. *In:* R. Poulin (Ed.) Parasites in Marine Systems. Parasitology 124 (suppl.).

*Références*

McClelland, G. 2002. The trouble with sealworms (*Pseudoterranova decipiens* species complex): A review; pp. 183-203. *In :* R. Poulin (Ed.) Parasites in Marine Systems. Parasitology 124 (suppl.).

C. Seal Abundance Overview
G. Stenson, M.O. Hammill, and W.D. Bowen

C. Aperçu de l'abondance des phoques
G. Stenson, M.O. Hammill et W.D. Bowen

Harp, hooded, and grey seals are three most common species in the North Atlantic and the subject of extensive study. All three species are assessed using population models that incorporate data on reproductive rates, reported and unreported removals, and periodic, independent estimates of pup production.

Le phoque du Groenland, le phoque à capuchon et le phoque gris sont les trois espèces de phoques les plus communes dans l'Atlantique Nord et elles font l'objet de nombreuses études. Les trois espèces sont évaluées à l'aide de modèles de population comprenant des données sur les taux de reproduction, les captures déclarées et non déclarées ainsi que des estimations indépendantes et périodiques de la production de jeunes phoques.

Generally, surveys should be carried out every 3-5 years, depending upon species. Extensive reconnaissance is carried out to locate all of the whelping concentrations. Once located, whelping patches located on the ice are tracked using satellite transmitters. Pup production in each whelping location is determined from visual and/or photographic systematic strip transect surveys. The estimates are corrected for reader errors and pups that may not have been born at the time of the survey. The latter is estimated by modeling changes in the proportion of pups in recognizable developmental stages over the survey period. A small number of seals (less than 1,000) are taken in the Canadian Arctic. In addition to reported catches, the number of seals killed, but not recovered or reported and the number of seals

En général, les relevés devraient être effectués tous les trois à cinq ans, selon l'espèce. Des travaux de reconnaissance à grande échelle sont effectués pour localiser toutes les concentrations de reproducteurs. Une fois ces travaux terminés, les phoques qui fréquentent les aires de mise bas situées sur la glace font l'objet d'une surveillance à l'aide d'émetteurs satellitaires. La production de jeunes phoques dans chaque aire de mise bas est déterminée à l'aide de relevés visuels ou photographiques systématiques par survol de transects. Les estimations sont corrigées pour éliminer les erreurs de lecteur et pour tenir compte des jeunes qui n'avaient pas encore vus le jour au moment du relevé. Ce dernier élément est estimé par le biais de la modélisation des changements dans la proportion de jeunes à

killed accidentally in fishing gear is estimated and included in the total removals.

chaque stade de développement reconnaissable durant la période de relevé. Un petit nombre de phoques (moins de 1 000) sont capturés dans l'Arctique canadien. En plus des captures déclarées, le nombre de phoques tués mais non récupérés ou déclarés ainsi que le nombre de phoques qui meurent accidentellement dans des engins de pêche sont estimés et pris en considération dans les captures totales.

*Harp Seals*

Harp seals are found across the North Atlantic and are divided into 3 putative populations. The largest, the Northwest Atlantic population, is a seasonal migrant that summers along western Greenland and the eastern Canadian Arctic. In the winter, it migrates southward and pups in Canadian waters off southern Labrador and in the Gulf of St. Lawrence. The model used to estimate Northwest Atlantic harp seal abundance incorporates data on catches since 1952. During the 1950s and 1960s, Canadian catches were unregulated and averaged approximately 290,000. Quotas were implemented in 1971 and between 1971 and 1982 catches averaged 165,000. After the implementation of a ban on whitecoats by the European Economic Community (the main market), catches declined, averaging approximately 52,000 seals annual between 1983 and 1995. Catches increased to over 240,000 in 1996 and have remained high, averaging 269,000 since. Catches of Northwest Atlantic harp seals in Greenland increased from 5,000–10,000 in the early 1970s to approximately 100,000 in 2000. Catches declined to approximately 70,000 from 2002–2004, but increased again to 90,000 in 2005, the last year for which data are available.

*Phoque du Groenland*

Cette espèce est présente dans l'ensemble de l'Atlantique Nord et elle se divise en trois populations hypothétiques. La plus grande population, celle de l'Atlantique Nord-Ouest, effectue des migrations saisonnières et passe l'été le long de la côte ouest du Groenland et dans l'est de l'Arctique canadien. L'hiver, cette population migre vers le sud et donne naissance aux jeunes phoques dans les eaux canadiennes au sud du Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Le modèle utilisé pour estimer l'abondance du phoque du Groenland dans l'Atlantique Nord-Ouest comprend des données sur les captures depuis 1952. Durant les années 1950 et 1960, les captures canadiennes ne faisaient l'objet d'aucune réglementation et se chiffraient en moyenne à environ 290 000 individus. Des quotas ont été mis en œuvre en 1971, et entre 1971 et 1982, les captures se sont chiffrées en moyenne à 165 000. Après l'entrée en vigueur de l'interdiction de la chasse au blanchon par la Communauté économique européenne (le marché principal), le nombre de captures a diminué pour atteindre en moyenne environ 52 000 phoques par année entre 1983 et 1995. Le nombre de captures a dépassé le cap des 240 000 en 1996 et il est demeuré élevé depuis (moyenne de 269 000). Les captures de phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest au Groenland sont passées de 5 000 à 10 000 au début des années 1970 à environ 100 000 en 2000. Les captures ont baissé jusqu'à environ 70 000 de 2002 à 2004, mais elles ont augmenté à nouveau pour atteindre 90 000 en 2005, la dernière année pour laquelle des données sont disponibles.

Significant changes have been observed in the age-specific reproductive rates of Northwest Atlantic harp seals. The mean age of sexual maturity decreased from 5.8 years in the mid 1950s to 4.1 in the early 1980s, then increased to 5.3 years by the early 1990s and peaked at 5.6 years by 1995. During this period, annual pregnancy rates increased from approximately

Des changements importants ont été observés dans les taux de reproduction selon l'âge chez les phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest. L'âge moyen à maturité a baissé de 5,8 ans au milieu des années 1950 à 4,1 ans au début des années 1980, puis il a augmenté pour atteindre 5,3 ans au début des années 1990 et un sommet de 5,6 ans en 1995. Durant cette

86% in the 1950s to a high of 98% in the mid 1960s and then declined steadily to approximately 65-70% by the early 1990s.

période, le taux annuel de gravidité a augmenté, passant d'environ 86 % dans les années 1950 à un sommet de 98 % au milieu des années 1960. Ce taux a ensuite baissé de façon constante jusqu'à atteindre environ 65 à 70 % au début des années 1990.

A series of 7 pup production estimates are available over the past 3 decades. The number of harp seal pups born increased from approximately 500,000 in the late 1970s to 997,000 in 1999, after which it leveled off due to the increased catches that occurred since 1996. The most recent surveys were carried out in 2004 and resulted in an estimate of 991,000 pups.

Une série de sept estimations de la production de jeunes est disponible pour les trois dernières décennies. Le nombre de jeunes phoques du Groenland est passé d'environ 500 000 à la fin des années 1970 à 997 000 en 1999, année après laquelle le nombre s'est stabilisé en raison de la hausse des captures depuis 1996. Les relevés les plus récents ont été effectués en 2004 et ils ont donné une estimation de 991 000 jeunes.

Removals, reproductive rates, and estimates of pup production have been incorporated into a population model to estimate trends in abundance since 1960. Harp seal abundance declined during the 1960s to a low of approximately 1.8 million animals in the early 1970s. It then increased to approximately 5.5 million seals by the mid 1990s, where it has remained relatively stable.

Les captures, les taux de reproduction et les estimations de la production de jeunes ont été intégrés à un modèle de population afin d'estimer les tendances de l'abondance depuis 1960. L'abondance du phoque du Groenland a diminué au cours des années 1960 pour atteindre un plancher d'environ 1,8 million d'individus au début des années 1970. Elle a ensuite augmenté pour atteindre environ 5,5 millions au milieu des années 1990, et elle se maintient à peu près à ce niveau depuis.

*Grey Seals*

*Phoque gris*

There is a small commercial harvest for grey seals in Atlantic Canada. Over the last 5 years, an average of 655 seals has been killed annually during hunts in the Gulf of St. Lawrence and along the Eastern Shore of Nova Scotia. Grey seals are protected on Sable Island. Some grey seals have been killed under a Nuisance seal permit provision of the Marine Mammal Regulations, primarily in Nova Scotia (Maritimes Region). Only 91 seals have been reported killed under these permits, but statistics are incomplete. Grey seals may also be taken as incidental catch in commercial fisheries, but no data are available on the magnitude of this mortality.

Le phoque gris fait l'objet d'une petite chasse commerciale au Canada atlantique. Au cours des cinq dernières années, 655 phoques ont été tués en moyenne par année par des chasseurs dans le golfe du Saint-Laurent et le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse. Le phoque gris est protégé sur l'île de Sable. Certains phoques gris ont été tués en vertu d'une disposition relative à un permis de chasse au phoque nuisible du *Règlement sur les mammifères marins*, la plupart des cas étant survenus en Nouvelle-Écosse (Région des Maritimes). Seuls 91 phoques ont été signalés comme ayant été tués en vertu d'un tel permis, mais les données sont incomplètes. Le phoque gris peut également être capturé sous forme de prises accessoires dans le cadre de pêches commerciales, mais il n'existe aucune donnée disponible sur l'importance de cette mortalité.

A significant increase in the age at first birth has been observed among the seals pupping on Sable Island over the last decade. The proportion of animals aged 5 years old appearing for the first time with a pup has declined from 30% during the

Au cours de la dernière décennie, une augmentation importante de l'âge à la première mise bas a été observée chez les phoques qui mettent bas à l'île de Sable. La proportion d'animaux âgés de cinq ans apparaissant pour la

period 1985-1989 to 12% during 1998-2002. In the non-Sable Island component of the population, the mean age at first birth is 5 years old. This has not changed since the late 1960s, nor have changes been observed over time in age-specific pregnancy rates.

première fois avec un jeune a baissé de 30 % durant la période de 1985 à 1989 à 12 % durant la période de 1998 à 2002. Dans la composante de la population qui ne fréquente pas l'île de Sable, l'âge moyen à la première mise bas est cinq ans, ce qui n'a pas changé depuis la fin des années 1960. De plus, aucun changement dans les taux de gravidité selon l'âge n'a été observé au fil du temps.

Grey seals form a single genetic population that can be divided into 3 groups based on the location of breeding sites. The majority of pups (81%) are born on Sable Island, while 15% are born in the Gulf and 4% are born along the Eastern Shore of Nova Scotia. This distribution has changed over time, with a decline in the fraction of the population born on the ice compared to on small islands, and an increase in the proportion of animals born on the Eastern Shore, compared to the Gulf.

Cette espèce constitue une population génétique unique qui peut être divisée en trois groupes d'après l'emplacement des sites de reproduction. La majorité des jeunes (81 %) voient le jour sur l'île de Sable, 15 % naissent dans le golfe du Saint-Laurent et 4 % naissent le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse. Cette répartition a évolué au fil du temps : le rapport entre les individus nés sur la glace et ceux nés sur de petites îles a diminué et le rapport entre les individus nés sur la côte est de la N.-É. et ceux nés dans le golfe a augmenté.

Grey seal pup production has been estimated using a variety of methods including complete tagging, mark-recapture experiments, and visual and/or photographic surveys. The most recent surveys were carried out in 2007. Based on these surveys, total production of Northwest Atlantic grey seals was estimated to be 67,500 (SE=1,400). This includes 54,500 (SE=1,300) pups born on Sable Island, 3,000 (SE=40) along the Eastern Shore of Nova Scotia, and 9,900 (SE=600) in the Gulf of St. Lawrence. With the completion of the 2007 survey, there have been more than 3 surveys in the last 15 years.

La production de jeunes phoques gris a été estimée à l'aide d'une gamme de méthodes, y compris des études complètes de marquage-recapture et des relevés visuels ou photographiques. Les relevés les plus récents ont été effectués en 2007 et d'après ceux-ci, la production totale de phoques gris dans l'Atlantique Nord-Ouest a été estimée à 67 500 jeunes (ET = 1 400), dont 54 500 (ET = 1 300) sur l'île de Sable, 3 000 (ET = 40) le long de la côte est de la N.-É. et 9 900 (ET = 600) dans le golfe du Saint-Laurent. Si l'on compte le relevé de 2007, plus de trois relevés ont été effectués au cours des 15 dernières années.

Pup production on Sable Island increased exponentially at a rate of 12.8% per year between the 1970s and 1997. However, recent data indicates that this rate has declined to approximately 7% per year. Pup production in the Eastern Shore component has also increased from a few hundred in the early 1990s to over 3,000 in 2007. Pup production in the Gulf has been more variable. It has increased from roughly 7,000 animals in 1984 to 11,000 in 1996, but has fluctuated between 6,100 and 15,600 since then.

La production de jeunes sur l'île de Sable a augmenté exponentiellement selon un taux de 12,8 % par année entre les années 1970 et 1997. Des données récentes indiquent toutefois que ce taux se chiffre maintenant à environ 7 % par année. La production sur la côte est de la N.-É. a également augmenté, passant de quelques centaines au début des années 1990 à plus de 3 000 en 2007. Dans le golfe, la production a été plus variable puisqu'elle est passée d'environ 7 000 individus en 1984 à 11 000 en 1996 et qu'elle varie entre 6 100 et 15 600 depuis.

Estimated total abundance of grey seals in eastern Canada increased from around 20,000 animals in the 1970s to approximately 300,000 seals in 2007. Although growth has been exponential, the rate of increase, particularly on the main colony at Sable Island appears to be

L'estimation de l'abondance totale du phoque gris dans l'est du Canada est passée d'environ 20 000 individus dans les années 1970 à environ 300 000 en 2007. Bien que la croissance ait été exponentielle, le taux de croissance semble diminuer, particulièrement dans la colonie

slowing.

*Hooded Seals*

There are 2 populations of hooded seals in the North Atlantic; one in the east (Greenland Sea population) and the other in the west (Northwest Atlantic). Northwest Atlantic hooded seals are harvested in Canadian and Greenland waters. Prior to the imposition of quotas in 1974, Canadian catches were highly variable, ranging from a couple of hundred to more than 25,000. Between 1974 and 1982, catches were fairly constant, averaging 12,500 (SD=2,000) per year. As a result of a collapse in the major markets for bluebacks in 1982, catches declined. With the exception of a few years in the late 1990s, Canadian catches have generally remained in the range of a few hundred or lower older (greater than 1 year of age) seals since. Hooded seals from all 3 whelping areas in the Northwest Atlantic are hunted in Greenland. Catches were between 1,000 and 2,000 from the mid 1950s until 1972 (mean=1,600, SD=600). Since then, catches have ranged from 3,000-10,000, being in the 6,000-7,000 range in most years. There is no evidence to indicate that any significant numbers of hooded seals are taken as incidental catch in fishing gear. As a result, the majority of hooded seals killed in the past 2 decades were taken in Greenland hunt.

Pregnancy rates of hooded seals are poorly known. Only a limited number of samples are available and it is difficult to obtain post-implantation or late-term females. Although the available data suggest that reproductive rates were lower in the 1990s than in the early 1980s, the data have not been sufficiently analysed to determine if a change has occurred.

In the Northwest Atlantic, the largest number of pups are born off the coast of Newfoundland (the Front). Several pup production estimates are available for this stock, but different methods were used and they are not all directly comparable. The results of aerial surveys conducted in 1984

principale de l'île de Sable.

*Phoque à capuchon*

Cette espèce compte deux populations dans l'Atlantique Nord : une dans l'est (population de la mer du Groenland) et une autre dans l'ouest (Atlantique Nord-Ouest). Le phoque à capuchon de l'Atlantique Nord-Ouest fait l'objet d'une chasse dans les eaux du Canada et du Groenland. Avant l'imposition de quotas en 1974, les captures canadiennes étaient très variables, de quelques centaines de phoques à plus de 25 000 individus. Entre 1974 et 1982, le nombre de captures a été assez constant, se chiffrant en moyenne à 12 500 (ET=2 000) par année. À la suite de l'effondrement des principaux marchés des dos bleus en 1982, le nombre de captures a baissé. À l'exception de quelques années à la fin des années 1990, les captures canadiennes sont depuis demeurées en général égales ou inférieures à quelques centaines de phoques âgés de plus d'un an. Les phoques à capuchon des trois aires de mise bas dans l'Atlantique Nord-Ouest font l'objet d'une chasse au Groenland. Les captures se sont chiffrées entre 1 000 et 2 000 individus du milieu des années 1950 à 1972 (moyenne = 1 600, ET = 600). Depuis ce temps, les captures ont varié entre 3 000 et 10 000, et elles se sont chiffrées entre 6 000 et 7 000 la plupart des années. Il n'existe aucune preuve selon laquelle un nombre important de phoques à capuchon sont capturés sous forme de prises accessoires dans les engins de pêche. Par conséquent, la majorité des phoques à capuchon tués au cours des deux dernières décennies ont été des victimes de la chasse au Groenland.

Il existe très peu de données sur les taux de gravidité chez les phoques à capuchon. Seul un nombre limité d'échantillons sont disponibles, et il est difficile d'obtenir des femelles au stade post-implantatoire ou au stade de gravidité avancée. Bien que les données disponibles suggèrent que les taux de reproduction dans les années 1990 étaient inférieurs à ceux au début des années 1980, les données n'ont pas été suffisamment analysées pour déterminer si un changement s'est produit.

Dans l'Atlantique Nord-Ouest, le plus grand nombre de naissances se produisent au large de la côte de Terre-Neuve (c.-à-d. le Front). Plusieurs estimations de la production de jeunes sont disponibles pour ce stock, mais différents modèles ont été utilisés et ils ne peuvent pas tous

indicated that pup production was approximately 62,000 (95% CI 43,700-89,400), while aerial surveys carried out in 1990, using methods similar to those used in 1984, produced an estimate of 83,000 (SE=12,600). Pup production in the Davis Strait was estimated to be 18,600 (95% CI 14,000-23,000) in 1984. The small number of hooded seal pups born in the Gulf of St. Lawrence have been surveyed several times since 1990, although the results were variable. In 1990, pup production was estimated to be about 1,600 (SE=460), while in 1991 it was 2,000 (SE=190). The area was surveyed again in 1994, resulting in an estimate, of 8,700 pups (SE=1,800).

faire l'objet de comparaisons directes. Les résultats des relevés aériens effectués en 1984 indiquent que la production de jeunes se chiffrait à environ 62 000 (IC à 95 % : 43 700-89 400), tandis que les relevés aériens effectués en 1990 à l'aide de méthodes semblables à celles utilisées en 1984 ont donné une estimation se chiffrant à 83 000 (ET = 12 600). La production de jeunes dans le détroit de Davis a été estimée à 18 600 (IC à 95 % : 14 000-23 000) en 1984. Le petit nombre de jeunes phoques à capuchon nés dans le golfe du Saint-Laurent a fait l'objet de plusieurs relevés depuis 1990, mais les résultats ont été variables. La production de jeunes a été estimée à environ 1 600 (ET = 460) en 1990 et à 2 000 (ET = 190) en 1991. La zone a fait l'objet d'un autre relevé en 1994, et la production a alors été estimée à 8 700 jeunes (ET = 1 800).

The only simultaneous estimate of pup product in all 3 whelping areas was obtained in 2005. Pup production at the Front was estimated to be 107,013 (SE=7,558, CV=0.071), while 6,620 (SE=1,700, CV=0.258) pups were estimated to have been born in the Gulf. Pup production in the Davis Strait whelping concentration was estimated to be 3,346 (SE=2,237, CV=0.668). Combing these areas resulted in an estimated pup production in the 3 Northwest Atlantic whelping areas of 116,900 (SE=7,918, CV=6.8%). Comparison with previous estimates suggests that pup production may have increased since the mid 1980s, but the possibility of transfer among the whelping areas cannot be discounted.

La seule estimation simultanée de la production de jeunes dans les trois zones de reproduction a été obtenue en 2005. La production de jeunes a été estimée à 107 013 (ET = 7 558; CV = 0,071) dans la zone du Front, à 6 620 (ET = 1 700; CV = 0,258) dans le golfe et à 3 346 (ET = 2 237; CV = 0,668) dans le détroit de Davis. La combinaison de ces zones a donné une estimation de la production dans les trois zones de reproduction de l'Atlantique Nord-Ouest se chiffrant à 116 900 (ET = 7 918; CV = 6,8 %). La comparaison avec les estimations antérieures suggèrent que la production de jeunes pourrait avoir augmenté depuis le milieu des années 1980, mais la possibilité de déplacement entre zones de reproduction ne peut être ignorée.

A population model was used to estimate total abundance for the period 1965-2005. Fitting to pup production estimates from all areas and making assumptions about numbers born in the Davis Strait or Gulf herd for years when these areas were not included, resulted in an estimated total population of 478,000 (SE=41,800; 95% CI=400,500-564,300) in 1965. Unlike harp and grey seals, hooded seals have shown little change in population size since then, with a total population estimated to be 593,500 (SE=67,200, 95% CI=465,600-728,300) in 2005. However, there is considerable uncertainty associated with these estimates due to our lack of understanding of the relationship between the Davis Strait, the Front, and the Gulf pupping areas, the limited number of surveys of all 3 areas, sparse reproductive data, and uncertain harvest statistics in some areas.

Un modèle de population a été utilisé pour estimer l'abondance totale pour la période de 1965 à 2005. L'ajustement par rapport aux estimations de la production de jeunes dans toutes les zones, ainsi que la formulation d'hypothèses sur le nombre de jeunes produits dans le détroit de Davis ou le golfe lors des années où ces zones n'ont pas été incluses dans les relevés, ont donné comme résultat une estimation de la population totale égale à 478 000 phoques (ET = 41 800; IC à 95 % = 400 500-564 300) en 1965. Contrairement au phoque du Groenland et au phoque gris, la taille de la population de phoques à capuchon a très peu variée depuis, l'effectif de la population totale étant estimé à 593 500 (ET = 67 200; IC à 95 %=465 600-728 300) en 2005. Il existe cependant une grande incertitude au sujet de ces estimations en raison des lacunes dans nos connaissances sur la relation entre les aires de mise bas du détroit de Davis, de la zone du Front

D. Seal Distribution Overview
M.O. Hammill and G. Stenson

Traditional approaches to evaluate distribution relied on combining information from harvesting, tag returns, and local knowledge. The development of satellite telemetry has provided new opportunities to gain insights into seasonal movements and distributions of harp, hooded, and grey seals in Atlantic Canada. Satellite transmitters have been deployed on harp (n=40), hooded (n=70), and grey seals (n=154). Deployments on harp seals have provided information on the fall migration and migration routes. Harp seals are pelagic, and spend much of their time over the continental shelf. Deep dives to over 400 m have been documented, but the majority of dives are to 100 m or less. Hooded seals are also pelagic, but are associated with the continental slope and deep water regions within the Gulf of St. Lawrence. Dives over 1 km deep have been recorded, but the majority are to depths of 100-300 m. Grey seals are considered more as a coastal species, distributed over the continental shelf. Dives over 400 m have been recorded, but most are shallow, with most dives less than 200 m on the Scotian Shelf, and less than 100 m deep within the Gulf. There is evidence of horizontal separation of Sable Island males and females on the Scotian Shelf during the post-breeding period, but this does not appear to be seen among animals from the Gulf. New state-based approaches are providing insights into distinguishing foraging behaviour from traveling behaviour.

et du golfe, le nombre limité de relevés portant sur ces trois zones, le petit nombre de données sur la reproduction et l'incertitude des données sur les captures dans certaines zones.

D. Aperçu de la répartition des phoques
M.O. Hammill et G. Stenson

Les approches traditionnelles visant à évaluer la répartition étaient fondées sur une combinaison de données sur la chasse, de marques récupérées et de connaissances locales. Les progrès dans le domaine de la télémesure par satellite ont fournit de nouvelles occasions d'approfondir les connaissances sur les migrations et répartitions saisonnières du phoque du Groenland, du phoque à capuchon et du phoque gris au Canada atlantique. Des émetteurs satellitaires ont été fixés sur des phoques du Groenland (n = 40), des phoques à capuchon (n = 70) et des phoques gris (n = 154). Les émetteurs sur les phoques du Groenland ont permis d'obtenir des données sur la migration automnale et les voies de migration de l'espèce. Le phoque du Groenland est une espèce pélagique qui passe la majeure partie de leur temps sur le plateau continental. Il plonge parfois à plus de 400 m de profondeur, mais se tient habituellement à moins de 100 m de profondeur. Le phoque à capuchon est également une espèce pélagique, mais il fréquente surtout le talus continental et les régions profondes du golfe du Saint-Laurent. Il plonge habituellement jusqu'à une profondeur de 100 à 300 m, mais il se rend parfois jusqu'à plus de 1 km de profondeur. Le phoque gris est davantage considéré comme une espèce côtière répartie sur l'ensemble du plateau continental. Il fréquente principalement les eaux peu profondes et plonge jusqu'à un maximum de 200 m sur le plateau néo-écossais et jusqu'à un maximum de 100 m dans le golfe. Certains phoques gris se rendent parfois à plus de 400 m de profondeur. Il existe des preuves d'une séparation horizontale des mâles et des femelles de l'île de Sable sur le plateau néo-écossais durant la période post-reproduction, mais une telle séparation ne semble pas exister entre les animaux du golfe. De nouvelles approches fondées sur la condition fournissent des moyens pour distinguer le comportement d'alimentation du comportement de déplacement.

E. Overview of the Diets of Grey, Harp, and Hooded Seals

W.D. Bowen, M Hammill, and G. Stenson

Studies have shown that the diets of these three species are characterized by significant regional, seasonal, and long-term variation in the species consumed. Sex differences are also evident in the diet of the adults of all three species, and there is evidence also for age-related changes.

The species composition of grey seal diets has been estimated from prey hard parts recovered from stomachs and faeces, and more recently by fatty acids. Diet composition of grey seals in the Gulf of St. Lawrence and around the coast of Newfoundland was examined using identification of otoliths recovered from digestive tracts collected between 1985 and 2004. Prey were recovered from 632 animals. Twenty-nine different prey taxa were identified. Grey seals sampled in the northern Gulf of St. Lawrence fed mainly on capelin, mackerel, wolfish, and lumpfish during the spring, but consumed more cod, sandlance, and winter flounder during late summer. Overall, the southern Gulf diet was more diverse, with sandlance, Atlantic cod, cunner, white hake and Atlantic herring dominating the diet. Capelin and winter flounder were the dominant prey in grey seals sampled from the east coast of Newfoundland, while Atlantic cod, flatfish, and capelin were the most important prey from the south coast. Faecal samples collected from Sable Island, Nova Scotia between 1991 and 1998 showed seasonal and interannual variability in the diet of grey seals. Sandlance dominated the diet in all season and years, but the importance of this and other species, including cod and flounders, varied over time. Quantitative fatty acid signature analysis of blubber lipids from 1993 to 2004 also found that sandlance was a dominant prey, but reveal a greater importance of redfish than previously indicated from faeces. Cod was a minor species in the diet.

E. Aperçu du régime alimentaire du phoque gris, du phoque du Groenland et du phoque à capuchon

W.D. Bowen, M Hammill et G. Stenson

Des études ont montré que le régime alimentaire de ces trois espèces est caractérisé par une variation importante à long terme, saisonnière et régionale des espèces consommées. Le régime alimentaire des adultes des trois espèces compte également des différences fondées sur le sexe, et des données suggèrent aussi des changements selon l'âge.

La composition en espèces du régime alimentaire du phoque gris a été estimée à partir des parties dures de proies récupérées dans les estomacs et les fèces de phoques gris et, plus récemment, à partir des acides gras. La composition du régime alimentaire du phoque gris dans le golfe du Saint-Laurent et autour de Terre-Neuve a été examinée par le biais de l'identification des otolithes récupérés dans des tubes digestifs de phoques entre 1985 et 2004. Des proies appartenant à 29 taxons différents ont été récupérées dans 632 animaux. D'après les échantillons analysés, les phoques gris du nord du golfe du Saint-Laurent se nourrissent principalement de capelans, de maquereaux, de loups de mer et de lompes au printemps et principalement de morues, de lançons et de plies rouges à la fin de l'été. Dans l'ensemble, le régime alimentaire des phoques du sud du golfe du Saint-Laurent est plus diversifié et est dominé par le lançon, la morue de l'Atlantique, la tanche-tautogue, la merluche blanche et le hareng. Le capelan et la plie rouge sont les proies dominantes des phoques gris de la côte est de Terre-Neuve, tandis que la morue, le poisson plat et le capelan sont les proies les plus importantes sur la côte sud de Terre-Neuve. Les échantillons de fèces prélevés à l'île de Sable entre 1991 et 1998 ont montré une variabilité saisonnière et interannuelle dans le régime alimentaire du phoque gris. Le lançon était la proie principale en toute saison et chaque année, mais l'importance des différentes espèces consommées, y compris la morue et les limandes, a varié avec le temps. L'analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA) dans le petit lard, menée de 1993 à 2004, a également permis d'établir que le lançon est une des proies principales, mais elle a révélé que le sébaste est une proie plus importante que ce qu'avait permis de déterminer l'analyse des fèces. La morue ne compte que pour une petite part du régime alimentaire.

Harp seal diets have been studied extensively off Newfoundland since the early 1980s based on the analysis of stomach contents and more recently based on fatty acids. The near shore diet of Northwest Atlantic harp seals comprised at least 62 species; however, 6 accounted for most of the mass consumed and their relative importance varied by area. Based on percent wet mass, sculpins (Cottidae) and Arctic cod were the main components of the diet of older seals (more than 1 year old) off Labrador, whereas Arctic cod and Atlantic herring were the main prey of seals from northeastern Newfoundland. A more diverse diet was observed in seals taken off the west coast of Newfoundland, where capelin, herring, Atlantic cod, redfish, and Arctic cod were the main species. The offshore diet of harp seals varied seasonally and geographically. Pups (less than 6 months old) usually consumed invertebrates, capelin, and sandlance. Subadults (6 months to 4 years old) consumed capelin and Arctic cod in the northern part of their range, but sandlance and capelin on the Grand Banks. Adults consumed invertebrates such as shrimp and Natantia (amphipods) when they were collected on the northern Labrador Shelf, but ate capelin, Greenland halibut, and Atlantic cod on the southern Labrador Shelf. On the Grand Banks, they consumed pleuronectids, sandlance, and capelin. Atlantic cod were rarely eaten by seals not caught by commercial trawlers. Fatty acids data collected between 1994 and 2004 indicated a greater reliance on amphipods, but sandlance, capelin, redfish, and Arctic cod were the other major species eaten.

Le régime alimentaire du phoque du Groenland au large de Terre-Neuve a fait l'objet d'un grand nombre d'études depuis le début des années 1980. Ces études sont fondées sur l'analyse des contenus stomacaux et, plus récemment, sur les acides gras. Le régime alimentaire du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest en milieu côtier est composé d'au moins 62 espèces. Six de ces espèces comptent pour la majorité de la masse consommée, et leur importance relative varie en fonction du lieu. D'après les pourcentages du poids humide, les chabots (*Cottidae*) et le morue arctique sont les principales composantes du régime alimentaire des phoques âgés (plus d'un an) au large du Labrador, tandis que le morue arctique et le hareng sont les proies principales des phoques du nord-est de Terre-Neuve. Le régime alimentaire des phoques capturés au large de la côte ouest de Terre-Neuve est plus diversifié et comprend notamment le capelan, le hareng, la morue de l'Atlantique, le sébaste et le morue arctique. Le régime alimentaire du phoque du Groenland en milieu hauturier varie en fonction des saisons et des lieux. Les jeunes (de moins de six mois) mangent habituellement des invertébrés, des capelans et des lançons. Les subadultes (de six mois à quatre ans) se nourrissent de capelans et de morues arctique dans le nord de leur aire de répartition, et de lançons et de capelans sur les Grands Bancs. Dans le nord de la plate-forme du Labrador, les adultes se nourrissent d'invertébrés, comme les crevettes et *Natantia* (amphipodes), tandis que dans le sud de cette même plate-forme, ils mangent des capelans, des flétans noirs et des morues. Sur les Grands Bancs, les adultes consomment des pleuronectidés, des lançons et des capelans. Les morues non capturées par les chalutiers commerciaux sont rarement la proie des phoques. Les données sur les acides gras recueillies entre 1994 et 2004 indiquent un régime axé davantage sur les amphipodes, mais le lançon, le capelan, le sébaste et le morue arctique sont les autres proies principales.

Less is known about the diets of hooded seals. Stomach contents analysis indicates that Greenland halibut, Arctic cod, capelin, herring, and redfish were the dominant fish consumed, but squids were also important foods. Recent studies using fatty acids have indicated a greater importance of redfish, argentine, and amphipods than previously believed.

Le régime alimentaire du phoque à capuchon est moins bien connu. L'analyse des contenus stomacaux indique que ses proies principales sont le flétan noir, le morue arctique, le capelan, le hareng et le sébaste, et que le calmar est également une proie importante. Les études récentes sur les acides gras indiquent que le sébaste, la grande argentine et les amphipodes sont des proies plus importantes que ce que l'on croyait auparavant.

F. Mortality Patterns in Fish in the Southern Gulf of St. Lawrence
D.P. Swain

For species that are aged, direct estimates of total mortality (*Z*) can be obtained from research survey catch rates at age. Trends in *Z* were compared with trends in fishing mortality (*F*) for Atlantic cod in the southern Gulf of St. Lawrence. For cod aged 7-11 years, *Z* rose to a very high level in the late 1980s and early 1990s. This reflected a sharp increase in *F*. The fishery was closed in 1994-1997, and *Z* decreased to a lower level. During this period, *Z* was estimated to be between 0.45 and 0.6. Because there was no fishery during this period, this indicates that natural mortality (*M*) was 0.4 or higher, twice the value normally assumed for cod. In recent years, estimates of *Z* have risen to very high levels near 1.0, despite little fishing. *M* of adult cod can also be estimated in blocks of years using sequential population analysis (SPA). This approach indicates that *M* of adult southern Gulf of St. Lawrence cod started to increase in the 1980s and confirms that *M* is currently at a high level (near 0.5).

A similar analysis was conducted for white hake in the southern Gulf of St. Lawrence. Estimated *Z* of adult hake rose from the mid 1980s to the early 1990s, reflecting increases in *F*. The fishery for white hake was closed in 1995 and *Z* declined. However, the minimum estimate of *Z* after the fishery closure was above 0.5, indicating that *M* was also elevated in the mid 1990s for adults of this species. *Z* of adult hake increased to very high levels (near 1.5) in the late 1990s and early 2000s. Because the directed fishery remained closed and there was little reported bycatch in other fisheries; this suggests that *M* of adult hake has increased further in recent years.

Stage-structured state-space models were used to estimate mortality trends of juvenile and adult skates in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Eastern Scotian Shelf (Div. 4VW) and Western Scotian Shelf (Div. 4X). Starting in the 1980s, *Z* of winter skate decreased for juveniles

F. Régimes de mortalité des poissons dans le sud du golfe du Saint-Laurent
D.P. Swain

On peut estimer directement la mortalité totale (*Z*) des espèces dont l'âge est établi d'après leurs taux de capture selon l'âge obtenus lors des relevés de recherche. Nous avons comparé les tendances de *Z* aux tendances de la mortalité par pêche (*F*) chez la morue de l'Atlantique du sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL). Chez les individus de 7 à 11 ans, *Z* a augmenté à la fin des années 1980 et au début des années 1990 et a atteint un niveau très élevé, ce qui reflétait une augmentation prononcée de *F*. La pêche a été fermée en 1994 et ce jusqu'en 1997, et *Z* a diminué. Durant cette période, *Z* se situait, selon des estimations, entre 0,45 et 0,6. La pêche étant fermée, cela indique que la mortalité naturelle (*M*) se situait à 0,4 ou plus, soit deux fois la valeur normalement présumée pour la morue. Dans les dernières années, le niveau estimatif de *Z* a grimpé pour se situer près de 1,0, malgré le fait qu'il y a eu très de pêche. Le niveau de *M* des adultes pendant des années successives peut aussi être estimé à l'aide d'une analyse séquentielle de populations (ASP). Cette approche révèle que, dans le sGSL, le niveau de *M* des adultes a commencé à augmenter à la fin des années 1980 et confirme que *M* atteint actuellement un niveau élevé (près de 0,5).

Nous avons réalisé une étude semblable de la merluche blanche du sGSL. Chez les adultes, le niveau estimatif de *Z* a augmenté du milieu des années 1980 au début des années 1990, ce qui reflète une augmentation de *F*. La pêche de la merluche blanche a été fermée en 1995, et *Z* a diminué. Toutefois, le niveau minimum estimatif de *Z* après la fermeture de la pêche était supérieur à 0,5, ce qui indique que le niveau de *M* des adultes était également élevé au milieu des années 1990. À la fin des années 1990 et au début des années 2000, *Z* a augmenté chez les adultes jusqu'à des niveaux très élevés (près de 1,5). Comme la pêche dirigée était fermée et que peu de prises accessoires ont été signalées dans d'autres pêches, cela suggère que le niveau de *M* chez les adultes a augmenté davantage dans les dernières années.

Nous avons utilisé des modèles d'espace d'états structurés par stade pour établir les tendances de la mortalité chez les raies juvéniles et les adultes dans le sGSL et l'est du plateau néo-écossais (div. 4VW), et l'ouest de ce dernier (div. 4X). Dans le sGSL et l'est du plateau, le niveau de *Z* des

and increased for adults in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Eastern Scotian Shelf, whereas no trends in *Z* were evident on the Western Scotian Shelf. The trends in *Z* in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Eastern Scotian Shelf reflected changes in *M*. For smooth skate, *Z* decreased between the 1970s and the 2000s for juveniles and increased over this time period for adults in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Eastern Scotian Shelf but not on the Western Scotian Shelf. For thorny skate, *Z* decreased over this time period for juveniles and increased for adults in all 3 ecosystems.

Ecosystem-level evidence of size-dependent mortality trends of fish in the southern Gulf was presented. Species composition of the marine fish community in the southern Gulf has changed dramatically over the past 35 years. Several species that were abundant in the 1970s and 1980s declined to low levels of abundance in 1990s and 2000s. In contrast, many other species that were at low abundance in the 1970s and 1980s increased to high levels of abundance in recent years. Species declining to low abundance in the 1990s and 2000s tended to be large-bodied fishes; those increasing to high abundance in the 1990s and 2000s tended to be small-bodied fishes. Changes in size in the southern Gulf marine fish community due to changes in species composition, combined with changes in the size distribution within species, can be summarized using biomass spectra. Annual biomass spectra for the 1971-2005 period indicate that in the 1990s there was a dramatic increase in the biomass of small fish and a decrease in the biomass of large fish. These changes in the species and size composition of the marine fish community indicate that mortality has decreased for small fish and increased for large fish.

A hypothesis was proposed to explain the contrasting mortality trends of small versus large fish in the southern Gulf: 1) large fish are predators of small fish, whereas grey seals are assumed to be predators of both small and large fish; 2) historical consumption by large fish in the southern Gulf greatly exceeded current consumption by grey seals (consumption by large

juvéniles de la raie tachetée a diminué à partir des années 1980 alors qu'il augmenté chez les adultes, mais aucune tendance n'était évidente dans l'ouest du plateau. Les tendances de *Z* dans le sGSL et l'est du plateau reflétaient les changements dans *M*. Dans le sGSL et l'est du plateau, le niveau de *Z* des juvéniles de la raie à queue de velours a diminué entre les années 1970 et les années 2000 alors qu'il a augmenté chez les adultes, mais cela n'a pas été le cas dans l'ouest du plateau. Durant cette même période, le niveau de *Z* des juvéniles de la raie épineuse a diminué dans ces trois écosystèmes, alors qu'il a augmenté chez les adultes.

Nous présentons des preuves écosystémiques de tendances de la mortalité du poisson dépendantes à la taille dans le sGSL. La composition de la communauté des espèces de poissons marins y a énormément changé au cours des 35 dernières années. Les effectifs de plusieurs espèces qui étaient abondantes dans les années 1970 et 1980 ont chuté dans les années 1990 et 2000, alors que de nombreuses autres espèces de faibles effectifs dans les années 1970 et 1980 ont augmenté jusqu'à des niveaux élevés dans les dernières années. Les espèces qui ont connu une baisse d'abondance dans les années 1990 et 2000 avaient tendance à être des poissons de grande taille, alors que celles qui ont connu une augmentation d'abondance avaient tendance à être de petite taille. Les changements dans la taille des poissons marins du sGSL dus à des changements dans la composition des espèces, ainsi que les changements dans la répartition par taille selon les espèces, peuvent être résumés sous forme de spectres de biomasse. Les spectres de biomasse annuels établis pour la période 1971-2005 indiquent qu'il s'est produit une augmentation spectaculaire de la biomasse de petits poissons et une baisse de la biomasse des gros poissons dans les années 1990. Ces changements dans la composition des espèces de la communauté des poissons marins et la répartition par taille indiquent que la mortalité a diminué chez les petits poissons mais a augmenté chez les gros poissons.

Voici notre hypothèse pour expliquer les tendances opposées de la mortalité chez les petits et les gros poissons dans le sGSL : 1) les gros poissons sont des prédateurs des petits poissons, alors que les phoques gris sont supposément des prédateurs des poissons, tant les gros que les petits; 2) les quantités de petits poissons consommées par le passé par les gros

cod in the mid 1980s in the southern Gulf is estimated to be about 8 t/km$^2$/yr, whereas consumption by grey seals in the southern Gulf in the mid 1990s is estimated to be about 1 t/km$^2$/yr); 3) biomass has collapsed for large demersal fish and increased for grey seals; and 4) this has resulted in a net decrease in consumption of small fish (by large fish plus seals) and an increase in consumption of large fish (by seals).

poissons étaient nettement supérieures aux quantités consommées par les phoques gris à l'heure actuelle (les quantités consommées par les grosses morues au milieu des années 1980 sont estimées à environ 1 t/km$^2$/an); 3) la biomasse des gros poissons démersaux s'est effondrée alors que la biomasse des phoques gris a augmenté; et 4) cela a donné lieu à une diminution nette des quantités de petits poissons consommés par les gros poissons et les phoques et à une augmentation des quantités de gros poissons consommés par les phoques.

G. Fish Mortality Patterns on the Scotian Shelf

R. Mohn

Total mortality is partitioned into fishing and natural mortality, which is in turn, portioned into predation mortality (M2) and all other sources. Examples of total mortality were examined for divs. 4X haddock, 4X cod, 4VW haddock, and 4VsW cod. The Eastern Scotian Shelf stocks had the advantage of an essentially complete closure of fishing since 1993, which allows direct estimation of the natural mortality. For the divs. 4VsW cod stock predation mortality was estimated for seal predation and cannibalism and suggests that cannibalism was the larger component in the 1980s. More explicit modeling is needed for the Scotian Shelf cod stocks and the role of predation.

G. Régimes de mortalité des poissons sur le plateau néo-écossais

R. Mohn

La mortalité totale se divise en mortalité par pêche et en mortalité naturelle. Cette dernière se subdivise en mortalité par prédation (*M*2) et en mortalité attribuable à toutes les autres sources. Nous avons utilisé les niveaux de mortalité totale de l'aiglefin de 4X, de la morue de 4X, de l'aiglefin de 4VW et de la morue de 4VsW comme exemples. Les stocks de l'est du plateau néo-écossais ont bénéficié d'une fermeture essentiellement complète de la pêche depuis 1993, ce qui permet d'estimer directement le niveau de mortalité naturelle. Pour le stock de morue de 4VsW, nous avons estimé le niveau de mortalité par prédation par les phoques et par cannibalisme. Les résultats suggèrent que le cannibalisme en était la composante la plus importante dans les années 1980. Une modélisation plus explicite des stocks de morue du plateau néo-écossais et du rôle de la prédation doit être effectuée.

H. Mortality of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off Labrador and Eastern Newfoundland (Div. 2J3KL), with Comments on Nearby Cod Stocks

G. Lilly

The role of seals in the dynamics of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off southern Labrador and eastern Newfoundland (the "northern", or divs. 2J3KL, stock) has been hotly debated since the collapse of the cod stock in the late 1980s and early 1990s. Interest in seals intensified as the stock failed to recover under the moratorium on directed fishing that was instituted in 1992. By the late 1990s, it was clear that the cod stock was at a very low level, but there was no estimate of total stock size because SPA had been discontinued during the early 1990s. The only time series of

H. Mortalité de la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) au large du Labrador et de l'est de Terre-Neuve (divisions 2J3KL), et commentaires sur les stocks de morue avoisinants

G. Lilly

Le débat sur le rôle des phoques dans la dynamique de la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) sur les côtes du sud du Labrador et de l'est de Terre-Neuve (le stock de morue du Nord ou des divisions 2J3KL) fait rage depuis l'effondrement de ce stock, à la fin des années 1980 et au début des années 1990. L'intérêt dans les phoques a pris de l'ampleur lorsque le stock ne s'est pas rétabli malgré le moratoire de la pêche dirigée imposé en 1992. Il était évident, à la fin des années 1990, que les effectifs du stock étaient très faibles, mais aucune

information on stock size came from offshore bottom-trawl surveys, which provided a biomass index of just 18,000 t in 1998. During the late 1990s, seal biologists began to provide new estimates of the biomass of cod being consumed by harp seals. The estimate for 1998 was 108,000 t, and although the estimate for 1998 was reduced to 50,000 t in 1999 and to 37,000 t in 2000 (Lilly et al. 1999, 2001; DFO 1999, 2001), the estimate still exceeded the biomass index from the trawl survey. Survey indices increased during the next few years (to 37,000 t in 2000), but there remained a huge disparity between the estimates from the 2 sources, leading to ridicule of the scientific information and contributing to low regard for DFO groundfish scientists. This situation deteriorated further as a consequence of statements in DFO Science Stock Status Reports (now called Science Advisory Reports). For example, in the summary of the 2001 Stock Status Report (DFO 2001) it was stated that "any fishery on the remnant (of the cod stock) in the inshore will delay recovery of the stock", whereas it was also stated that "predation by harp seals is estimated to be 37,000 t and may be preventing the recovery of the cod stock". These 2 statements appeared to fish harvesters to be highly inconsistent. How could a fishery (which was subsequently established at 5,600 t) delay recovery, while there was only a possibility that recovery of the cod stock was being prevented by a harp seal population that was taking 37,000 t? Scientists did not at the time provide an acceptable explanation. They were aware, of course, that there was considerable uncertainty in the estimates of cod biomass and cod consumption by seals, that the information from the offshore was just an index, that there were additional large cod in the inshore, and that there were many young/small cod that were not in the cod population estimates. In addition, the examination of the stomach contents of harp seals revealed that the seals fed primarily on small cod, many of which might die from other causes if not eaten by seals, whereas the fishery targets larger cod, which have already passed through the period of high juvenile mortality. It is imperative for scientific credibility that, before new seal consumption estimates are released to the public, scientists attempt to reconcile the estimates of the number of cod at age occurring within the divs. 2J3KL stock area (the standing stock), the number of cod at age that die each year, and the number of cod at age consumed by harp and hooded seals. Factors that may be contributing to any mismatch must be well described.

estimation de sa taille totale n'était disponible parce qu'aucune ASP n'avait été faite depuis le début des années 1990. La seule série chronologique de données sur la taille du stock était les données de relevés hauturiers au chalut de fond, qui situait l'indice de biomasse à seulement 18 000 t en 1998. À la fin des années 1990, les biologistes du phoque ont commencé à fournir de nouvelles estimations de la biomasse de morues consommées par les phoques du Groenland. L'estimation pour 1998 se chiffrait à 108 000 t. Bien qu'elle ait été réduite à 50 000 t en 1999 et à 37 000 t en 2000, (Lilly *et al*., 1999, 2001; MPO, 1999, 2001), elle dépassait encore l'indice de biomasse provenant des relevés au chalut. Les indices de relevé ont augmenté au cours des années suivantes (jusqu'à 37 000 t en 2000), mais l'écart entre les estimations issues de ces deux sources demeurait grand, ce qui a tourné les données scientifiques en ridicule et a contribué au peu de respect de l'opinion des spécialistes du poisson de fond du MPO. Cette situation s'est davantage détériorée par suite d'énoncés dans des Rapports sur l'état des stocks de Sciences – MPO (maintenant appelés Avis scientifiques). Par exemple, dans le sommaire du Rapport sur l'état des stocks (MPO, 2001), il est déclaré que « toute pêche sur le reste de la zone côtière retardera le rétablissement du stock » et que « la prédation par les phoques du Groenland est évaluée à 37 000 t et empêche peut-être ce stock de se rétablir ». Ces énoncés semblaient hautement contradictoires aux pêcheurs. Comment une pêche (d'un TAC fixé par la suite à 5 600 t) retarderait-elle le rétablissement du stock alors qu'il n'existait qu'une possibilité que la prédation de 37 000 t par les phoques du Groenland le retarderait? Les scientifiques n'ont pas fourni une explication acceptable à ce moment-là. Ils étaient évidemment conscients qu'une grande incertitude entourait les estimations de la biomasse de morue et des quantités consommées par les phoques, que les données issues des relevés hauturiers n'étaient qu'un indice, qu'il y avait d'autres grosses morues dans les eaux côtières et que de nombreuses morues, jeunes et petites, n'étaient pas incluses dans les estimations des effectifs du stock. De plus, l'examen des contenus stomacaux de phoques du Groenland a révélé qu'ils avaient principalement consommé des morues de petite taille, dont nombre auraient pu succomber à d'autres causes, alors que la pêche cible les morues de grande taille, qui ont survécu à la période de forte mortalité juvénile. Avant que de nouvelles estimations des quantités de morue consommées par les phoques soient rendues

publiques, il est impératif, pour assurer la crédibilité des scientifiques, qu'ils tentent de concilier les estimations du nombre de morues selon l'âge présentes dans la zone de stock des divisions 2J3KL (le stock actuel), le nombre de morues selon l'âge qui meurent chaque année et le nombre de morues selon l'âge consommées par les phoques du Groenland et les phoques à capuchon. Et les facteurs pouvant contribuer à tout écart doivent être bien décrits.

The purpose of this presentation is to discuss briefly the information presently available regarding the level of mortality in divs. 2J3KL cod and to provide some background regarding the challenges involved with estimating the number of cod at age in the waters of divs. 2J3KL and the number of those cod that die each year. Topics include: 1) a simplified description of current understanding of present stock structure, 2) a description of the data available regarding cod in the offshore, including the indices of abundance and total mortality derived from such data, 3) a brief summary of the evidence for high natural mortality of cod in the inshore and the use of such information in an SPA that has been developed for a portion of the inshore, 4) a brief mention of belly-biting and cod-seal events, and 5) some comments about mortality in nearby cod stocks. Only a few references will be provided. Additional information and references may be found in the major assessment documents for divs. 2J3KL cod. A useful starting point would be Lilly et al. (2005) and the appendices therein. See also Lilly (2005, 2008).

Le but de cette communication est de faire un bref exposé des renseignements disponibles sur le niveau de mortalité de la morue de 2J3KL et des défis que pose l'estimation du nombre de morues selon l'âge dans les eaux de ces divisions, ainsi que du nombre d'elles qui meurent chaque année. La communication comprend une description simplifiée de la structure du stock actuelle, telle que nous la comprenons à l'heure actuelle, une description des données disponibles sur la morue hauturière, y compris les indices d'abondance et de mortalité totale tirés de ces données, un bref résumé des preuves de mortalité naturelle élevée de la morue côtière et de l'utilisation de ce type de renseignements dans une ASP élaborée pour une partie des eaux côtières, une brève mention des morsures ventrales infligées à la morue par les phoques et d'incidents impliquant des morues et des phoques et quelques commentaires au sujet de la mortalité chez les stocks de morue avoisinants. Seules quelques références sont fournies. D'autres renseignements et références se trouvent dans les principaux documents d'évaluation de la morue de 2J3KL. Le rapport de Lilly *et al.* (2005) et ses annexes constituent un bon point de départ. Voir également Lilly (2005; 2008).

*Stock Structure*

*Structure du stock*

Historically, 2 migration patterns dominated any discussion of stock structure. Most cod grew up inshore and moved onto the shelf by age 3 or 4 (Anderson and Gregory 2000). There is evidence that this ontogenetic migration continued after the stock collapse (Lilly et al. 2000). In addition, there was a seasonal migration. A large proportion of the stock overwintered near the shelf break and moved onto the shelf during spring. A portion of these fish moved inshore during late spring and summer to feed on capelin, and moved back offshore during autumn. It is not known if this seasonal migration continues today. There is no reason to think that it does not. However, since the mid 1990s cod in the offshore have been small and broadly distributed at low density,

Par le passé, deux régimes migratoires dominaient dans toute discussion de la structure du stock. La plupart des morues grandissaient en eaux côtières puis allaient s'établir sur le plateau à l'âge de 3 ou 4 ans (Anderson et Gregory, 2000). Des données démontrent que cette migration ontogénique a continué après l'effondrement du stock (Lilly *et al*., 2000). Une forte proportion de celui-ci hivernait près du rebord du plateau et revenait sur le plateau au printemps. Une partie de ces morues se dirigeaient vers les eaux côtières à la fin du printemps et en été pour se nourrir de capelan, puis revenaient en haute mer à l'automne. On ne sait pas si cette migration saisonnière a encore lieu. Il n'y a aucune raison de penser qu'elle a

whereas cod populations in the inshore have included large individuals and sometimes occur in relatively high density, especially in the winter. The extremely low abundance of the offshore populations has increased the prominence of inshore populations and made it easier to discern the behaviour and dynamics of the inshore fish. However, it has also made any inshore migration by offshore fish difficult to detect and even more difficult to quantify.

cessé de se produire. Toutefois, depuis le milieu des années 1990, la morue hauturière est petite et répartie à grande échelle mais à faible densité, alors que les populations côtières comprennent de grosses morues et se trouvent parfois en densité relativement élevée, en particulier en hiver. Les effectifs extrêmement faibles des populations hauturières ont attiré l'attention sur les populations côtières et permis de mieux comprendre le comportement et la dynamique des populations côtières. Mais cela a également eu pour effet de rendre difficile à déceler toute migration de la morue hauturière vers les côtes et encore plus difficile de la quantifier.

The offshore of divs. 2J3KL has remained closed to directed cod fishing since 1992. However, a directed fishery was allowed in the inshore during 1998-2002 and 2006-present (2007).

La pêche dirigée de la morue dans les eaux hauturières des divisions 2J3KL est interdite depuis 1992. Une pêche dirigée a toutefois été autorisée dans les eaux côtières de 1998 à 2002, ainsi qu'en 2006 et 2007.

*Cod in the Offshore Populations of Divs. 2J3KL*

*Morue des eaux hauturières des divisions 2J3KL*

The primary source of information on cod in the offshore of divs. 2J3KL since the closure of the commercial fishery has been the autumn research bottom-trawl survey. Survey mean catch at age per tow declined very rapidly during the early 1990s and has remained very low since that time. Catch at age has generally increased from age zero to age 2 or 3, and then declined very rapidly toward zero by about age 6. Total mortality (*Z*) computed from the catch at age has been very high. (For example, for the 1996-1999 cohorts, the average total mortality from age 3 to age 6 was 1.29 $y^{-1}$.)

Depuis la fermeture de la pêche commerciale de la morue, le relevé de recherche d'automne au chalut de fond constitue la principale source des informations sur la morue des eaux hauturières de 2J3KL. Les prises moyennes selon l'âge par trait de relevé ont diminué très rapidement au début des années 1990, et sont demeurées très faibles depuis. Les prises selon l'âge, de l'âge 0 à l'âge 2 ou 3, ont généralement augmenté, puis diminué très rapidement jusqu'à zéro, vers l'âge 6. La mortalité totale (*Z*), calculée d'après les prises selon l'âge, était très élevée (par exemple, pour les cohortes 1996-1999, la valeur moyenne de *Z* de l'âge 3 à l'âge 6 se chiffrait à 1,29 par année).

The high total mortality could be caused by bycatches (including discards) in the few remaining fisheries. Documented removals by Canadian groundfish fisheries have been less than (and generally much less than) 130 t, estimates of removals by non-Canadian groundfish fisheries have been less than 80 t, and estimates of discards from Canadian shrimp fisheries have been less than 13 t (Lilly and Murphy 2004). These removals appear small relative to the survey biomass index, which averaged 22,600 t during 1995-2005 (Lilly et al. 2006). It is also possible that the cause of the high mortality computed from survey indices lies not in the offshore but in the adjacent inshore. Perhaps the cod have been caught during inshore migration. If this were the dominant cause of mortality, then one would expect that the annual

La forte mortalité totale peut être attribuable aux prises accessoires (y compris les rejets) dans les quelques pêches restantes. Les ponctions documentées des pêches canadiennes du poisson de fond sont inférieures (et en général nettement inférieures) à 130 t, les ponctions estimatives des pêches étrangères du poisson de fond sont inférieures à 80 t et les rejets estimatifs des pêches canadiennes de la crevette sont inférieurs à 13 t (Lilly et Murphy, 2004). Ces ponctions semblent faibles par rapport à l'indice de biomasse de relevé, qui se situait en moyenne à 22 600 t de 1995 à 2005 (Lilly *et al*., 2006). Il se peut aussi que la cause de la forte mortalité indiquée par les indices de relevé réside dans les eaux côtières adjacentes plutôt que dans les eaux hauturières. Peut-être que la morue a été capturée durant sa migration vers les côtes. Si

estimates of total mortality rate, as estimated from the surveys, would increase with the annual catch, the bulk of which came from the inshore. A positive relationship was not found (Lilly 2008).

cela était la cause principale de mortalité, on pourrait donc s'attendre à ce que le taux annuel de mortalité totale, estimé d'après les données de relevé, augmente en regard des prises annuelles, dont la majeure partie provenait des eaux côtières. Mais aucune relation positive n'a été trouvée (Lilly, 2008).

Because catches in offshore fisheries appear to be small compared to the survey index, there is a suspicion that natural mortality is high. If natural mortality is indeed higher than the level of 0.2 $y^{-1}$ that is generally assumed for assessment purposes, then did the increase occur only after the stock collapsed (mid 1990s), during the disappearance of cod from the surveys (early 1990s), or sometime even earlier?

Comme les prises des pêches hauturières semblent faibles en comparaison de l'indice de relevé, on soupçonne que la mortalité naturelle est élevée. Si elle est vraiment plus élevée que le niveau de 0,2 par année présumé aux fins d'évaluation, a-t-elle augmenté seulement après l'effondrement du stock (au milieu des années 1990), à la disparition de la morue dans les relevés (au début des années 1990) ou avant cette décennie?

If the contribution of seals to the high mortality rate of cod is to be explored, the indices of abundance should be converted to absolute numbers. Scenarios should take into account 3 phenomena. One is the catchability of the trawl relative to the cod that occur in the survey area at the time of the survey. The catchability at age of the Campelen 1800 trawl as configured and fished during the divs. 2J3KL surveys is not known. A research program to explore catchability could be undertaken. In the meantime, perhaps a starting point might be to use the catchability as estimated within the SPA for the divs. 3NO cod stock, which is an entirely offshore stock. Various assumptions of departure from these values could be explored. When new estimates of the removal of cod (at age) by seals become available, one can ask the following:

Pour établir jusqu'à quel point les phoques contribuent à la mortalité élevée de la morue, les indices d'abondance de la morue doivent être convertis en nombres absolus. Les scénarios doivent tenir compte de trois phénomènes. L'un est le potentiel de capture du chalut par rapport à la morue présente dans la zone de relevé au moment où il est effectué. Le potentiel de capture selon l'âge du chalut Campelen 1800, tel qu'il est armé et utilisé durant les relevés des divisions 2J3KL, est inconnu. Il faudrait mener un programme de recherche pour l'établir. On pourrait peut-être utiliser entre-temps le potentiel de capture estimé d'après l'ASP pour le stock de morue des divisions 3NO, qui est un stock entièrement hauturier. Diverses hypothèses d'écart de ces valeurs pourraient être étudiées. Lorsque de nouvelles estimations des quantités de morue (selon l'âge) mangées par les phoques seront disponibles, on pourra poser les questions suivantes :

- Does the removal by seals appear to be a high proportion of the cod disappearing from the surveys, no matter what reasonable values one assumes about catchability?
- Does the removal by seals appear to be a small proportion of the cod disappearing from the surveys, no matter what reasonable values one assumes about catchability?
- Does the contribution by seals to the total number of cod disappearing from the surveys depend on the assumptions regarding trawl catchability?

- Est-ce que les ponctions par les phoques semblent constituer une forte proportion de la morue qui disparaît des relevés, quelle que soit la valeur attribuée au potentiel de capture?
- Est-ce que les ponctions par les phoques semblent constituer une faible proportion de la morue qui disparaît des relevés, quelle que soit la valeur attribuée au potentiel de capture?
- Est-ce que le nombre total de morue qui disparaît des relevés à cause des phoques dépend des hypothèses relatives au potentiel de capture au chalut?

The other two phenomenon of importance are the migrations. The proportion of cod at age in the

Les deux autres phénomènes d'importance sont les migrations. La proportion de morues selon

offshore increases with age (the ontogenetic migration), but there are as yet no estimates of these proportions. In addition, for those cod that have moved ontogenetically into the offshore, some portion might have migrated to the inshore during the spring or summer and some portion of those seasonal migrants might still be landward of the survey area at the time that the survey is conducted. Various scenarios would have to be explored to estimate the number of cod at age that may be considered as belonging to offshore populations, but yet are inshore at the time of the surveys. (These cod that "belong" to offshore populations, but are inshore at the time of the surveys, may be biologically indistinguishable from cod belonging to inshore populations.)

l'âge qui se trouve en haute mer augmente avec l'âge (migration ontogénique), mais cette proportion n'a jamais été estimée. De plus, une partie des morues qui ont fait cette migration ontogénique vers le large peuvent s'être dirigées vers les eaux côtières au printemps ou en été et une partie de ces migrateurs saisonniers peuvent encore être entre la terre et le lieu de relevé au moment où ce dernier est effectué. Il faudrait explorer divers scénarios pour estimer le nombre de morues selon l'âge qui peut être considéré comme appartenant aux populations hauturières mais qui se trouve en eaux côtières au moment des relevés. (Les morues qui « appartiennent » aux populations hauturières mais qui se trouvent en eaux côtières au moment des relevés peuvent être indifférenciables sur le plan biologique des morues appartenant aux populations côtières.)

*Cod in the Inshore Populations of Divs. 2J3KL*

*Morue des eaux côtières des divisions 2J3KL*

It has long been known that fish overwinter and spawn in the inshore, but the presence of inshore populations was not considered to be of concern for assessments prior to the stock collapse. It was assumed that inshore populations, if they actually existed, were a small component of the stock as a whole, and could not be distinguished in catches. The presence of inshore populations became more apparent only after the offshore populations had declined to an extremely low level in the mid 1990s.

On sait depuis longtemps que la morue hiverne et fraye en eaux côtières, mais l'existence de populations côtières n'a pas été considérée comme ayant un effet sur les évaluations avant l'effondrement du stock. On supposait que les populations côtières, si elles existaient vraiment, ne représentaient qu'une petite composante du stock dans son ensemble et que ces morues ne peuvent pas être distinguées dans les prises. La présence de populations côtières est devenue plus évidente que lorsque les effectifs des populations hauturières ont chuté au milieu des années 1990.

The stock structure and migration pattern of cod in the inshore became clearer following intensive tagging that was started as quickly as possible once a resumption of directed fishing in the inshore was announced. The tagging program was also designed to measure exploitation rate. After several years, it became apparent that the returns of tags applied during specific tagging studies had declined very rapidly over time in Div. 3K (Brattey and Healey 2003). This trend was less dramatic in Bonavista Bay, and even less so in Trinity Bay. An exploration of the magnitude of natural mortality that would be consistent with such rapid disappearance of fish concluded that natural mortality was about 0.65 $y^{-1}$ (actually, between 0.5 and 0.8) in Div. 3K and 0.3 (actually, between 0.2 and 0.4) in Div. 3L as a whole (Cadigan and Brattey 2003; revised by Lilly et al. 2005).

La structure de stock et le régime migratoire des populations côtières sont devenus plus clairs à la suite d'un programme intensif de marquage lancé dès que la réouverture de la pêche côtière dirigée a été annoncée. Ce programme a été conçu de sorte à quantifier le taux d'exploitation également. Après plusieurs années, il est devenu évident que le nombre d'étiquettes apposées durant des études de marquage spécifiques dans la division 3K et retournées avait diminué rapidement au fil du temps (Brattey et Healey, 2003). Cette tendance était moins marquée dans la baie de Bonavista, et encore moins dans la baie de la Trinité. Une étude du niveau de mortalité naturelle qui donnerait lieu à la disparition si rapide de la morue a mené à la conclusion qu'il se situait à environ 0,65 par année (entre 0,5 et 0,8 en réalité) dans la division 3K et à 0,3 par année (entre 0,2 et 0,4 en réalité) dans la division 3L (Cadigan et Brattey, 2003; niveaux rectifiés par Lilly *et al*., 2005).

This information on natural mortality rate was used as input to an SPA that was constructed for inshore populations alone using catch at age from the inshore and indices of abundance at age from sentinel surveys (Lilly et al. 2003). The initial year in these data inputs was 1995. The geographic area for the inshore SPA was reduced during the 2005 assessment to a central area, where resident inshore populations were understood to occur (Lilly et al. 2005). This central area comprised southern Div. 3K and northern Div. 3L. The level of natural mortality chosen for the 2005 model was 0.4 $y^{-1}$ (down from 0.5 in the 2003 model). There remains much uncertainty regarding the accuracy of this estimate of natural mortality for the period (1999-2002) from which it was estimated. There is also concern that the level of natural mortality may have declined since that time, because the number of reports of belly-biting and cod-seal events has declined substantially since 2000. (See next section.)

Ces données sur le niveau de mortalité naturelle ont été utilisées comme intrants dans une ASP élaborée uniquement pour les populations côtières, reposant sur les prises selon l'âge dans les eaux côtières et les indices d'abondance selon l'âge issus des relevés par pêche sentinelle (Lilly *et al*., 2003). Les données de 1995 étaient les premières introduites dans l'ASP. Pour l'évaluation de 2005, la zone géographique couverte par l'ASP a été réduite à une zone centrale, où la présence de populations côtières résidentes était connue (Lilly *et al*., 2005). Cette zone centrale comprenait le secteur sud de la division 3K et le secteur nord de la division 3L. Le niveau de mortalité naturelle choisi pour le modèle de 2005 se situait à 0,4 par année (une baisse par rapport au niveau de 0,5 dans le modèle de 2003). Il reste beaucoup d'incertitude quant à la précision de cette estimation du niveau de mortalité naturelle pendant la période 1999-2002. On craint aussi que le niveau de mortalité naturelle ait diminué depuis, parce que le nombre de rapports de morsures ventrales et d'incidents impliquant des morues et des phoques a nettement diminué depuis 2000 (voir la prochaine section).

Because there is no fishery-independent monitoring of young cod in the inshore (other than beach seining for ages 0 and 1 in a very limited area of Bonavista Bay), the abundance at age of cod younger than the youngest age in the SPA would most likely have to be extrapolated from the SPA. There is, to the author's knowledge, no independent information on which to base the choice of natural mortality for cod of ages younger than those included in the tagging studies mentioned above. Various scenarios would have to be explored.

Comme il ne se fait aucune surveillance, indépendante de la pêche, de la jeune morue dans les eaux côtières (autre que la pêche à la senne de plage, dans une zone très limitée de la baie de Bonavista, visant les âges 0 et 1), il faudrait fort probablement extrapoler l'abondance selon l'âge des morues plus jeunes que les plus jeunes morues comprises dans l'ASP. À ma connaissance, il n'existe aucune donnée indépendante permettant d'établir le niveau de mortalité naturelle de la morue moins âgée que la morue incluse dans les études de marquage susmentionnées. Il faudrait explorer divers scénarios.

Note that the abundance at age estimated from the inshore SPA is understood to represent just those fish in the inshore populations. The total number of cod at age in the inshore would be the sum of the number at age from the inshore populations and some portion of the number at age from the offshore populations.

Noter que l'abondance selon l'âge estimée d'après l'ASP des populations côtières est entendue comme représentant seulement les poissons constituant ces populations. Le nombre total de morues selon l'âge présent en eaux côtières serait la somme du nombre selon l'âge dans les populations côtières et une partie du nombre selon l'âge provenant des populations hauturières.

There are, of course, many additional uncertainties that would have to be acknowledged, and perhaps incorporated into the modeling. For instance, it is possible that some of the larger cod from inshore populations move

Il va de soi qu'il existe de nombreuses autres incertitudes qui devront être reconnues, et peut-être incluses dans le modèle. Par exemple, il se peut qu'une partie des grosses morues des populations côtières se rendent en haute mer

during summer into the offshore, where they may be caught by the gillnet component of the Greenland halibut fishery (in those years in which there is such a fishery). There is also considerable uncertainty about the abundance of cod in the inshore areas north and south of the central area that is modeled with the SPA. Very little is known about the abundance and stock affinity of cod to the north. Many of the cod that occur to the south (southern Div. 3L) migrate seasonally between divs. 3Ps and 3L. Hence, the abundance of cod in southern Div. 3L is not well-known, varies seasonally and may vary annually, depending on the abundance of cod in Subdiv. 3Ps (especially Placentia Bay) and the proportion of those fish that migrate into Div. 3L.

durant l'été, où elles peuvent être capturées dans le cadre de la pêche du flétan noir aux filets maillants (les années lorsque cette pêche est pratiquée). L'abondance de la morue dans les zones côtières au nord et au sud de la zone centrale modélisée dans l'ASP fait également l'objet d'une grande incertitude. On sait peu de chose de l'abondance de la morue dans le secteur nord et à quel stock elle appartient. Un grand nombre des morues qui se trouvent au sud (secteur sud de la division 3L) effectuent des migrations saisonnières entre les divisions 3Ps et 3L. C'est pourquoi l'abondance de la morue dans le secteur sud de la division 3L n'est pas bien connue, varie selon la saison et peut varier chaque année selon l'abondance de la morue dans la sous-division 3Ps (en particulier la baie de Plaisance) et la proportion de morues qui migrent dans la division 3L.

*Belly-biting and Cod-Seal Events*

*Morsures ventrales et incidents morues-phoques*

The cod represented by the otoliths found in harp seal stomachs tend to be small, but larger cod may fall prey to belly-biting, wherein the seal takes a bite from the cod's abdomen, consuming the liver and some of the other organs in the abdominal cavity, but generally leaving the muscle mass and head (Lilly et al. 1999). Instances of belly-biting will generally not be detected by standard visual examination of stomach contents. The weight of cod killed by belly-biting is much greater than the weight of cod consumed.

Les otolithes de morue trouvés dans les estomacs de phoques du Groenland ont tendance à provenir de petites morues, mais les grosses morues peuvent être victimes de morsures ventrales infligées par ces prédateurs, qui les éventrent et mangent le foie et certains des autres organes de la cavité abdominale, mais laissent généralement la masse musculaire et la tête intactes (Lilly *et al*., 1999). En général, l'examen des contenus stomacaux des phoques ne permet pas de déceler les cas de morsures ventrales. Le poids des morues tuées de la sorte est plus élevé que le poids des morues mangées par les phoques.

For years, harvesters have reported seeing dead cod on the ice, but the numbers of dead cod were insufficient to attract media attention. During the winters of 1997-1998, 1998-1999, and 1999-2000, there occurred a number of events that were sufficiently large in magnitude to be reported to DFO and/or the media. (See descriptions in Lilly et al. 1999, 2005.) There were numerous reports of seals seen biting the abdomens of cod, and there were several instances in which divers reported seeing cod lying on the bottom with holes in their bellies.

Pendant des années, les pêcheurs ont signalé avoir vu des morues mortes sur la glace, mais leur nombre n'était pas assez élevé pour attirer l'attention des médias. Durant les hivers 1997-1998, 1998-1999 et 1999-2000, il s'est produit un nombre d'incidents d'importance suffisante pour être signalé au MPO et/ou aux médias (voir les descriptions de ces incidents dans Lilly *et al.* 1999; 2005). Il y a eu de nombreux rapports de phoques vus en train de mordre le ventre de morues et plusieurs cas où des plongeurs ont signalé avoir vu des morues au ventre criblé de trous gisant sur le fond.

There were several incidents in which cod were seen milling about lethargically in cold, shallow water. In some of these incidents, seals were observed on the periphery, especially near dawn and dusk. The most notable such incidents occurred at Virgin Arm in eastern Notre Dame

Il s'est produit plusieurs cas où des morues ont été vues tournant en rond de façon léthargique en eaux froides peu profondes. Dans certains de ces cas, des phoques ont été observés à la périphérie, en particulier à l'aube et au crépuscule. Les cas les plus notables se sont

Bay and at several locations in southwestern Bonavista Bay. These incidents generally occurred adjacent to deep water. It is possible that the cod were overwintering in this deep nearshore water. Some observers were of the opinion that the cod were herded by the seals into the shallow water, where some of the cod then died from seal predation and perhaps, as well, from exposure to the cold water and ice. Cod have been harvested in some of these situations and most such cod have been lethargic but alive. If cod die from exposure to cold and ice after fleeing from seals, then such mortality may be considered "fatal harassment" (McLaren et al. 2001). Another possible cause of incidents where cod have been found milling about in cold water is that the cod entered the shallow water to feed or for some other reason unassociated with seals. Seal predation associated with such incidents might be opportunistic. The number of cod that have died in these events, either directly from seal predation or indirectly from exposure to cold and ice, is not known. Some events have involved harvesting by people in the area, but there is an estimate of removals only for the Virgin Arm event.

produits dans le bras Virgin de l'est de la baie Notre Dame et à plusieurs endroits dans le sud-ouest de la baie de Bonavista. Ces incidents ont généralement eu lieu tout près d'eaux profondes. Il se peut que les morues hivernaient dans ces eaux littorales profondes. Certains observateurs étaient d'avis que les phoques avaient poussé les morues en eaux peu profondes, où une partie est morte par prédation et peut-être aussi d'exposition aux eaux froides et à la glace. Les morues ont été récoltées dans certains de ces cas; la plupart étaient léthargiques mais vivantes. Si les morues meurent d'exposition à des eaux froides et à la glace après s'être enfuies des phoques, cette mortalité peut alors être considérée comme du « harcèlement fatal » (McLaren *et al.* 2001). L'entrée de morues en eaux froides peu profondes pour s'y alimenter ou pour une quelconque autre raison indépendante des phoques est une autre cause possible des incidents où des morues ont été vues tournant en rond. Dans ces cas, la prédation par les phoques peut être opportuniste. Le nombre de morues mortes durant ces incidents, soit directement à cause de la prédation par les phoques ou indirectement à cause de l'exposition à des eaux froides et à la glace, est inconnu. Bien que des morues aient été récoltées par des pêcheurs locaux dans certains de ces cas, des estimations des ponctions ne sont disponibles que pour l'incident du bras Virgin.

Scientists have been advised that observations of belly-biting continue to the present. However, there have been no recent reports of incidents as dramatic as those that occurred during the winters of 1997-1998 to 1999-2000.

Les scientifiques ont été avisés que des cas de morsures ventrales continuent d'être observés. Mais aucun rapport d'incidents aussi spectaculaires que ceux qui se sont produits à l'hiver de 1997-1998 et de 1999-2000 n'a récemment été fait.

*Mortality in Nearby Cod Stocks (Divs. 3NO and 3Ps)*

*Mortalité chez les stocks de morue avoisinants (divisions 3NO et sous-division 3Ps)*

Although there has been much concern about elevated levels of natural mortality in both the offshore and the inshore of the divs. 2J3KL cod stock, the author is not aware of any suggestions of unusually high natural mortality in the cod stocks off southern Newfoundland (the Subdiv. 3Ps stock) and on the southern Grand Bank (the divs. 3NO stock).

Bien que les niveaux élevés de mortalité naturelle de la morue dans les secteurs côtier et hauturier des divisions 2J3KL soulèvent de grandes craintes, le niveau de mortalité naturelle dans les stocks du sud de Terre-Neuve (sous-division 3Ps) et du sud du Grand Banc (divisions 3NO) n'est pas anormalement élevé, autant que je sache.

The Subdiv. 3Ps cod stock was closed to directed commercial fishing in 1993. The population increased quickly, due primarily to good survival and growth of 2 year-classes (those of 1989 and 1990), that were already in the population at the time of closure. The stock was reopened to

Le stock de morue de la sous-division 3Ps a été fermé à la pêche commerciale dirigée en 1993. Ses effectifs ont augmenté rapidement par la suite, en grande partie à cause des bons taux de survie et de croissance de deux classes d'âge (1989 et 1990) déjà présentes dans le stock au

directed commercial fishing in 1997, and has remained open ever since. Stock status was assessed by SPA for a series of years after the reopening, but it proved difficult to distinguish among numerous alternate SPA models and formulations (Brattey et al. 2005). The use of SPA models was discontinued in 2006 (DFO 2006). It may be noted, however, that the level of natural mortality input to all SPA formulations had been 0.2 $y^{-1}$.

The divs. 3NO cod stock was closed to directed commercial fishing in 1994 and has remained closed. However, bycatches in other fisheries have been sufficiently high to prevent recovery (Shelton and Morgan 2005). The level of natural mortality input to assessment models has been 0.2 $y^{-1}$ (Morgan et al. 2007)

There have been suggestions that the reason why natural mortality of cod in divs. 3NO and 3Ps has not been elevated is that there are relatively few seals in those areas. As a simple exercise, one could compute the number of seal foraging days (per seal species) per unit geographic area (e.g., $100^2$ km) for each of the NAFO divisions (or Subdivision in the case of 3Ps) to determine whether the potential for predation by seals on cod is low in divs. 3NO and 3Ps compared with other NAFO divisions from 4W north.

*References*

Anderson, J.T., and R.S. Gregory. 2000. Factors regulating survival of northern cod (NAFO 2J3KL) during their first 3 years of life. ICES J. Mar. Sci. 57: 349-359.

Brattey, J., and B.P. Healey. 2003. Exploitation rates and movements of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in NAFO Divs. 3KL based on tagging experiments conducted during 1997-2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/032.

Brattey, J., N.G. Cadigan, B.P. Healey, G.R. Lilly, E.F. Murphy, P.A. Shelton, and J.-C. Mahé. 2005. Assessment of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO subdiv. 3Ps in October 2005. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/070.

moment de la fermeture de la pêche. Le stock a été rouvert à la pêche commerciale dirigée en 1997, et est encore ouvert. Son état a été évalué à l'aide d'ASP pendant plusieurs années après la réouverture, mais il a été difficile de l'établir en raison des nombreux modèles et formules d'ASP utilisés (Brattey *et al*., 2005). L'utilisation d'ASP a cessé en 2006 (MPO, 2006). On peut toutefois noter que le niveau de mortalité naturelle entré dans toutes les formules d'ASP se chiffrait à 0,2 par année.

Le stock de morue des divisions 3NO a été fermé à la pêche commerciale dirigée en 1994 et le demeure depuis. Toutefois, les prises accessoires de morue récoltées dans le cadre d'autres pêches ont été suffisamment élevées pour empêcher le rétablissement de ce stock (Shelton et Morgan, 2005). Le niveau de mortalité naturelle entré dans les modèles d'évaluation se situait à 0,2 par année (Morgan *et al*., 2007).

Il a été suggéré que la raison pour laquelle le niveau de mortalité naturelle de la morue des divisions 3NO et de la sous-division 3Ps n'est pas élevé est qu'il y a relativement peu de phoques dans ces eaux. Comme exercice simple, on pourrait calculer le nombre de jours que les phoques chassent (par espèce de phoque) par aire unitaire (p. ex. 100 $km^2$) pour chacune des divisions de l'OPANO (ou sous-division dans le cas de 3Ps) pour établir si le potentiel de prédation de la morue par les phoques est faible dans 3NO et 3Ps en comparaison d'autres divisions de l'OPANO allant de 4W vers le nord.

*Références*

Anderson, J.T. et R.S. Gregory. 2000. Factors regulating survival of northern cod (NAFO 2J3KL) during their first 3 years of life. ICES J. Mar. Sci. 57: 349-359.

Brattey, J. et B.P. Healey. 2003. Taux d'exploitation et déplacements de la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) dans les divisions 3KL de l'OPANO basés sur des expériences de marquage menées de 1997 à 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2003/032.

Brattey, J., N.G. Cadigan, B.P. Healey, G.R. Lilly, E.F. Murphy, P.A. Shelton et J.-C. Mahé. 2005. Évaluation du stock de morue (*Gadus morhua*) de la sous-division 3Ps de l'OPANO en octobre 2005. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.

2005/070.

Cadigan, N., and J. Brattey. 2003. Analyses of stock and fishery dynamics for cod in 3Ps and 3KL based on tagging studies in 1997-2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/037.

Cadigan, N. et J. Brattey. 2003. Analyses de la dynamique de la pêche et des stocks de morue dans 3Ps et 3KL reposant sur des données d'études d'étiquetage menées de 1997 à 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2003/037.

DFO, 1999. Northern (2J3KL) cod. DFO Sci. Stock Status Rep. A2-01 (1999).

MPO, 1999. Morue du Nord (2J3KL). Sciences du MPO. Rapp. sur l'état des stocks A2-01 (1999).

DFO, 2001. Northern (2J+3KL) cod. DFO Sci. Stock Status Rep. A2-01 (2001).

MPO, 2001. Morue du Nord (2J3KL). Sciences du MPO. Rapp. sur l'état des stocks A2-01 (2001).

DFO, 2006. Stock assessment on subdivision 3Ps cod. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2006/040.

MPO, 2006. Évaluation du stock de morue de la sous-division 3Ps. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2006/040.

Lilly, G. 2005. Southern Labrador and eastern Newfoundland (NAFO Divisions 2J+3KL). Ed. K. Brander. *In* Spawning and life history information for North Atlantic cod stocks. ICES Cooperative Research Report, No. 274. pp. 138-149.

Lilly, G. 2005. Southern Labrador and eastern Newfoundland (NAFO Divisions 2J+3KL). Ed. K. Brander, dans Spawning and life history information for North Atlantic cod stocks. ICES Cooperative Research Report, No. 274. pp. 138-149.

Lilly, G.R. 2008. The decline, recovery and collapse of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off Labrador and eastern Newfoundland. (In press). *In* Resiliency of gadid stocks to fishing and climate change. 24th Lowell Wakefield Fisheries Symposium. University of Alaska Sea Grant.

Lilly, G.R. 2008. The decline, recovery and collapse of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off Labrador and eastern Newfoundland. (In press), dans Resiliency of gadid stocks to fishing and climate change. 24th Lowell Wakefield Fisheries Symposium. University of Alaska Sea Grant.

Lilly, G.R., and E.F. Murphy. 2004. Biology, fishery and status of the 2GH and 2J3KL (northern) cod stocks: information supporting an assessment of allowable harm under the *Species at Risk Act* for the COSEWIC-defined Newfoundland and Labrador population of Atlantic cod (*Gadus morhua*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/102.

Lilly, G.R. et E.F. Murphy. 2004. Biologie, pêche et état des stocks de morue du Nord de 2GH et de 2J3KL : information à l'appui d'une évaluation des dommages admissibles en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* pour la population de morue (*Gadus morhua*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2004/102.

Lilly, G.R., E.F. Murphy, and M. Simpson. 2000. Distribution and abundance of demersal juvenile cod (*Gadus morhua*) on the Northeast Newfoundland Shelf and the Grand Banks (divisions 2J3KLNOP): implications for stock identity and monitoring. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 2000/092.

Lilly, G.R., E.F. Murphy et M. Simpson. 2000. Distribution and abundance of demersal juvenile cod (*Gadus morhua*) on the Northeast Newfoundland Shelf and the Grand Banks (divisions 2J3KLNOP): implications for stock identity and monitoring. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks du MPO, Doc. de rech. 2000/092.

Lilly, G.R., E.F. Murphy, B.P. Healey, and J. Brattey, 2006. An assessment of the cod

Lilly, G.R., E.F. Murphy, B.P. Healey et J. Brattey. 2006. Évaluation du stock de morue (*Gadus*

(*Gadus morhua*) stock in NAFO Divisions 2J3KL in April 2006. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/043.

Lilly, G.R., J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey, and E.F. Murphy. 2005. An assessment of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Divisions 2J3KL in March 2005. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/018.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, E.F. Murphy, and D.E. Stansbury. 1999. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 2J+3KL. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 99/42.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy, and D.E. Stansbury. 2001. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 2J+3KL. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 2001/044.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy, D.E. Stansbury, and N. Chen. 2003. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 2J+3KL in February 2003. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/023.

McLaren, I., S. Brault, J. Harwood, and D. Vardy. 2001. Report of the eminent panel on seal management. Department of Fisheries and Oceans. Ottawa, Canada.

Morgan, M.J., E.F. Murphy, and J. Brattey. 2007. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 3NO. NAFO SCR Doc. 07/40, Serial No. N5392.

Shelton, P.A., and M.J. Morgan. 2005. Is by-catch mortality preventing the rebuilding of cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) stocks on the Grand Bank? J. Northw. Atl. Fish. Sci. 36: 1-17.

## I. Methods of Diet Estimation in Pinnipeds

W.D. Bowen

There are three basic approaches to the estimation of diet in pinnipeds and other marine mammals. The first is Direct Observation which

*morhua*) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO en avril 2006. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2006/043.

Lilly, G.R., J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey et E.F. Murphy. 2005. Évaluation du stock de morue (*Gadus morhua*) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO, en mars 2005. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2005/018.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, E.F. Murphy et D.E. Stansbury. 1999. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 2J+3KL. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks du MPO, Doc. de rech. 99/42.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy et D.E. Stansbury. 2001. Évaluation du stock de morue dans les divisions 2J+3KL de l'OPANO. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks du MPO, Doc. de rech. 2001/044.

Lilly, G.R., P.A. Shelton, J. Brattey, N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy, D.E. Stansbury et N. Chen. 2003. Évaluation de l'état du stock de morue des divisions 2J+3KL de l'OPANO en février 2003. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2003/023.

McLaren, I., S. Brault, J. Harwood et D. Vardy. 2001. Rapport du groupe d'experts sur la gestion des phoques. Ministère des Pêches et des Océans. Ottawa, Canada.

Morgan, M.J., E.F. Murphy et J. Brattey. 2007. An assessment of the cod stock in NAFO Divisions 3NO. NAFO SCR Doc. 07/40, Serial No. N5392.

Shelton, P.A. et M.J. Morgan. 2005. Is by-catch mortality preventing the rebuilding of cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) stocks on the Grand Bank? J. Northw. Atl. Fish. Sci. 36: 1-17.

## I. Méthodes d'estimation du régime alimentaire des pinnipèdes

W.D. Bowen

Il existe trois approches de base pour estimer le régime alimentaire des pinnipèdes et d'autres mammifères marins : la première est l'observation

can rarely be used but has been successful in species that feed at the surface or in shallow waters in rivers and estuaries. The second is Reconstruction from hard parts or biochemical tracers and the third is Indirect Observation such as animal-borne video systems such as the Crittercam. Each has advantages and disadvantages and given the difficulty in estimated diet of free-ranging pinnipeds, multiple approaches will often be necessary to obtain reliable estimates. The most widely used approach is diet reconstruction from prey hard parts found in stomach contents, faeces, or spewing, is based on the identification of prey structures that survive digestion. Sagittal otoliths are most commonly used, but other skeletal parts of fishes, cephalopod beaks, and invertebrate exoskeletons are also used. This methods makes several assumptions, including: source material is a representative sample of diet throughout the species foraging range, all prey have an equal probability of being detected, hard parts are not completely digested, and size of hard parts are proportional to size of prey ingested. Although relatively easy to implement, disadvantages are that not all species have hard parts that are resistant to digestion, and those portions of prey that contain hard parts may not be consumed, otoliths are eroded during digestion making prey identification difficult and resulting in underestimation of prey size, differential erosion of the otoliths of different species can bias the estimated species composition of the diet, and sampling location may bias the estimated diet in wide-ranging species.

directe, qui peut rarement être utilisée mais qui a donné de bons résultats pour les espèces qui s'alimentent à la surface ou en eau peu profonde dans les rivières et les estuaires; la deuxième est la reconstitution à partir des parties dures (p. ex. otolithes sagittaux) ou de traceurs biochimiques (acides gras et isotopes stables); la troisième est l'observation indirecte comme les systèmes vidéo installés sur des animaux. Chaque approche présente des avantages et des désavantages et compte tenu de la difficulté de l'estimation des régimes alimentaires des pinnipèdes en liberté, plusieurs approches seront souvent nécessaires pour obtenir des estimations fiables. L'approche la plus courante est la reconstitution à partir des parties dures des proies récupérées dans les contenus stomacaux, les fèces ou les vomissements. Cette approche est fondée sur l'identification des structures des proies qui subsistent après la digestion. Les otolithes sagittaux sont les structures les plus couramment utilisées, mais d'autres parties squelettiques des poissons, le rostre des céphalopodes et l'exosquelette des invertébrés sont également utilisés. Cette méthode nécessite plusieurs hypothèses, notamment : le matériel source constitue un échantillon représentatif du régime alimentaire dans l'ensemble de l'aire d'alimentation de l'espèce; toutes les proies ont autant de chances d'être détectées; les parties dures ne sont pas entièrement digérées; la taille des parties dures est proportionnelle à la taille des proies ingérées. Bien que cette approche soit relativement facile à mettre en œuvre, elle présente les désavantages suivants : les espèces ne possèdent pas toutes des parties qui résistent à la digestion; les parties des proies qui contiennent des parties dures ne sont pas nécessairement consommées; les otolithes subissent une érosion durant la digestion, ce qui complique l'identification des proies et entraîne une sous-estimation de la taille des proies; les différences sur le plan de la vitesse d'érosion des otolithes de différentes espèces peuvent donner lieu à un biais dans les estimations de la composition en espèces du régime alimentaire; le lieu d'échantillonnage peut entraîner un biais dans l'estimation du régime alimentaire des espèces dont l'aire de répartition est très grande.

These difficulties have lead to the development of chemical and biochemical methods which to not rely on the recovery of prey hard parts. Serology using prey specific antiserum has been used with limited success. Prey-specific DNA shows promise but few studies have been conducted to date. The 2 most widely used chemical methods

Ces difficultés ont mené à l'élaboration de méthodes chimiques et biochimiques qui ne dépendent pas de la récupération de parties dures des proies. Les études sérologiques axées sur l'utilisation d'antisérums propres aux proies ont donné des résultats mitigés. L'utilisation de l'ADN des proies est prometteuse, mais très peu

are makes use of information contained in stable isotope ratios and fatty acids. The carbon isotope ratio, 13C/12C (denoted d13C), and the nitrogen ratio, 15N/14N (denoted d15N), of various animal tissues can be useful in diet studies because they reflect the foods that have been assimilated by the predator. The d15N composition of an individual animal is typically about 3-4‰ greater than that of its diet. As this enrichment occurs at each trophic level within a food web, d15N values provide a good indication of the relative trophic level at which the predator is feeding. Although d13C values do not show the same kind of predictable trophic enrichment, they do vary geographically based on differences in carbon source such that the location of feeding can often be deduced. The major disadvantage of isotope ratios is that it is usually not possible to estimate the prey specie consumed. Fatty acids are the most abundant constituent of common lipids. Unlike other nutrients, such as proteins which are readily broken down during digestion, dietary fatty acids pass into circulation intact and those of carbon chain-length greater that 14 are often deposited in animal tissue in a predictable way. Fatty acids from blubber and other lipid depots provide a longer-term integration of feeding and, thus, geographic location of samples less likely to cause bias. Quantitative estimates of the species composition of the diet can be made using QFASA. However, not all species of prey may have distinct signatures and the size of prey consumed usually cannot be determined.

d'études ont porté sur ce sujet jusqu'à maintenant. Les deux méthodes chimiques les plus utilisées comprennent l'utilisation de l'information contenue dans les rapports des isotopes stables et les acides gras. Les rapports des isotopes de carbone (13C/12C ou d13C) et des isotopes d'azote (15N/14N ou d15N) de divers tissus animaux peuvent être utiles dans les études du régime alimentaire parce qu'ils mettent en évidence les aliments consommés par les prédateurs. La composition d15N d'un animal est habituellement environ 3 ou 4 ‰ plus élevée que celle de ses proies. Puisque cet enrichissement se produit à chaque niveau trophique, les valeurs de d15N donnent un bon indice du niveau trophique relatif auquel le prédateur s'alimente. Bien que les valeurs de d13C ne montrent pas le même type d'enrichissement trophique prévisible, elles varient à l'échelle géographique en fonction des différences entre les sources de carbone, ce qui permet souvent de déduire le lieu d'alimentation. Le principal désavantage des rapports d'isotopes est qu'il est habituellement impossible d'estimer les espèces de proies consommées. Les acides gras sont la composante la plus abondante des lipides communs. Contrairement aux autres éléments nutritifs, comme les protéines qui sont facilement dissociées durant la digestion, les acides gras alimentaires gagnent le sang sans se dégrader, et les acides gras dont la chaîne compte plus de 14 atomes de carbone se déposent souvent de façon prévisible dans les tissus animaux. Les acides gras du petit lard et d'autres dépôts de lipides donnent une idée de l'alimentation à long terme, ce qui réduit le risque de biais lié au lieu d'échantillonnage. Les estimations quantitatives de la composition en espèces du régime alimentaire peuvent être faites à l'aide de l'analyse quantitative de la signature des acides gras. Toutefois, toutes les espèces de proies n'ont pas nécessairement une signature distincte et la taille des proies consommées ne peut habituellement pas être déterminée.

Diets are influenced by a number of factors. Demographic factors include age, sex, and reproductive status. Foraging behaviour and, consequently, diet can be influenced by physiological and morphological limitations and by ecological factors such as variation in prey abundance, distribution, and profitability, predator avoidance - affecting time and area used for feeding, and competition within and between species.

Les régimes alimentaires dépendent d'un certain nombre de facteurs. Les facteurs démographiques comprennent l'âge, le sexe et l'état reproducteur. Le comportement d'alimentation et, de ce fait, le régime alimentaire peuvent varier selon les limites morphologiques et physiologiques et selon des facteurs écologiques, comme la variation de l'abondance, de la répartition et de l'utilité des proies, ainsi que l'évitement des prédateurs, qui a une incidence sur la période et la zone d'alimentation, et la compétition intra et interspécifique.

J. Quantitative Fatty Acid Signature Analysis (QFASA)
S. Iverson and W. Blanchard

Accurate estimates of the diets of predators are required in many areas of ecology, but for many species current methods are imprecise, limited to the last meal, and often biased. The diversity of fatty acids and their patterns in organisms, coupled with the narrow limitations on their biosynthesis, properties of digestion in monogastric animals, and the prevalence of large storage reservoirs of lipid in many predators, led us to propose the use of QFASA to study predator diets. The authors present a statistical model that provides quantitative estimates of the proportions of prey species in the diets of individual predators using fatty acid signatures. The authors conducted simulation studies using a database of 28 prey species (*n*=954 individuals) from the Scotian Shelf off eastern Canada to investigate properties of the model and to evaluate the reliability with which prey could be distinguished in the model. Experiments were then conducted on grey seals (*Halichoerus grypus*, *n*=25) and harp seals (*Phoca groenlandica*, *n*=5) to assess quantitative characteristics of fatty acid deposition and to develop calibration coefficients for individual fatty acids to account for predator lipid metabolism. The authors then tested the model and calibration coefficients by estimating the diets of experimentally fed captive grey seals (*n*=6, switched from herring to a mackerel/capelin diet) and mink kits (*Mustela vison*, *n*=46, switched from milk to one of 3 oil-supplemented diets). The diets of all experimentally fed animals were generally well estimated using QFASA and were consistent with qualitative and quantitative expectations, provided that appropriate calibration coefficients were used. In a final case, the authors compared video data of foraging by individual free-ranging harbor seals (*Phoca vitulina*, *n*=23) fitted with Crittercams and QFASA estimates of the diet of those same seals using a complex ecosystem-wide prey database. Among the 28 prey species in the database, QFASA estimated sandlance to be the dominant prey species in the diet of all seals (averaging 62% of diet), followed primarily by flounders, but also capelin and minor amounts of other species, although there was also considerable individual variability among seals. These estimates were consistent with video data showing sandlance to be the predominant prey, followed by flatfish. It was concluded that QFASA provides estimates of diets for individuals at time scales that are relevant to the ecological

J. Analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA)
S. Iverson et W. Blanchard

Des estimations exactes des régimes alimentaires des prédateurs sont nécessaires dans de nombreux domaines liés à l'écologie, mais pour de nombreuses espèces, les méthodes courantes sont imprécises, elles se limitent au dernier repas et elles sont souvent biaisées. La diversité des acides gras et leur distribution dans les organismes, combinées aux limites étroites relatives à leur biosynthèse, aux propriétés de digestion chez les animaux monogastriques et à la prévalence de grandes réserves de lipides chez de nombreux prédateurs, nous ont amené à proposer d'utiliser l'analyse quantitative de la signature des acides gras pour étudier les régimes alimentaires des prédateurs. Les auteurs présentent un modèle statistique qui fournit des estimations quantitatives des proportions d'espèces de proies dans les régimes alimentaires de prédateurs individuels au moyen de la signature des acides gras. Les auteurs ont mené des études de simulation à l'aide d'une base de données sur 28 espèces de proies (*n* = 954 individus) du plateau néo-écossais au large de la côte est du Canada afin d'examiner les propriétés du modèle et d'évaluer la fiabilité des distinctions entre les proies dans le modèle. Des expériences ont ensuite porté sur le phoque gris (*Halichoerus grypus*, *n* = 25) et le phoque du Groenland (*Phoca groenlandica*, *n* = 5) afin d'évaluer les caractéristiques quantitatives des dépôts d'acides gras et de calculer des coefficients d'étalonnage pour des acides gras individuels, pour tenir compte du métabolisme lipidique des prédateurs. Les auteurs ont ensuite mis à l'essai le modèle et les coefficients d'étalonnage en estimant les régimes alimentaires de phoques gris (*n* = 6, passant d'un régime à base de harengs à un régime à base de maquereaux et de capelans) et de visons d'Amérique (*Mustela vison*; *n* = 46, passant d'un régime à base de lait à un des trois régimes enrichis d'huiles) en captivité soumis à des régimes alimentaires expérimentaux. En général, l'analyse quantitative de la signature des acides gras a donné de bonnes estimations des régimes alimentaires de tous les animaux expérimentaux, et ces estimations concordaient avec les attentes qualitatives et quantitatives, pourvu que les coefficients d'étalonnage appropriés soient utilisés. Dans une dernière expérience, les auteurs ont comparé des données vidéo sur l'alimentation de phoques communs en liberté

processes affecting survival, and can be used to study diet variability within individuals over time, which will provide important opportunities rarely possible with other indirect methods. The authors propose that the QFASA model we have set forth will be applicable to a wide range of predators and ecosystems.

(*Phoca vitulina*, *n* = 23) munis de caméras et les estimations fondées sur l'analyse quantitative de la signature des acides gras pour ces mêmes phoques en utilisant une base de données complexes sur les proies à l'échelle de l'écosystème. Parmi les 28 espèces de proies dans la base de données, l'analyse quantitative de la signature des acides gras a permis d'estimer que le lançon est la principale espèce de proies dans le régime alimentaire de tous les phoques (proportion moyenne de 62 %), cette espèce étant suivie principalement par les poissons plats, mais aussi par le capelan et de petites quantités d'autres espèces. Il convient de souligner que la variabilité entre chaque phoque était très grande. Les estimations concordaient avec les données vidéo montrant que le lançon est la proie principale, suivi des poissons plats. Les auteurs ont conclu que l'analyse quantitative de la signature des acides gras fournit des estimations des régimes alimentaires d'individus à des échelles de temps pertinentes pour les processus écologiques liés à la survie, et que cette analyse peut être utilisée pour étudier la variabilité du régime alimentaire d'individus au fil du temps, ce qui fournira des occasions importantes rarement possibles avec d'autres méthodes indirectes. Les auteurs proposent que le modèle fondé sur l'analyse quantitative de la signature des acides gras que nous avons présenté sera applicable à une vaste gamme de prédateurs et d'écosystèmes.

K. Analysis of Prey Hard Parts
P. Hammond

The aim of analysis of prey hard parts is to estimate population diet for a specified region and period. The usual outputs are estimates of the proportion of each prey species by weight (or energy), estimated prey size distributions, and estimates of the amount of prey consumed. Sample material can come from digestive tracts, including stomachs, or scats. Using scats does not involve disturbance to animals and can result in large samples for some species. The analytical assumptions can be grouped into 3 categories: 1) that the scats collected are representative of diet, 2) that the recovered hard prey remains are representative of diet, and 3) that hard part measurements are accurate.

K. Analyse des parties dures des proies
P. Hammond

Le but de l'analyse des parties dures des proies est d'estimer le régime alimentaire des populations de phoques pour une région et une période données. Les résultats habituels sont des estimations de la proportion de chaque espèce de proies (en poids ou en énergie), des estimations des distributions des tailles des proies et des estimations de la quantité de proies consommées. Les échantillons peuvent provenir du tube digestif (p. ex. estomac) ou des fèces de phoques. L'utilisation des fèces n'entraîne aucune perturbation des animaux et peut permettre le prélèvement d'un grand nombre d'échantillons pour certaines espèces. Les hypothèses d'analyse peuvent être classées dans trois catégories : 1) les fèces recueillies sont représentatives du régime alimentaire; 2) les parties dures de proies récupérées sont représentatives du régime alimentaire; 3) les mesures des parties dures sont exactes.

The process is essentially to identify and measure hard prey remains (typically mostly fish otoliths), to correct for partial digestion using estimated digestion coefficients, to predict fish weight for each otolith, to sum up weights over species, and to correct for complete digestion using estimated recovery rates.

Le processus consiste essentiellement à identifier et à mesurer les parties dures de proies récupérées (principalement des otolithes de poissons), à effectuer des corrections pour la digestion partielle à l'aide de coefficients de digestion estimés, à prédire le poids des poissons à partir de chaque otolithe, à calculer la somme des poids par espèce et à effectuer des corrections pour la digestion complète à l'aide de taux de récupération estimés.

Potential biases to the assumption that scats are representative include: not accounting for seasonal and regional variation in diet; and the potential for over-emphasis on prey taken closer to shore. Potential biases to the assumption that recovered hard prey remains are representative include: all prey may not have measurable hard remains; the part of the prey containing the hard part may not be consumed (e.g., the heads of large fish are not always eaten); the issue of secondary prey; complete digestion of hard parts; and loss of hard parts during processing scats. Potential biases to the assumption that measurements are accurate include: failure to identify all hard parts; and partial digestion of hard parts.

Parmi les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les fèces soient représentatives, il convient de souligner les suivants : le fait qu'elle ne tient pas compte de la variation régionale et saisonnière du régime alimentaire et le risque d'une importance exagérée accordée aux proies capturées près des côtes. Les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les parties dures récupérées soient représentatives comprennent les suivants : les parties dures mesurables ne représentent peut-être pas toutes les proies, les parties des proies qui contiennent des parties dures ne sont peut-être pas consommées par les phoques (p. ex. les phoques ne mangent pas toujours la tête des gros poissons), la question des proies secondaires, la digestion complète des parties dures et la perte de parties dures durant le traitement des fèces. Les biais potentiels liés à l'hypothèse voulant que les mesures soient exactes comprennent l'échec de l'identification de toutes les parties dures et la digestion partielle des parties dures.

Attention was drawn to the different time windows that are represented by different diet estimation methods. Information from stomachs represent the previous day or two, scats the previous few days, and fatty acids the previous few weeks or months.

Un participant attire l'attention sur les différentes fenêtres temporelles qui sont représentées par les différentes méthodes d'estimation de régimes alimentaires. Les données sur les contenus stomacaux représentent les proies consommées la veille de l'échantillonnage ou les deux jours précédents, les fèces représentent les proies des derniers jours et les acides gras représentent les proies des quelques semaines ou mois précédents.

The digestion experiments on grey seals conducted at the SMRU (Sea Mammal Research Unit) were described. Eighteen prey species (cod, haddock, whiting, hake, dab, flounder, plaice, long-rough dab, witch, lemon sole, sandeel, herring, mackerel, Norway pout, poor cod, bullrout, dragonet, squid) were fed in multiple trials to a total of 7 adult female grey seals. The data were used to estimate digestion coefficients to account for partial digestion, recovery rates (number correction factors) to account for complete digestion, and to describe passage

Les expériences de digestion chez le phoque gris qui ont été menées à la Sea Mammal Research Unit sont décrites. Ces expériences ont compris de multiples essais au cours desquels 18 espèces de proies (morue, aiglefin, merlan, merlu et merluche, plie rouge, flétan, plie, plie canadienne, plie grise, limande sole, lançon, hareng, maquereau, tacaud norvégien, capelan de Méditerranée, *Notesthes robusta,* dragonnet et calmar) ont été fournies à un total de sept phoques gris femelles adultes. Les données ont été utilisées pour estimer les coefficients de

times of hard parts through the gut. Estimated digestion coefficients ranged from 1.02 for squid to 1.45 for gadoids and 1.65 for sandeels. Several practical issues were noted: how to deal with species without data, whether to use otolith width or length, and the use of grade-specific measurements to improve precision and to account for digestion rates potentially being different in experiments and in the wild. Estimated recovery rates ranged from 0.94 for squid and gadoids to 0.81 for flatfish to 0.35 for sandeels.

digestion afin de tenir compte de la digestion partielle, pour estimer les taux de récupération des otolithes (facteurs de correction des nombres récupérés) afin de tenir compte de la digestion complète et pour décrire les temps de passage des parties dures dans le tube digestif des prédateurs. Les coefficients de digestion estimés s'étendent de 1,02 pour le calmar à 1,45 pour les gadidés et à 1,65 pour les lançons. Plusieurs questions pratiques sont prises en note, notamment celles liées à la gestion des espèces pour lesquelles aucune donnée n'est disponible, à l'utilisation de la largeur ou de la longueur des otolithes et à l'utilisation de mesures propres aux niveaux de digestion pour améliorer la précision et pour tenir compte des taux de digestion potentiellement différents en laboratoire et dans la nature. Les estimations des taux de récupération s'étendent de 0,94 pour le calmar et les gadidés à 0,81 pour le poisson plat et à 0,35 pour les lançons.

A comprehensive way to estimate precision of estimates of diet composition is to combine non-parametric resampling, with replacement, of scats to estimate sampling error and parametric resampling of distributions of estimated quantities (digestion coefficients, otolith size-prey size relationships, recovery rates) to estimate "measurement error". It is important to consider the balance between bias and precision.

Une façon d'estimer la précision des estimations de la composition du régime alimentaire consiste à combiner le rééchantillonnage non paramétrique des fèces, avec remplacement, pour estimer l'erreur d'échantillonnage et le rééchantillonnage paramétrique des distributions des quantités estimées (coefficient de digestion, relations entre la taille des otolithes et la taille des proies et taux de récupération) pour estimer l'« erreur de mesure ». Il est important de tenir compte de l'équilibre entre le biais et la précision.

## L. The Use of DNA to Identify Prey in the Stomach Contents of Harp Seals

G. Stenson

Current methods of diet analysis in marine mammals, particularly hard part analysis (HPA), have biases that will affect the accuracy of species and frequency of prey in estimated diet. Using polymerase chain reaction (PCR) amplification of specific prey DNA using species-specific primer pairs, we developed a method that will compliment HPA and improve the detectability of prey. The PCR product size that could be reliably obtained was determined using a digestion time series of Atlantic cod (*Gadus morhua*) tissue in a simulated seal stomach. Varying lengths of Atlantic cod DNA were amplified using general primers, indicating that fragments less than approximately 800bp can be consistently amplified. Species-specific PCR primers for Atlantic cod, Arctic cod (*Boreogadus saida*), and capelin (*Mallotus villosus*) were

## L. Utilisation de l'ADN pour identifier les proies dans les contenus stomacaux de phoques du Groenland

G. Stenson

Les méthodes courantes d'analyse du régime alimentaire de mammifères marins, en particulier l'analyse des parties dures, comportent des biais qui auront une incidence sur l'exactitude des données sur les espèces et la fréquence des proies dans les estimations du régime alimentaire. Grâce à l'amplification par réaction en chaîne de la polymérase (PCR) de l'ADN de proies, à l'aide de paires d'amorces spécifiques, nous avons élaboré une méthode qui complétera l'analyse des parties dures et améliorera la détectabilité des proies. La taille du produit de la PCR qui pourrait être obtenue avec fiabilité a été déterminée à l'aide d'une série chronologique sur le temps de digestion des tissus de morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*) dans un estomac de phoque simulé. Des segments d'ADN de morue de l'Atlantique de diverses longueurs ont été

designed and used with DNA extracted from the stomach contents of 31 harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) to amplify specific prey DNA. Species-specific DNA was amplified with all 3 primer pairs. Amplification results were compared to hard part analysis (HPA) that is assumed to represent the most recent meal. For Atlantic cod, there were stomachs (n=11) where hard parts were found, but DNA was not amplified, suggesting that cod may be over represented in the diet proportions. While PCR amplification occurred in 17 stomachs, including all stomachs with Arctic cod hard parts (n=12), hard parts were missing from several stomachs which amplified DNA (n=5). Capelin DNA was also amplified in all stomachs with hard parts, but was amplified in a number of stomachs (n=9) without hard parts, illustrating the difficulty in finding small otoliths in HPA. PCR amplification of species specific prey DNA can be used with hard part analysis to give a more accurate and timely description of diet in the harp seals and other vertebrate predators.

amplifiés à l'aide d'amorces générales, ce qui a permis de déterminer que les fragments de moins de 800 pb environ peuvent être amplifiés régulièrement. Des amorces ont été conçues spécifiquement pour la morue, le morue arctique (*Boreogadus saida*) et le capelan (*Mallotus villosus*) et elles ont été utilisées avec l'ADN extrait des contenus stomacaux de 31 phoques du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) afin d'amplifier l'ADN des proies. L'ADN de proies a été amplifié avec les trois paires d'amorces. Les résultats de l'amplification ont été comparés aux résultats de l'analyse des parties dures, qui est supposée être représentative du repas le plus récent. Onze estomacs de phoques contenaient des parties dures de morues, mais l'ADN dans ces estomacs n'a pas été amplifié, ce qui suggère que la proportion de morues dans le régime alimentaire pourrait être surestimée. L'ADN de morue arctique a été amplifié dans 17 estomacs, y compris tous les estomacs contenant des parties dures de cette espèce (n = 12) et cinq autres estomacs ne contenant aucune partie dure. L'ADN de capelan a également été amplifié dans tous les estomacs contenant des parties dures de l'espèce, mais il a aussi été amplifié dans un certain nombre d'estomacs sans partie dure (n = 9), ce qui illustre la complexité de la recherche de petits otolithes dans le cadre de l'analyse des parties dures. L'amplification par PCR d'ADN de proies particulières peut être utilisée en combinaison avec l'analyse des parties dures pour obtenir une description plus exacte et plus rapide du régime alimentaire des phoques du Groenland et d'autres vertébrés prédateurs.

M. Grey Seal Consumption and Predation Mortality
K. Trzcinski, R. Mohn, and W.D. Bowen

Like many parts of the world, the ocean community along the Eastern Scotian Shelf has experienced drastic changes. Once common top-predators are a small fraction of their historical abundance, and much of the current community structure is dominated by pelagic fishes and invertebrates. Embedded within this food web, populations of the Atlantic cod and grey seal exhibit nearly opposite trends. Since 1984, cod has decreased exponentially at a rate of 17% per year, whereas grey seals have increased exponentially at a rate of 12%. The closure of the cod fishery over 10 years ago and more than 30 years of data on the population trends of cod and grey seals, provide a unique opportunity to reexamine the impact of grey seals on Atlantic

M. Quantité de proies consommées par le phoque gris et mortalité par prédation
K. Trzcinski, R. Mohn et W.D. Bowen

Comme à bien d'autres endroits dans le monde, la communauté océanique de l'est du plateau néo-écossais a connu des changements importants. On ne retrouve aujourd'hui plus qu'une fraction des prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire qui étaient autrefois très répandus, et la structure des communautés est largement dominée par les poissons pélagiques et les invertébrés. Au sein de ce réseau alimentaire, les populations de morues et de phoques gris suivent récemment des tendances presque contraires. En effet, depuis 1984, les populations de morues de l'Atlantique ont chuté de façon exponentielle à un taux moyen de 17 % par année, tandis que les populations de phoques gris ont augmenté exponentiellement à un taux de

cod dynamics. The authors quantified the impact of seals on Eastern Scotian Shelf cod by: 1) estimating trends in seal and cod abundance, 2) estimating the total energy needed for seal growth and maintenance from an energitics model, 3) using estimates of the percent cod in the total diet derived from quantitative fatty acid signature analysis (QFASA), and of the size-specific selectivity of cod consumed from otoliths collected from faecal samples, and 4) assuming a grey seal functional response. Recent results from QFASA indicate that cod comprise on average less than 3% of a grey seals diet. The model shows that grey seals are imposing a significant level of instantaneous mortality (0.21) on young fish and, along with unknown sources of natural mortality (0.62), are presumably preventing the cod stock from recovering. High mortality in large cod remains unexplained.

12 %. La fermeture de la pêche de la morue il y a plus de dix ans et plus de 30 ans de données sur les tendances des populations de morues et de phoques gris fournissent une occasion unique d'examiner à nouveau les répercussions des phoques gris sur la dynamique de la morue. Les auteurs ont quantifié les répercussions des phoques sur la morue de l'est du plateau néo-écossais en effectuant les étapes suivantes : 1) une estimation des tendances de l'abondance du phoque gris et de la morue; 2) une estimation de l'énergie totale nécessaire pour la croissance et le maintien des phoques, d'après un modèle énergétique; 3) l'utilisation des estimations de la proportion de morues dans le régime alimentaire total, déterminée par l'analyse quantitative de la signature des acides gras et l'utilisation des estimations de la sélectivité selon la taille des morues consommées, d'après les otolithes recueillis dans les échantillons de fèces; 4) la supposition d'une réponse fonctionnelle chez les phoques gris. Les résultats récents de l'analyse des acides gras indiquent que la morue compte en moyenne pour moins de 3 % du régime alimentaire du phoque gris. Le modèle montre que le phoque gris est responsable d'un niveau de mortalité instantanée important (0,21) chez les jeunes poissons. Ce niveau et d'autres sources inconnues de mortalité naturelle (0,62) contribueraient à l'échec du rétablissement du stock de morue. La mortalité élevée des morues de grande taille demeure inexpliquée.

N. Estimating Energy Consumption in Gulf and Newfoundland Harp and Grey Seals

M.O. Hammill and G. Stenson

Data from several different sources are needed to estimate consumption of prey by seals. The approach can be broken down into several boxes or components. These involve estimating individual energy requirements, information on total population size and a breakdown by age and sex, information on seasonal distribution, composition of the diet, and the size composition of this prey field. Individual energy requirements are determined using an allometric relationship between body mass and energy needs. This allometric equation for basal metabolic rate is then adjusted to take into account energy costs associated with activity and growth. More recent models also consider seasonal changes in energy expenditure. Individual energy requirements are scaled to the population taking into consideration age and to a lesser extent sex differences. Distribution information is determined using a

N. Estimation de la consommation d'énergie par les phoques du Groenland et les phoques gris du golfe et de Terre-Neuve

M.O. Hammill et G. Stenson

Des données de plusieurs sources différentes sont nécessaires pour estimer la quantité de proies consommées par les phoques. L'approche peut être décomposée en plusieurs cases ou composantes, notamment l'estimation des besoins énergétiques individuels, les données sur la taille de la population totale et une répartition selon l'âge et le sexe, les données sur la répartition saisonnière, la composition des régimes alimentaires et la composition selon la taille de cette zone de proies. Les besoins énergétiques individuels sont déterminés à l'aide d'une relation allométrique entre la masse corporelle et les besoins en énergie. Cette équation allométrique pour le taux métabolique de base est ensuite ajustée afin de tenir compte des coûts en énergie liés aux activités et à la croissance. Les modèles les plus récents tiennent également compte des changements saisonniers

combination of data sources including telemetry, harvest, and tagging data. Diet composition is determined using hard part reconstructions of faecal or stomach contents, or fatty acid composition. The diet reconstruction takes into account seasonal changes in energy contribution of different prey species. It also considers the size structure of the prey consumed.

des dépenses énergétiques. Les besoins énergétiques individuels sont mis à l'échelle de la population en tenant compte de l'âge et, dans une moindre mesure, des différences entre les sexes. Les données sur la répartition sont obtenues à l'aide d'une combinaison de sources de données, y compris les données de télémétrie, de chasse et de marquage. La composition des régimes alimentaires est déterminée par le biais de reconstitutions à partir des parties dures récupérées dans les fèces et les contenus stomacaux ou d'après la composition en acides gras. La reconstitution des régimes alimentaires tient compte des changements saisonniers de la contribution énergétique de différentes espèces de proies ainsi que de la structure de taille des proies consommées.

There is uncertainty associated with estimating all parameters associated with each of the components. Sensitivity analyses have indicated that small changes in the energy relationships and population sizes have the greatest impact on consumption estimates. However, data on true diet composition and distribution are often the most difficult to obtain, and have shown significant variability spatially and temporally.

L'estimation de tous les paramètres liés à chaque composante du modèle de consommation est marquée par l'incertitude. Les analyses de sensibilité indiquent que les petits changements dans les relations énergétiques et la taille des populations ont la plus grande incidence sur les estimations de la quantité de proies consommées. Cependant, des données sur la composition réelle du régime alimentaire et la répartition sont souvent les plus difficiles à obtenir et elles varient beaucoup à l'échelle spatiale et temporelle.

O. Seals in Norway
T. Haug

O. Phoques en Norvège
T. Haug

Seven seal species occur regularly in Norwegian and adjacent waters. Three of these have adapted entirely to a life in the Arctic (walrus, bearded seals, and ringed seals), while grey and harbour seals reside on the Norwegian and Murman coasts. Given their relatively small numbers, none of these are thought to play ecological significant roles. Two seal species in the area have been subject to a more large scale commercial exploitation: harp and hooded seals. Harp seals are the most numerous and ecologically the most important seals in the ecosystem, in particular in the Barents Sea. Barents Sea harp seals show opportunistic feeding patterns in that different species are consumed in different areas and at different times of the year. The bulk of the harp seal diet is comprised of relatively few species, in particular capelin, polar cod, herring, krill, and pelagic amphipods. The crustaceans appear to be particular important during summer and autumn, whereas a switch from crustaceans to fish occur in winter. The total food consumption by c. 2 million Barents Sea harp seals was estimated

Sept espèces de phoques fréquentent régulièrement les eaux norvégiennes et adjacentes. Trois de ces espèces se sont pleinement adaptées à la vie dans l'Arctique (morse, phoque barbu et phoque annelé), tandis que le phoque gris et le phoque commun résident sur la côte norvégienne et la côte Murman. Compte tenu de leur nombre relativement petit, aucune espèce n'est considérée comme jouant un rôle important sur le plan écologique. Deux espèces de phoque de la région ont fait l'objet d'une chasse commerciale à grande échelle : le phoque du Groenland et le phoque à capuchon. Les phoques du Groenland sont les plus nombreux et les plus importants du point de vue écologique dans l'écosystème, en particulier dans la mer de Barents. Les phoques du Groenland de la mer de Barents montrent des régimes d'alimentation opportunistes, car ils consomment différentes espèces dans différentes zones et à des périodes différentes durant l'année. Leur régime alimentaire est axé sur un nombre relativement petit d'espèces, notamment le capelan, le morue arctique, le hareng, le krill et

to be within a range of 2.69-3.96 million t of biomass. Distribution of the harp seals' energetic requirements across a representative mix of prey species (as observed in the early 1990s) gave point estimates of 1.22 million t crustaceans, 808,000 t capelin, 605,000 t polar cod, 212,000 t herring, and a mix of gadoids and other more Arctic fishes of circa 500,000 t. A low capelin stock led to a switch in harp seal diet with increased consumption of other fish species, in particular, polar cod, other gadoids, and herring. Recent observations from satellite tagging experiments suggest that Greenland Sea and Barents Sea harp seals likely overlap in their feeding range during summer and autumn in the northern Barents Sea. This means an additional pressure on the Barents Sea resources. Ecosystem changes may affect marine mammal populations, e.g., through changes in food or habitat availability. The winter/spring harp seal invasions to coastal areas of north Norway in the 1980s may serve as a useful example. Food shortage, particularly of the 3 important prey species capelin, polar cod, and herring, likely caused the coastal invasions. It has been suggested that there may be a simple density dependent relationship between population size and age at maturity in harp seals (more seals, less food, slower reproduction) – in the Barents Sea population the mean age at maturity has increased from c. 5.5 years in the early 1960s to 8.2 year in the early 1990s.

des amphipodes pélagiques. Les crustacés semblent être une proie particulièrement importante à l'été et à l'automne, tandis que les phoques passent des crustacés aux poissons en hiver. La quantité (biomasse) totale de nourriture consommée par environ deux millions de phoques du Groenland dans la mer de Barents a été estimée entre 2,69 et 3,96 millions de tonnes. Les estimations ponctuelles obtenues quant à la distribution des besoins énergétiques des phoques du Groenland parmi un mélange représentatif d'espèces de proies (selon les observations effectuées au début des années 1990) sont les suivantes : 1,22 million de tonnes de crustacés, 808 000 t de capelan, 605 000 t de morue arctique, 212 000 t de hareng et environ 500 000 t d'un mélange de gadidés et d'autres poissons de l'Arctique. Le faible effectif du stock de capelan a fait en sorte que le phoque du Groenland a augmenté sa consommation d'autres espèces de poissons, en particulier le morue arctique, d'autres gadidés et le hareng. Des observations récentes dans le cadre des expériences de marquage par étiquette émettrice suggèrent que les aires d'alimentation des phoques du Groenland de la mer du Groenland et de la mer de Barents se chevauchent probablement à l'été et à l'automne dans le nord de la mer de Barents, ce qui signifie que les ressources de la mer de Barents font l'objet d'une pression additionnelle. Les changements dans l'écosystème peuvent avoir une incidence sur les populations de mammifères marins, p. ex. par le biais de changements de la disponibilité des proies ou de l'habitat. Les invasions hivernales ou printanières de phoques du Groenland dans les zones côtières du nord de la Norvège dans les années 1980 peuvent constituer un exemple utile. Ces invasions ont probablement été causées par la pénurie de nourriture, en particulier des trois espèces de proies importantes (capelan, morue arctique et hareng). Certains ont suggéré qu'il est possible qu'il y ait une simple relation dépendante de la densité entre la taille de la population et l'âge à maturité des phoques du Groenland (plus les phoques sont nombreux, moins il y a de nourriture et plus la reproduction est lente). Dans la population de la mer de Barents, l'âge moyen à maturité est passé d'environ 5,5 ans au début des années 1960 à 8,2 ans au début des années 1990.

P. Grey Seal Diet Around the UK

P. Hammond

Diet composition and prey consumption of grey seals around the UK were estimated using scat sampling methods as described previously. For diet composition, measurements of fish otoliths and cephalopod beaks recovered from scats were used to estimate the weight of prey associated with each structure, which were summed over species and expressed as percentages in the diet by weight. For prey consumptions, the amount of prey in the scat samples was converted to energy, equated to estimated energy requirements for the population in the region, converted back to weight, and expressed as tonnes consumed per annum. Scats were collected quarterly throughout 2002 along Britain's North Sea coast and throughout the Hebrides to the west of Scotland. Data from most of the same areas in 1985 were reanalysed. Estimates of diet were then compared with estimates of stock biomass for 1985 and 2002 from ICES (International Council for the Exploration of the Sea) assessments.

There were notable changes in grey seal diet composition between 1985 and 2002. The core species (sandeels, cod, and other gadoids) were similar in both time periods, but the proportions they contributed were different both regionally and seasonally.

In the North Sea estimates of annual consumption of commercially important fish prey by grey seals increased from 39,000 t in 1985 to 116,000 t in 2002, in line with the increase in population size. The estimated amount of sandeel consumed increased from 29,000 t in 1985 to 69,000 t in 2002, and estimated consumption of cod increased from 4,100 t to 8,300 t. Per capita prey consumption was 4.7 $kg.d^{-1}$ (1.72 $t.yr^{-1}$). Consumption per seal decreased between 1985 and 2002 for cod (by approximately 30%) and sandeel (by approximately 15%), remained about the same for whiting, approximately trebled for plaice, and approximately quadrupled for haddock. Estimated prey consumption was less than 1% of estimated stock size for all species in

P. Régime alimentaire du phoque gris au Royaume-Uni

P. Hammond

La composition du régime alimentaire du phoque gris au Royaume-Uni et la quantité de proies consommées par cette espèce ont été estimées à l'aide des méthodes d'échantillonnage des fèces décrites précédemment. Pour ce qui est de la composition du régime alimentaire, les mesures des otolithes de poissons et des rostres de céphalopodes récupérés dans les fèces de phoques ont été utilisées pour estimer le poids des proies associées à chaque structure. La somme des poids a été calculée pour chaque espèce et exprimée en pourcentage du régime alimentaire en poids. Dans le cas de la quantité de proies consommées, la quantité de proies dans les échantillons de fèces a été convertie en énergie, comparée aux besoins en énergie estimés pour la population dans la région, puis convertie à nouveau en poids et exprimée en tonnes consommées par année. Les fèces ont été recueillies à chaque trimestre de l'année 2002 le long de la côte britannique donnant sur la mer du Nord et dans la zone des îles Hébrides, à l'ouest de l'Écosse. Les données de la plupart de ces mêmes zones en 1985 ont été analysées à nouveau. Les estimations du régime alimentaire ont ensuite été comparées aux estimations de la biomasse des stocks pour 1985 et 2002, d'après les évaluations du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM).

La composition du régime alimentaire du phoque gris a subi des changements notables entre 1985 et 2002. Les espèces principales (lançons, morue et autres gadidés) étaient semblables lors des deux périodes, mais la proportion de chacune a varié selon les régions et les saisons.

Dans la mer du Nord, les estimations de la quantité de poissons d'importance commerciale consommés annuellement par les phoques gris sont passées de 39 000 t en 1985 à 116 000 t en 2002, ce qui cadre avec l'augmentation de la taille des populations. L'estimation de la quantité de lançons consommés est passée de 29 000 t en 1985 à 69 000 t en 2002, tandis que l'estimation de la quantité de morues consommées est passée de 4 100 t à 8 300 t. La quantité de proies consommées par phoque se chiffrait à 4,7 kg/jour (1,72 t/année). Les quantités de morues et de lançons consommés par phoque ont baissé entre 1985 et 2002 (respectivement d'environ 30 et 15 %). La quantité de merlan consommés est demeurée à peu près la même, celle de plies a

1985, but several times higher in 2002; however, only for cod (3.7%), sandeel (2.7%), and plaice (1.5%) were the percentages greater than 1%.

environ triplé et celle d'aiglefins a quadruplé. L'estimation de la quantité de proies consommées était égale à moins de 1 % de la taille estimée des stocks de chaque espèce en 1985, mais elle était plusieurs fois supérieure en 2002; toutefois, les pourcentages étaient supérieurs à 1 % uniquement dans le cas de la morue (3,7 %), du lançon (2,7 %) et de la plie (1,5 %).

In the Hebrides area west of Scotland, estimated annual consumption of prey by grey seals increased between 1985 and 2002 from 53,000 t to 77,000 t, in line with the increase in the grey seal population in this area. Between 1985 and 2002, there was little change in the consumption of cod and whiting per seal, but marked decreases for saithe, pollock, ling, and sandeel. Consumption per seal of haddock and herring increased threefold. Grey seals continued to consume large quantities of cod and other gadoids west of Scotland, despite significant declines in some of the stocks. Estimates of stock size in this area are not robust, but consumption relative to available estimates of stock size was mostly much higher (especially for cod) than in 1985.

Dans la région des îles Hébrides, l'estimation de la quantité de proies consommées annuellement par les phoques gris a également augmenté entre 1985 et 2002, passant de 53 000 à 77 000 t, ce qui cadre avec la hausse de l'effectif de la population de phoques gris dans cette région. Entre 1985 et 2002, la quantité de morues et de merlans consommés par phoque a peu varié, mais la quantité de goberges, de juliennes et de lançons consommés a chuté considérablement. La quantité d'aiglefins et de harengs consommés par phoque a triplé. Les phoques gris ont continué à consommer de grandes quantités de morues et d'autres gadidés à l'ouest de l'Écosse et ce, malgré le déclin important de l'effectif de certains stocks. Les estimations de la taille des stocks dans cette région ne sont pas robustes, mais le rapport entre la quantité de proies consommées et les estimations disponibles de la taille des stocks était en général plus élevé qu'en 1985 (en particulier dans le cas de la morue).

These changes between 1985 and 2002 are a result of 3 factors: 1) an overall increase in consumption of prey by grey seals (driven by the increase in seal numbers), 2) the changes in diet composition, and 3) declines in most commercially harvested fish stocks.

Ces changements entre 1985 et 2002 sont le résultat de trois facteurs : 1) une hausse globale de la quantité de proies consommées par les phoques gris (un résultat de la hausse du nombre de phoques); 2) les changements dans la composition du régime alimentaire; 3) le déclin de la plupart des stocks de poissons ciblés par la pêche commerciale.

Grey seals consumed fish that were estimated to be mostly less than 35 cm in length, but large cod up to about 70cm (average 35-40cm) were also taken in the North Sea in both 1985 and 2002 and west of Scotland in 2002; west of Scotland in 1985, they were mostly less than 45 cm.

Les phoques gris auraient consommé principalement des poissons de moins de 35 cm de longueur, mais ils auraient également consommé des morues d'une longueur pouvant atteindre 70 cm environ (moyenne entre 35 et 40 cm) dans la mer du Nord en 1985 et en 2002, ainsi qu'à l'ouest de l'Écosse en 2002. Dans cette dernière région en 1985, la plupart des morues consommées mesuraient moins de 45 cm.

Q. Bias and Uncertainty in Gadoid Abundance and Distribution: Abundance and Distribution of Cod: Southern Gulf of St. Lawrence Cod

G. Chouinard, D.P. Swain, A. Sinclair, D. Clay, and T. Hurlbut

There are about 11 cod stocks (or complexes) for fisheries management on the Atlantic coast of Canada. Landings varied between 300,000 and 600,000 t between 1875 and 1950. Landings reached about 1.5 million t in the 1960s. Landings declined and the stocks collapsed in the early 1990s. No recovery has been observed for most stocks. In terms of distribution, there are a number of similarities. Cod tend to be on top of banks and/or closer to shore in summer (May-November), but tend to occupy deeper waters often on the slopes of banks (December-April). Migration is large for some stocks (divs. 2J3KL, 3Pn4RS, 4T-Vn). Larger (older) fish tend to be found in deeper waters and the distribution appears to be density-dependent; at low abundance, the range is constricted.

For southern Gulf of St. Lawrence cod, there are several independent indicators of abundance including:

- DFO research vessel index 1971-2007.
- Sentinel otter trawl survey 2003-2007.
- Sentinel longline catch rate index 1995-2007.
- Other sentinel indicators during the period 1995-2002.

Abundance and biomass can be estimated using a population model. Indicators of abundance indicate that the stock is currently at low abundance. Estimates are produced by sequential population analysis calibrated with abundance indicators using the ADAPT framework. There are uncertainties regarding the value of natural mortality (*M*) to be used. Previous studies have shown an increase in the mid 1980s. Two models with different assumptions for M were used in most recent assessment:

- Model 1: M=0.2 for 1971-1985, M =0.4 for 1986-2006.

Q. Biais et incertitude de l'abondance et de la répartition des gadidés : abondance et répartition de la morue dans le sud du golfe du Saint-Laurent

G. Chouinard, D.P. Swain, A. Sinclair, D. Clay et T. Hurlbut

Environ 11 stocks (ou complexe de stocks) de morue de la côte canadienne de l'Atlantique sont l'objet d'une pêche gérée. Les débarquements ont fluctué entre 300 000 et 600 000 t entre 1875 et 1950, et ont atteint environ 1,5 million de tonnes dans les années 1960. Puis ils ont diminué, et les stocks se sont effondrés au début des années 1990. Aucun rétablissement n'a été observé chez la plupart de ces stocks. Leur répartition montre des similitudes. La morue a tendance à rester sur les bancs et/ou près des côtes en été (mai-novembre), mais à se tenir en eaux profondes, souvent sur le talus des bancs, en hiver (décembre-avril). Certains stocks effectuent de longues migrations (2J3KL, 3Pn4RS, 4TVn). Les individus de grande taille, et donc plus âgés, se trouvent surtout en eaux profondes. Leur répartition semble être dépendante à la densité : à une abondance faible, leur répartition est limitée.

Il existe plusieurs indicateurs indépendants de l'abondance de la morue dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) :

- les indices 1971-2007 de navire de recherche du MPO;
- les relevés sentinelles 2003-2007 au chalut de fond;
- les indices des taux de capture 1995-2007 de pêche sentinelle à la palangre;
- d'autres indicateurs de pêche sentinelle pour 1995-2002.

On peut estimer l'abondance et la biomasse de la morue dans le sGSL à l'aide d'un modèle de population. Les indicateurs d'abondance montrent que les effectifs du stock sont faibles à l'heure actuelle. Une analyse séquentielle de population, étalonnée avec des indicateurs d'abondance en utilisant le cadre ADAPT, permet d'en obtenir des estimations. Mais il existe des incertitudes quant à la valeur de la mortalité naturelle (*M*) à utiliser. Des études antérieures ont révélé que *M* avait augmenté au milieu des années 1980. Deux modèles reposant sur des valeurs différentes de *M* ont été utilisés dans les dernières évaluations.

- Modèle 1 : *M* = 0,2 pour 1971-1985, *M* = 0,4 pour 1986-2006.

- Model 2: M=0.2 for 1971-1979, M=0.4 for 1994-1997, M estimated for periods: 1980-1986, 1987-1993, 1998-2001 and 2002-2006.

The 2 models produced similar estimates of abundance for recent years and similar trends for the historical series (Figure Q1). Coefficients of variation of the estimates tend to vary between 10 and 20%. There is no retrospective pattern (tendency of past assessments to overestimate relative to the current assessment), but there seem to be some bias in the estimates of older ages (12-14) relative to the survey. Fixing *F* on oldest age in recent years to mean of previous 2 ages reduces bias, but produces considerably poorer fit to model. Some exploratory analyses suggest a higher natural mortality for older fish in recent years. It was noted that the estimates of biomass of older (12-15) fish contribute only about 10-13% of total SSB.

- Modèle 2 : *M* = 0,2 pour 1971-1979, *M* = 0,4 pour 1994-1997, *M* estimé pour les périodes 1980-1986, 1987-1993, 1998-2001 et 2002-2006.

Les deux modèles ont produit des estimations semblables de l'abondance dans les dernières années et des tendances semblables pour la série de données historiques (figure Q1). Les coefficients de variation des estimations ont tendance à varier entre 10 et 20 %. Il n'y a aucun profil rétrospectif (tendance des estimations passées à surestimer par rapport aux estimations courantes), mais il semble y avoir un biais dans les estimations de l'abondance des morues âgées (12-14 ans) par rapport au relevé. Lorsque *F* des morues les plus âgées dans les dernières années est fixé à la moyenne pour les deux âges précédents, le biais est réduit, mais cela produit un ajustement du modèle considérablement moins bon. Des analyses exploratoires suggèrent que, dans les dernières années, *M* est plus élevé chez les morues âgées. La biomasse estimative des morues âgées (12-15 ans) ne constitue environ que 10 à 13 % de la BSR totale.

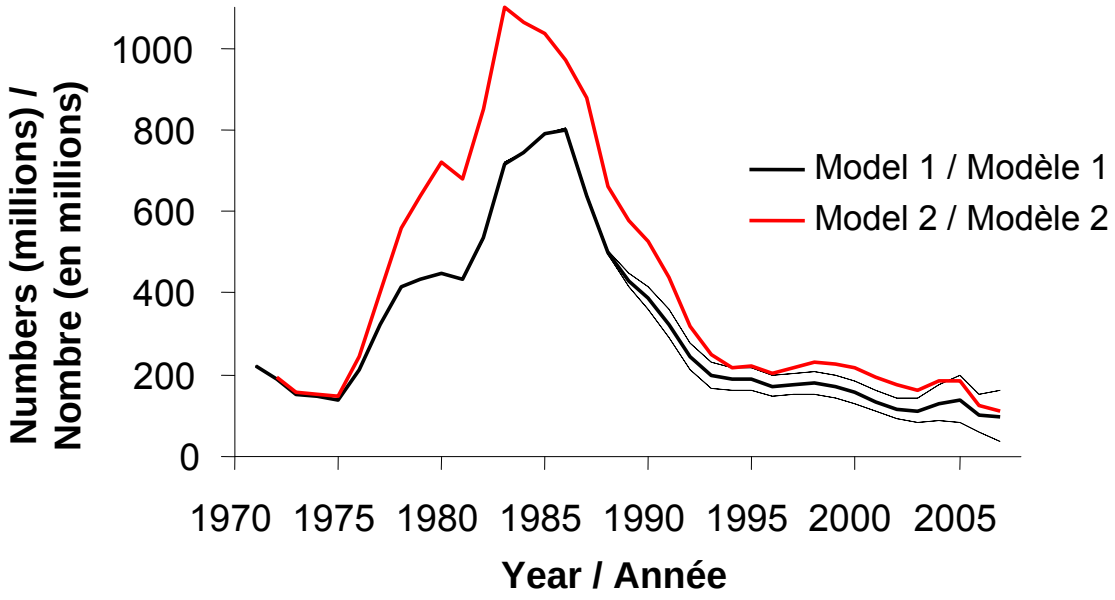



*Figure Q1. Estimates of population abundance from 2 population models (see text). Lower solid line depicts estimates of population from Model 1 (fixed M). Dashed lines are confidence intervals. Upper solid line is abundance from Model 2.*

*Figure Q1. Estimations de l'abondance de la morue selon deux modèles de population (voir le texte). La ligne pleine inférieure représente les estimations issues du modèle 1 (*M *fixe) et la ligne pleine supérieure, les estimations issues du modèle 2. Les lignes tiretées sont les intervalles de confiance.*

The stock undergoes an extensive annual migration, which is well known by fishermen and documented through tagging and other studies. The stock is found in the southern Gulf of St. Lawrence (Div. 4T) in summer. During the fall, the population migrates to the eastern area of the southern Gulf, and can be found off the coast of western Cape Breton in late fall. The migration continues and cod from the southern Gulf are found in Sydney Bight (Subdiv. 4Vn) in winter. The return migration occurs in spring after the ice break up.

Le stock entreprend une longue migration annuelle, bien connue des pêcheurs et documentée par le biais d'études de marquage et autres. Il se trouve dans le sGSL (division 4T) en été. À l'automne, il se dirige vers l'est du sGSL et se trouve au large de l'ouest du Cap-Breton à la fin de l'automne. Il poursuit sa migration, et se trouve dans la baie de Sydney (sous-division 4Vn) en hiver. La migration dans le sens inverse a lieu au printemps après la débâcle.

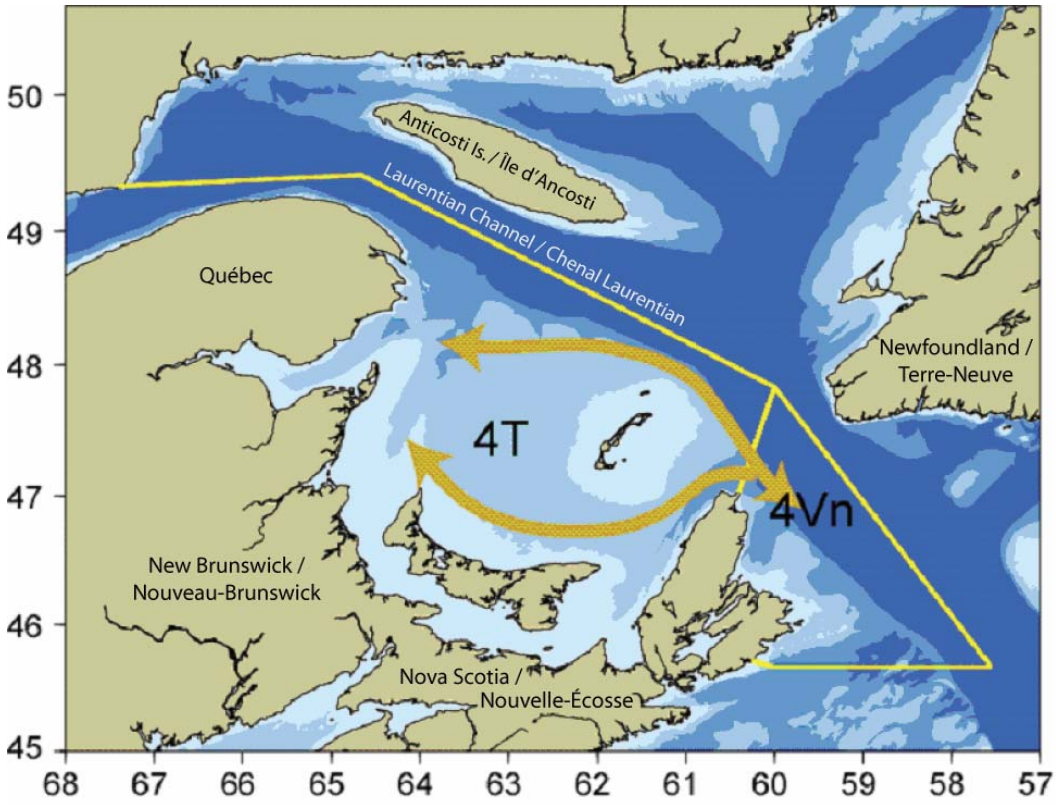



*Figure Q2. Chart of the Gulf of St. Lawrence showing the migration of the southern Gulf of St. Lawrence cod.*

*Figure Q2. Carte du golfe du Saint-Laurent montrant le régime de migration de la morue du sud du Golfe.*

Historically, the fishery has been targeting migrating aggregations. The migration is thought to be linked to the oceanographic regime. The southern Gulf is covered by ice from January to March-April. Fishery data (Sinclair and Currie 1994) suggest that there are 2 main migration routes; a northerly route along the Laurentian Channel and a more important southerly route through the Cape Breton Trough.

Par le passé, la pêche ciblait les bancs de migrateurs. On croit que la migration est liée au régime des conditions océanographiques. Le sGSL est englacé de janvier à mars-avril. Les données sur la pêche (Sinclair et Currie, 1994) suggèrent qu'il existe deux principales voies de migration : la première au nord, le long du chenal Laurentien, et la deuxième, plus importante, au sud, à travers la fosse du Cap-Breton.

Based on tagging studies and vertebral counts, it was concluded that there were likely several sub-stocks in the area. However, because of the extensive mixing and migration makes cod found in the southern Gulf in summer and in Sydney Bight in winter are treated as one population. There is limited mixing between the southern and northern Gulf stock; however, in winter, the southern Gulf stock overwinters in the same general area as the Sydney Bight (Subdiv. 4Vn) resident stock.

Data collected in the annual September research surveys (1971-2007), sentinel trawl surveys (2003-2007), seasonal surveys (east - 1986-1987 and west - 1989-1991), and winter (January) surveys (1994-1997) was examined to provide some indication of seasonal movements and distribution. As well, fishery logbook data in the period 1991-1993 provide relatively detailed information on seasonal movements. During that time, the fishery was not subject to opening dates, and logbooks contained detailed information on fishing location.

Il a été conclu, d'après des études d'étiquetage et des dénombrements des vertèbres, qu'il existait probablement plusieurs sous-stocks dans la région. Mais en raison du vaste mélange et des longues migrations des stocks, la morue qui se trouve dans le sGSL en été et dans la baie de Sydney en hiver est traitée comme une seule population. Il y a peu de mélange entre le stock du nGSL et le stock du sGSL. Par contre, le stock du sGSL hiverne dans le même secteur général que le stock résident de la baie de Sydney (sous-division 4Vn).

Les données recueillies dans le cadre des relevés de recherche annuels de septembre (1971-2007), des relevés sentinelles au chalut (2003-2007), de relevés saisonniers (secteur est : 1986-1987 et secteur ouest : 1989-1991) et de relevés de janvier (1994-1997) ont été étudiées pour obtenir un indice des déplacements saisonniers et de la répartition de la morue. En outre, les données des journaux de bord pour la période 1991-1993 fournissent des informations relativement détaillées sur ces déplacements. Comme la pêche n'était pas assujettie à des dates d'ouverture pendant cette période, les journaux contiennent des données détaillées sur les lieux de pêche.

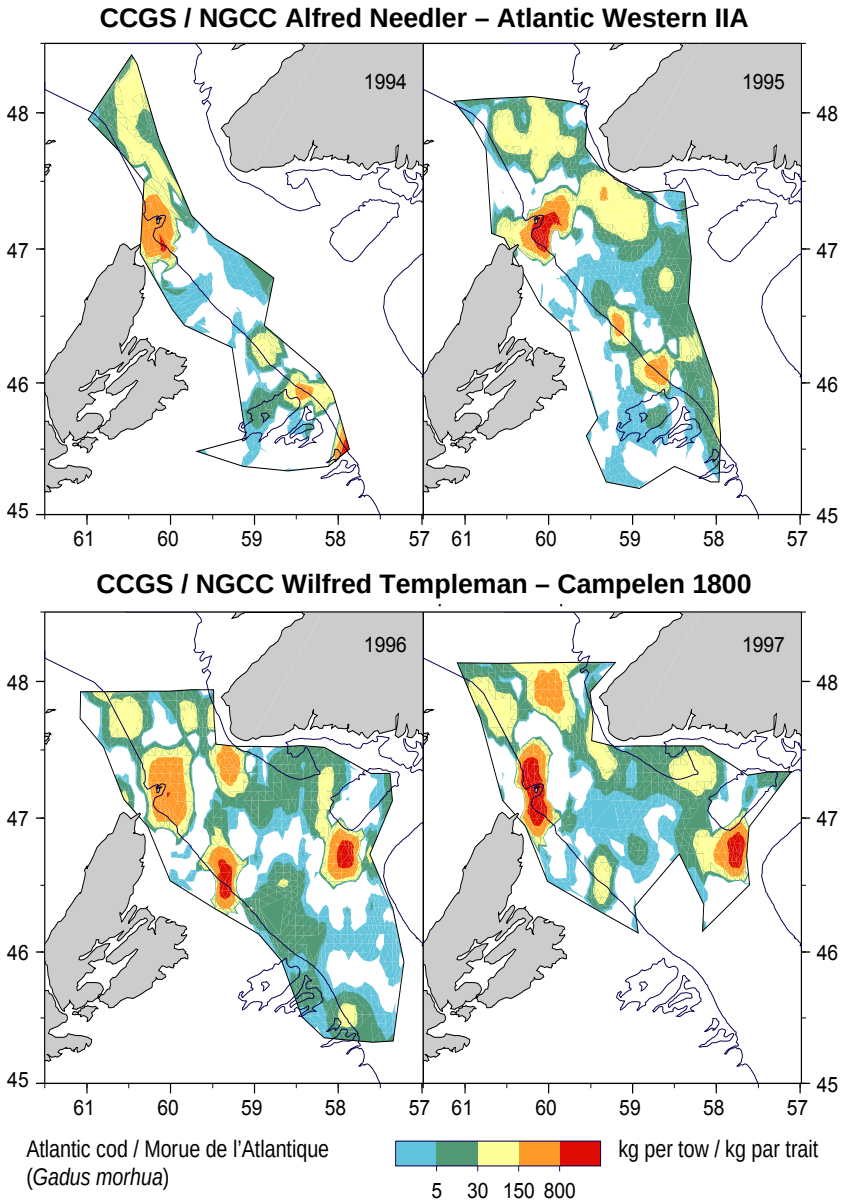



*Figure Q3. Cod distribution in January in Sydney Bight.*

The seasonal distribution pattern from these data shows that cod are primarily found in Sydney Bight from January to March. The migration into Div. 4T starts in April, and in May, most of the stock is found in the eastern southern Gulf off the west coast of Cape Breton. By June, the stock has migrated to the western southern Gulf off the coast of the Gaspé Peninsula, northern New Brunswick, and northwestern Prince Edward Island. Cod concentrations are found in this area until late September-early October when the return migration starts. The migration appears to be relatively rapid and, by November, cod are again found primarily off the coast of western

*Figure Q3. Répartition de la morue en janvier dans la baie de Sydney.*

Ces données indiquent que la morue se trouve surtout dans la baie de Sydney de janvier à mars. Elle commence à migrer vers la division 4T en avril et, en mai, la plus grande partie du stock se trouve dans le secteur est du sud du Golfe, au large de l'ouest du Cap-Breton. En juin, il se trouve dans le secteur ouest du sud du Golfe, au large de la Gaspésie, du nord du Nouveau-Brunswick et du nord-ouest de l'Île-du-Prince-Édouard. Des bancs de morue s'y trouvent jusqu'à la fin septembre et le début octobre, lorsque la migration dans le sens inverse commence. La migration semble relativement rapide et, dès novembre, la morue se trouve à

Cape Breton, and migration in Subdiv. 4Vn starts. By the end of the year, the only concentrations in Div. 4T can be found along the edge of the Laurentian Channel near Sydney Bight.

nouveau principalement au large de l'ouest du Cap-Breton, puis elle poursuit sa migration vers la sous-division 4Vn. À la fin de l'année, les seuls bancs qui restent dans la division 4T se trouvent le long du bord du chenal Laurentien, près de la baie de Sydney.

Juveniles (age 1, 14-20 cm) tend to be found in specific areas in summer. The areas include the Shediac Valley–western Northumberland Strait, north and east coast of Prince Edward Island, and areas around the Magdalen Islands. In general, older juveniles are more widely distributed. January surveys tended to indicate that smaller cod (less than 43 cm) tend to be found in the northern Sydney Bight area around St. Paul's Island, while older fish tend to be found to the south.

Les juvéniles (âge 1, 14-20 cm) ont tendance à rester à des endroits précis en été, notamment dans la vallée de Shédiac et le secteur ouest du détroit de Northumberland, sur la côte est et ouest de l'Île-du-Prince-Édouard et dans certaines eaux des îles de la Madeleine. En général, les juvéniles plus âgés sont répartis à plus grande échelle. Les relevés de janvier tendent à indiquer que les petites morues (de moins de 43 cm) se trouvent surtout dans le secteur nord de la baie de Sydney, près de l'île St. Paul's, alors que les individus plus âgés se trouvent surtout dans le secteur sud.

There have been significant changes in the summer distribution of cod over time. Distribution of cod during summer appears to be density–dependent. During periods of high abundance, densities tend to be highest at intermediate depths.

La répartition estivale de la morue a beaucoup changé au fil des ans. Elle semble être dépendante à la densité. Durant les périodes d'abondance élevée, les densités tendent à être plus élevées à des profondeurs intermédiaires.

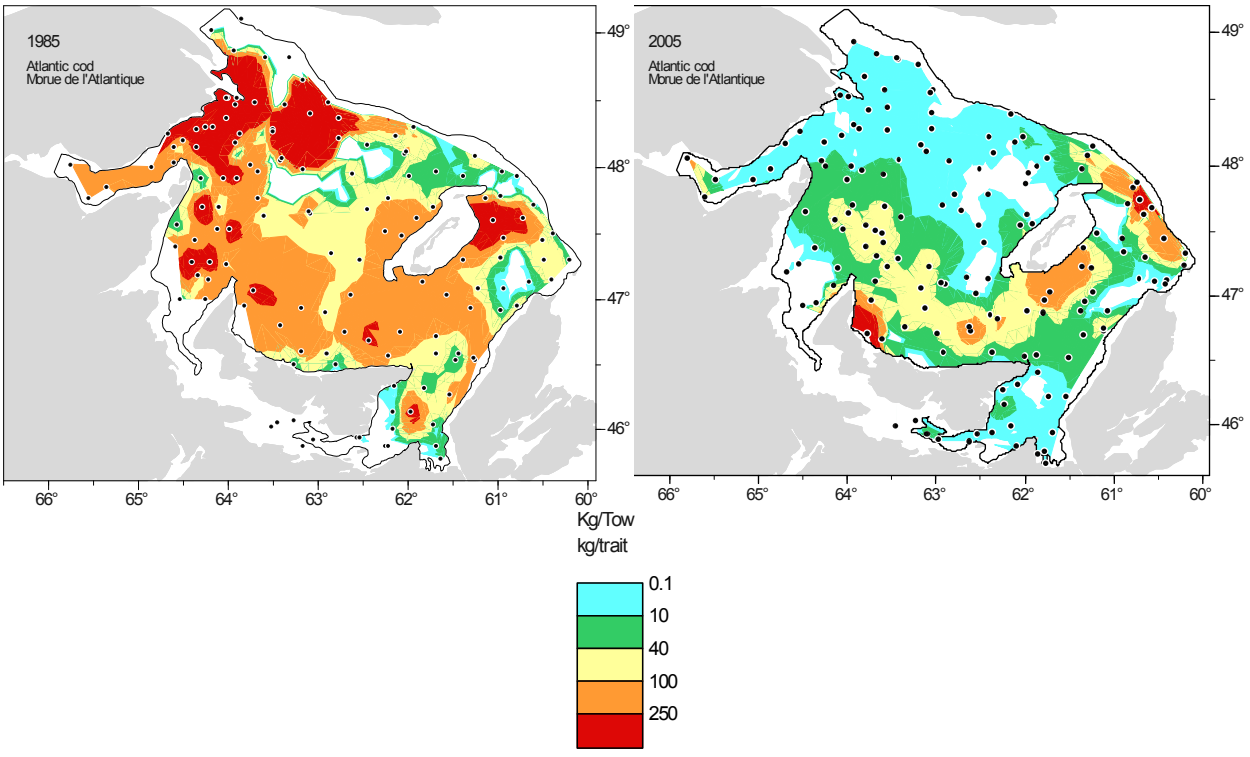



*Figure Q4. Distribution of cod during September 1985 and 2005 illustrating changes in distribution related to abundance.*

*Figure Q4. Répartition de la morue en septembre en 1985 et en 2005, illustrant les changements dans la répartition et l'abondance.*

Migration in Subdiv. 4Vn occurs well before the end of the year; as a result, the management unit for this stock includes all of Div. 4T and catches in Subdiv. 4Vn during November-April. Migration timing into Subdiv. 4Vn was in early December in the 1970s, but is now in late October-early November. In recent years, the population is highly concentrated in summer.

La migration vers la sous-division 4Vn a lieu bien avant la fin de l'année. C'est pourquoi l'unité de gestion de ce stock inclut l'ensemble de la division 4T et les prises dans la sous-division 4Vn de novembre à avril. Dans les années 1970, cette migration se produisait au début de décembre, mais elle a maintenant lieu à la fin octobre/début novembre. Dans les dernières années, la population formait de grands bancs en été.

R. Bias and Uncertainty in Gadoid Mortality Estimates
R. Mohn

Starting from a Newtonian framework, the inter-related concepts of measurement, process, and model uncertainties were defined. In a fisheries model, the measurement uncertainty was related to the state variables of interest, say biomass and fishing mortality. The process uncertainty was related to the parameters describing processes such as reproduction or survivorship. And finally, model uncertainty was described as the divergence among plausible models. In an example from divs. 4VsW cod, these 3 uncertainties were estimated and found to be of approximately the same magnitude. Using the cod example, estimation bias was derived from bootstrapping and was smaller than the measurement uncertainty. It was concluded that uncertainty and bias were inadequately addressed in both single species and multispecies models.

R. Biais et incertitude des estimations de la mortalité des gadidés
R. Mohn

Les concepts interreliés d'incertitude de mesure, de processus et de modèle ont été définis à partir d'un cadre newtonien. Dans un modèle des pêches, l'incertitude de mesure était liée aux variables d'état d'intérêt, comme la biomasse et la mortalité par pêche. L'incertitude de processus était liée aux paramètres qui décrivent les processus comme la reproduction ou la survie. Finalement, l'incertitude de modèle a été décrite comme étant la différence entre les modèles plausibles. Dans un exemple relatif à la morue des divisions 4VsW, ces trois sources d'incertitude ont été estimées, et leur ampleur a été jugée à peu près semblable. L'exemple de la morue a été utilisé pour obtenir le biais de l'estimation à l'aide de la méthode bootstrap, et ce biais était plus petit que l'incertitude des mesures. Cela a permis de conclure que l'incertitude et le biais n'ont pas bien été pris en considération dans les modèles monospécifiques et plurispécifiques.

S. Pinniped Energetics
A. Trites

Knowing how much fish and invertebrates pinnipeds consume in the wild requires estimates of population size, age structure, diet, and individual energy requirements. Pinniped energy requirements can be inferred from the feeding records of animals held in zoos and aquariums, or they can be more accurately determined using mathematical models that are parameterized with observations of animals studied in the wild or in captivity. The bioenergetics models currently available to determine the energetic requirements of pinnipeds range from simple scalers of body mass (i.e., daily ration equals 10% of body mass to the power of 0.8) to more realistic models that partition gross energy intake among: 1) energy needed for maintenance (basal metabolism, activity, digestion, and thermoregulation), 2) energy needed for production (growth, reproduction, and stored energy), and 3) energy

S. Aspects énergétiques des pinnipèdes
A. Trites

Pour connaître la quantité de poissons et d'invertébrés que les pinnipèdes consomment en milieu naturel, il est nécessaire d'obtenir des estimations de la taille des populations, des structures d'âge, des régimes alimentaires et des besoins énergétiques individuels. Les besoins en énergie des pinnipèdes peuvent être déduits à partir des registres d'alimentation des animaux dans les zoos et les aquariums, ou ils peuvent être déterminés avec plus d'exactitude à l'aide de modèles mathématiques dont les paramètres sont établis d'après les observations d'animaux en milieu sauvage ou en captivité. Les modèles bioénergétiques disponibles actuellement pour déterminer les besoins en énergie des pinnipèdes vont de simples outils de mesure de la masse corporelle (c.-à-d. la ration quotidienne est égale à 10 % de la masse corporelle à la puissance 0,8) à des modèles plus réalistes qui partagent la

that is not assimilated (faeces and urine). The majority of these variables can be parameterized through captive experiments, but are only available for a few species of pinnipeds. Converting gross energy content into kilograms of fish consumed requires knowing the size and age structure of the pinniped population and what they eat (i.e., what species are consumed, and the energy densities and digestive efficiencies for each of these species). Of all of the parameters required to determine how much pinnipeds consume in the wild, model sensitivity analyses suggest that the greatest error in model predictions is associated with uncertainty about activity metabolism. Satiation (i.e., stomach capacity), seasonal mismatches between mass gains and energy intake, and seasonal shifts in the energy content of prey and in the foraging habitats of pinnipeds are additional factors that will need to be considered in the future, to obtain the best possible estimates of how much food pinnipeds consume in the wild.

consommation d'énergie brute entre les éléments suivants : 1) l'énergie nécessaire pour le maintien de l'organisme (métabolisme de base, activité, digestion et thermorégulation); 2) l'énergie nécessaire pour la production (croissance, reproduction et réserves d'énergie); 3) l'énergie non assimilée (fèces et urine). Il est possible d'établir des paramètres pour la majorité de ces variables par le biais d'expériences en captivité, mais ce type d'expériences n'est possible que pour un petit nombre d'espèces de pinnipèdes. Pour convertir la teneur en énergie brute en kilogrammes de poissons consommés, il faut connaître la taille et la structure d'âge de la population de pinnipèdes ainsi que les régimes alimentaires de ceux-ci (c.-à-d. quelles espèces sont consommées, de même que l'énergie volumique et l'efficacité de digestion liées à chaque espèce de proies). Parmi l'ensemble des paramètres nécessaires pour déterminer la quantité de proies consommées par les pinnipèdes en milieu naturel, les analyses de sensibilité des modèles suggèrent que la plus grande erreur dans les prévisions des modèles est liée à l'incertitude à propos du taux métabolique. La capacité de l'estomac, les défauts de concordance saisonniers entre les gains de masse et l'apport en énergie ainsi que les variations saisonnières de la teneur en énergie des proies et des habitats d'alimentation des pinnipèdes sont d'autres facteurs qui devront être pris en considération à l'avenir afin d'obtenir les meilleures estimations possibles de la quantité de nourriture consommée par les pinnipèdes en milieu naturel.

T. Correspondence between Grey Seal Abundance and Natural Mortality of some Marine Fish in the Southern Gulf of St. Lawrence

G. Chouinard, D.P. Swain, M. Hammill, and others

Correspondence of estimates of natural mortality for cod and winter skate in the southern Gulf of St. Lawrence was presented. For cod, analyses showed that a calibrated sequential population analysis using ADAPT can be used to uncover trends in natural mortality. The approach was used to examine variation in natural mortality of southern Gulf of St. Lawrence cod in the period ending in 2003. *M* was fixed at 0.2 in the first few years (early 1970s) based on estimates of *M* from earlier analyses. *M* increased from the late 1970s to the mid 1990s, but declined slightly in the last few years. The analyses where *M* was estimated resulted in much better fit than those where *M*

T. Lien entre l'abondance des phoques gris et la mortalité naturelle chez certains poissons marins dans le sud du golfe du Saint-Laurent

G. Chouinard, D.P. Swain, M. Hammill et autres

Nous présentons des estimations correspondantes de la mortalité naturelle (*M*) pour la morue et la raie tachetée dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL). Les analyses ont révélé qu'une analyse séquentielle de population (ASP) fondée sur ADAPT peut servir à déceler les tendances de *M* chez la morue. Nous avons utilisé cette approche pour établir la variation de *M* chez la morue du sGSL pendant la période se terminant en 2003. Nous avons fixé *M* au début des années 1970 à 0,2 par référence à des estimations de *M* issues d'analyses antérieures. *M* a augmenté depuis la fin des années 1970 jusqu'au milieu des années 1990, mais a

was fixed. Changes in estimated *M* for this cod stock matched fluctuations in grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance. The increase in grey seal abundance from the late 1970s to the mid 1990s corresponded with the increase in estimated *M* of cod over this time period. An update to 2007 was presented, and correspondence between the 2 trends is continuing (Figure T1).

légèrement diminué dans les dernières années. Les analyses reposant sur des estimations de *M* ont donné un ajustement bien meilleur que celles reposant sur des valeurs fixes de *M*. Les changements dans le *M* estimatif pour ce stock de morue correspondaient aux fluctuations dans l'abondance du phoque gris (*Halichoerus grypus*). L'augmentation de l'abondance des phoques gris qui s'est produite de la fin des années 1970 jusqu'au milieu des années 1990 correspondait au *M* estimatif de la morue pendant cette période. Nous avons fait le bilan jusqu'en 2007, et la correspondance entre les deux tendances se maintient (figure T1).

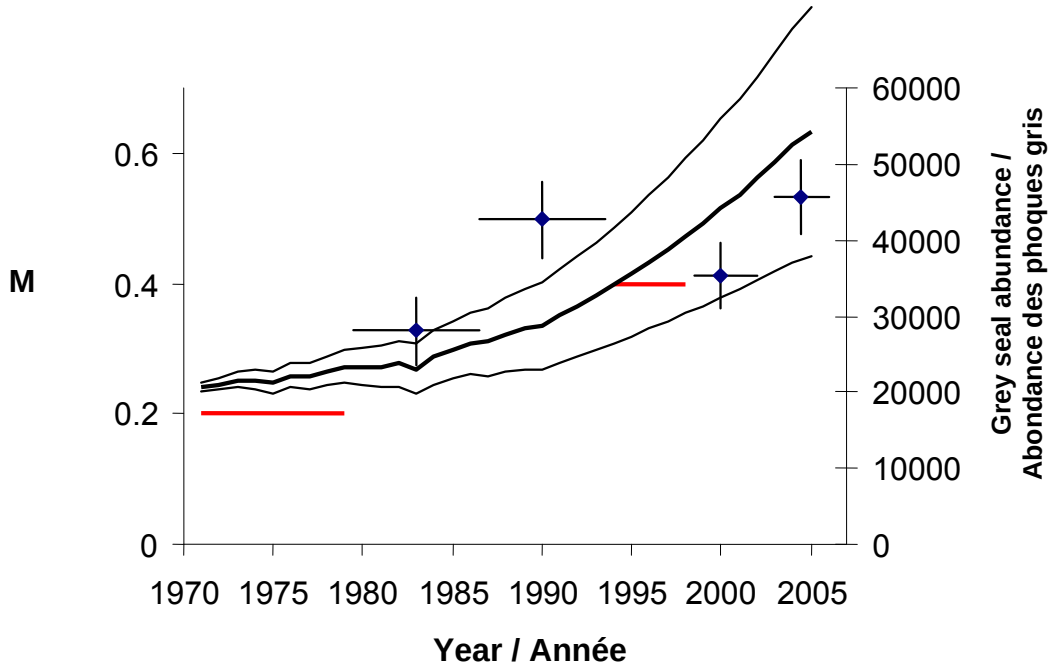



*Figure T1. Estimates of Gulf grey seal population abundance (thick black line) and confidence intervals and estimates of natural mortality from ADAPT population model (crosses). The red line indicates the values of natural mortality estimated from data outside the model and used as assumption in the population model.*

*Figure T1. Estimations de l'abondance des phoques gris (ligne noire forte), et intervalles de confiance et estimations de la mortalité naturelle d'après un modèle de population ADAPT (croix). La ligne rouge représente les valeurs de la mortalité naturelle estimées d'après des données non incluses mais utilisées comme hypothèse dans le modèle.*

It was noted that the low estimates of pup production in the late 1990s corresponded with slightly reduced *M,* and raised the question as to whether a portion of the adult seal population may have been on the Scotian Shelf for some time of the year. Estimates of *M* correspond well with those of Sinclair (2001) using modified catch curve analysis. Results are consistent with previous analyses suggesting that the main cause of the collapse was an increase in fishing

Il est à noter que les estimations d'une production faible de nouveaux-nés à la fin des années 1990 correspondent à une valeur de *M* légèrement moins élevée, ce qui a soulevé la question à savoir si une fraction de la population de phoques adultes avait passé une partie de l'année dans les eaux du plateau néo-écossais. Les estimations de *M* correspondent bien à celles de Sinclair (2001), issues d'une analyse modifiée de la courbe des prises. Les résultats vont de pair avec ceux

mortality. The correspondence between seal abundance and *M* of cod supports the hypothesis that seal predation may be a cause of increased *M*. Some studies suggest that *M* appears to be high on other cod stocks in Atlantic Canada. These areas also have high pinniped abundance. However, the diet information available suggests that seals consume mainly juvenile cod, whereas our evidence for an increase in *M* is for larger cod (ages 3 years and older). This could be explained if seals consume cod without the head, as stomachs analysis is based on the presence of hard parts. There have been reports of belly-biting by fishermen; however, there is no firm data on this behaviour by seals, but it is considered to be low. Direct observations of seal feeding could help determine if seals selectively consume heads of cod based on size. Other techniques for diet studies may also be useful (QFASA).

d'analyses antérieures, ce qui donne à penser que la principale cause de l'effondrement du stock de morue était une augmentation dans la mortalité par pêche. La correspondance entre l'abondance des phoques et le *M* de la morue étaye l'hypothèse que la prédation exercée par les phoques peut être à l'origine de l'augmentation de *M*. Les résultats de quelques études suggèrent que *M* semble élevé chez d'autres stocks de morue du Canada atlantique. Les eaux où ils se trouvent sont peuplées également de pinnipèdes en abondance. Toutefois, les données disponibles sur le régime alimentaire des phoques suggèrent qu'ils mangent surtout des morues juvéniles, alors que notre conclusion d'une augmentation de *M* porte sur les grosses morues (de 3 ans et plus). Cela pourrait être expliqué si les phoques ne mangeaient pas la tête des morues, car l'analyse des contenus stomacaux repose sur la présence de parties dures. Des pêcheurs ont fait état de phoques arrachant le ventre de morues, mais des données solides sur ce comportement n'existent pas. Il est considéré comme rare. Des observations directes de l'alimentation des phoques aideraient à établir si les phoques mangent la tête des morues d'après leur taille. D'autres méthodes d'étude du régime alimentaire peuvent être utiles aussi (QFASA).

For winter skate, a state space model in a Bayesian framework was used to estimate natural mortality of juvenile and adult fish (see previous presentation by D.P. Swain). The model was modified to include seal abundance as a covariate of adult winter skate mortality. Uninformative priors for parameters of the function relating adult winter skate *M* and grey seal abundance were introduced. The posterior distributions of the parameters were different from 0, and there was a positive relationship between adult mortality and seal abundance. The results suggest correspondence between seal abundance and mortality of adult skate (Figure T2).

Nous avons utilisé un modèle d'espace d'états dans un cadre bayésien pour estimer la mortalité naturelle chez les juvéniles et les adultes de la raie tachetée (voir la communication précédente de D.P. Swain). Nous l'avons modifié de sorte à y inclure l'abondance des phoques à titre de covariable de la mortalité des raies adultes, puis nous y avons introduit une distribution de probabilité *a priori* non informative pour les paramètres de la fonction établissant un rapport entre *M* des adultes de la raie tachetée et l'abondance des phoques gris. Les distributions *a posteriori* des paramètres étaient différentes de 0, et la relation entre la mortalité des raies adultes et l'abondance des phoques était positive. Les résultats indiquent une correspondance entre l'abondance des phoques et la mortalité des raies adultes (figure T2).

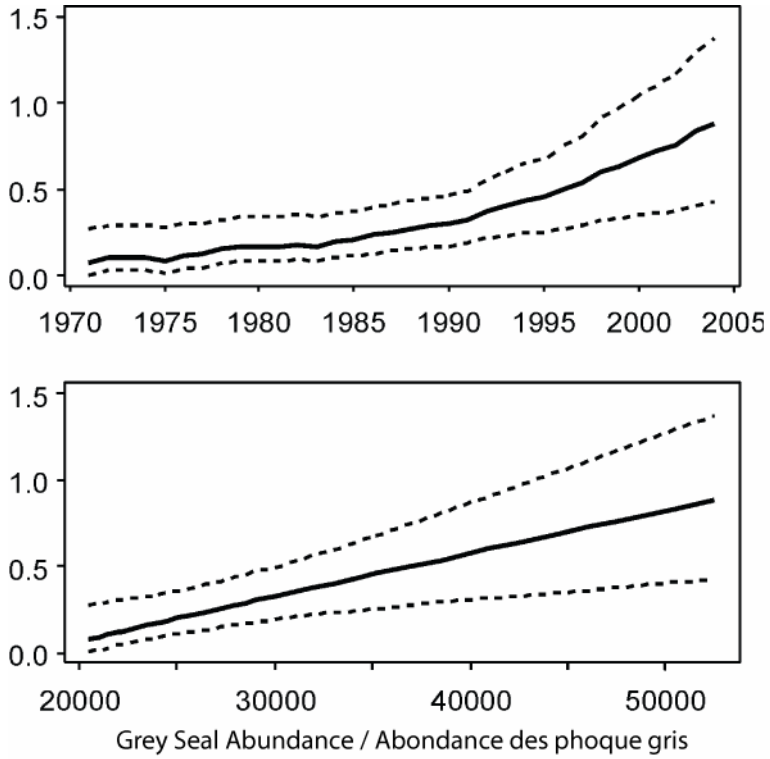



*Figure T2. Estimates of winter skate natural mortality predicted from a state space model including seal abundance as covariate (top) and relationship between adult winter skate and grey seal population abundance (bottom).*

*Figure T2. Estimations de la mortalité naturelle chez la raie tachetée issues d'un modèle d'espace d'états incluant l'abondance des phoques comme covariable de la mortalité des raies adultes (en haut) et relation entre la mortalité des raies adultes et l'abondance des phoques gris (en bas).*

U. Correlational Estimates of Mortality due to Seals: An Ecosystem Approach

H. Benoît and D.P. Swain

The authors examined causes of the changes in species composition of the marine fish community in the southern Gulf of St. Lawrence over the 1971-2005 period using a traits-based approach. Similarities between species in their abundance trends were related to similarities in their ecological traits using distance-based redundancy analysis. Four hypotheses for the changes in species composition were examined: 1) direct effects of fishing, 2) changes in climate, 3) top-down effects of predation by grey seals, and 4) bottom-up effects of changes in prey abundance. The traits associated with these hypotheses were: 1) relative fishing mortality, 2) thermal preferenda as inferred from biogeography, 3) relative predation mortality due to grey seals, and 4) preferred prey. Relative predation mortality due to grey seals was

U. Estimations corrélationnelles de la mortalité due aux phoques : une approche écosystémique

H. Benoît et D.P. Swain

Les auteurs utilisent une approche axée sur les caractéristiques pour examiner les causes des changements dans la composition en espèces de la communauté de poissons marins du sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) au cours de la période de 1971 à 2005. Des liens ont été établis entre les similitudes au niveau des tendances de l'abondance et les similitudes basées sur les caractéristiques écologiques par le biais d'une analyse de la redondance axée sur la distance. Quatre hypothèses sur les changements dans la composition en espèces ont été examinées : 1) les effets directs de la pêche; 2) les changements climatiques; 3) les effets descendants de la prédation exercée par les phoques gris; 4) les effets ascendants dus aux changements dans l'abondance des proies. Les caractéristiques associées à ces hypothèses sont

estimated as the proportion of southern Gulf of St. Lawrence grey seal diets composed of a particular species divided by the average biomass of that species and adjusted for differences in productivity between species (as inferred from natural mortality rates). This trait was scored coarsely at 3 levels, reflecting no occurrence in grey seal diets (0), below average occurrence (0.5), or above average occurrence (1). Dissimilarity between species in abundance trends was significantly related to their biogeography, predation by grey seals, and exploitation level, but not to their food habits, in both marginal and conditional tests. Community change was rapid in the 1990s, when the community shifted from one dominated by temperate and boreal species captured at medium to high rates in fisheries and by grey seals to one dominated by Arctic and sub-Arctic species not captured in fisheries or eaten by grey seals. Mean body length in the fish community decreased sharply in the 1990s. The biomass of small fish (less than 20 cm in length) was inversely related to an index of predation on these fish by large fish, suggesting that the increased abundance of small fishes in the 1990s and 2000s reflected a release from predation, following the deletion of large fish by fishing. These results support the hypotheses that changes in the species composition of the marine fish community in the southern Gulf of St. Lawrence over the past 35 years reflect direct and indirect effects of fishing and effects of climate variability and predation by grey seals.

les suivantes : 1) la mortalité relative par pêche; 2) les préférences sur le plan thermique, déduites à partir de données biogéographiques; 3) la mortalité relative due à la prédation exercée par les phoques gris; 4) les proies préférées. La mortalité relative due à la prédation exercée par les phoques gris a été estimée comme étant la proportion du régime alimentaire des phoques gris du sGSL constituée d'une espèce particulière divisée par la biomasse moyenne de cette espèce et ajustée pour tenir compte des différences de productivité entre les espèces (déduites d'après les taux de mortalité naturelle). Cette caractéristique a été cotée grossièrement à trois niveaux : absence du régime alimentaire des phoques gris (0), présence sous la moyenne (0,5) et présence supérieure à la moyenne (1). Il existe un rapport significatif entre les différences interspécifiques au niveau des tendances de l'abondance et la biogéographie des espèces, la prédation exercée par les phoques gris et le niveau d'exploitation, mais pas entre ces différences et les habitudes alimentaires des espèces, que ce soit dans les essais aux marges et les essais conditionnels. La communauté de poissons a changé rapidement durant les années 1990, passant d'une communauté dominée par des espèces tempérées et boréales ciblées à un niveau moyen à élevé par la pêche et les phoques gris à une communauté dominée par des espèces arctiques et subarctiques non ciblées par la pêche ni mangées par les phoques gris. La longueur corporelle moyenne au sein de la communauté de poissons a chuté rapidement dans les années 1990. La biomasse des petits poissons (moins de 20 cm de longueur) était inversement reliée à un indice de prédation exercée par les poissons de grande taille sur ces petits poissons, ce qui suggère que l'abondance accrue des petits poissons dans les années 1990 et 2000 reflète une baisse de la prédation, à la suite de l'élimination d'un grand nombre de poissons de grande taille par la pêche. Ces résultats appuient les hypothèses selon lesquelles les changements dans la composition en espèces au sein de la communauté de poissons marins du sGSL au cours des 35 dernières années reflètent les effets directs et indirects de la pêche et les effets de la variabilité du climat et de la prédation exercée par les phoques gris.

V. Harp Seal Diet in Newfoundland, Multinomial Regression Approach

A. Buren, M. Koen-Alonso, G. Stenson

In general, the diet of pinnipeds is diverse and variable. This variability arises from different factors such as sex, age, time, and location. Differences in diet due to sex can be driven by differential foraging behaviour of males and females, while differences with age are often due to ontogenetic changes in the diet. Differences with location and time (at both the seasonal and annual scales) are likely due to spatial heterogeneity in prey assemblages.

Consumption estimates of harp seals off Newfoundland waters (Stenson et al. 1997, Stenson and Perry 2001, Stenson and Hammill 2006) have assumed that seals' diet vary seasonally, with age and location (latitudinal and proximity to shore). However, a formal assessment of sources of variation has not been carried out. In this study, the authors investigated the sources of variation in the diet and describe diet composition of harp seals using a multinomial regression (Agresti 2002).

Diet was characterized by identifying hard parts in the stomachs of 5039 seals, taken between 1986 and 2001. Each individual stomach was envisioned as a realization from a multinomial distribution taking as the response variable the number of harp seals that had a given prey species as main prey (in terms of biomass) in the stomach. The multinomial regression model is a generalization of the logistic regression that allows, in this case, the inclusion of multiple prey species as potential main prey. The explanatory variables (sources of variation) included in the model were: sex, age class (pups, juveniles, adults), year (surrogate for interannual changes in prey field), season (summer, winter), NAFO divisions (2J3K, 3LO), and area (inshore, offshore). The probability that prey i ($\pi_i$) is a main prey is estimated as a function of these sources of variation, (i.e., $\pi_i = f(sex, age\ class, year, season, NAFO\ Division, area)$ ). It is assumed that each prey species in a stomach represents a meal, and that all meals in a stomach are independent of each other.

V. Régime alimentaire du phoque du Groenland à Terre-Neuve : approche de régression multinomiale

A. Buren, M. Koen-Alonso, G. Stenson

En général, le régime alimentaire des pinnipèdes est diversifié et variable. Cette variabilité résulte de divers facteurs, notamment le sexe, l'âge, le moment et le lieu. Les différences imputables au sexe peuvent être dictées par le comportement de quête de nourriture, qui n'est pas le même chez les mâles et les femelles, alors que les différences imputables à l'âge sont souvent dues à des changements ontogéniques dans le régime alimentaire. Les différences imputables au moment et au lieu (à l'échelle saisonnière et annuelle) sont probablement dues à l'hétérogénéité spatiale des assemblages de proies.

Les estimations des quantités de nourriture consommées par les phoques du Groenland au large de Terre-Neuve (Stenson *et al.*, 1997; Stenson et Perry, 2001; Stenson et Hammill, 2006) supposent que le régime alimentaire des phoques varie selon la saison, l'âge et le lieu (latitude et proximité au rivage). Mais une évaluation formelle des sources de variation n'a pas été faite. Nous les avons étudiées et nous avons décrit la composition du régime alimentaire des phoques du Groenland en utilisant une régression multinomiale (Agresti, 2002).

Nous avons déterminé le régime alimentaire des phoques en identifiant les parties dures trouvées dans les contenus stomacaux de 5 039 individus pris entre 1986 et 2001. Chaque estomac a été considéré comme la réalisation d'une distribution multinomiale où la variable de réponse était le nombre de phoques du Groenland dont l'estomac contenait une espèce de proies donnée comme proie principale (en termes de biomasse). Le modèle de régression multinomiale est une généralisation de la régression logistique qui permet, dans ce cas-ci, d'inclure de multiples espèces de proies comme la proie principale potentielle. Le sexe, la classe d'âge (nouveaux-nés, juvéniles, adultes), l'année (substitut pour les changements interannuels dans le champ des proies), la saison (été, hiver), les divisions de l'OPANO (2J3K, 3LO) et le lieu (zone littorale, haute mer) étaient les variables explicatives (sources de variation). La probabilité que la proie *i* ($\pi_i$) soit la principale proie est estimée comme une fonction de ces sources de variation [c.-à-d.

$\pi_i = f(sex, age\ class, year, season, NAFO\ Division, area)$ ].

Il est supposé que chaque espèce de proies présente dans un estomac représente un repas et que tous les repas trouvés dans un estomac sont indépendants l'un de l'autre.

All the sources of variation, except for sex, had significant effects on the probabilities of being a main prey (Table V1).

Toutes les sources de variation, sauf le sexe, avaient des effets importants sur la probabilité d'une espèce d'être une proie principale (tableau V1).

This analysis allowed the statistical assessment of sources of variation and provided a way to estimate probabilities of being a main prey. However, this information can be more useful if it can be translated into variation in diet composition in such a way that can be fed into, for example, a consumption model.

Cette analyse a permis de faire une évaluation statistique des sources de variation et d'estimer la probabilité d'une espèce d'être une proie principale. Par contre, cette information peut être plus utile si elle peut être traduite en variation dans la composition du régime alimentaire d'une manière qui permet de l'introduire, par exemple, dans un modèle de consommation.

To make this leap, the following method was explored. Define a cell as the set defined by age class, season, area, and NAFO Division. There are 24 cells in the model (e.g., one cell is [juveniles, summer, inshore, 2J3K]). The multinomial regression estimates the probability of prey*i* to be a main prey (by weight) within a given year and cell ( $\pi_{i,year,cell}$ ).

Nous avons utilisé la méthode suivante pour le faire. Nous avons défini une cellule comme la série définie par la classe d'âge, la saison, le lieu et la division de l'OPANO. Le modèle se compose de 24 cellules (p. ex. une cellule est [juvéniles, été, zone littorale, 2J3K]). Selon la régression multinomiale, la probabilité que la proie *i* soit une proie principale (en poids) dans une année donnée et une cellule est ( $\pi_{i,year,cell}$ ).

The biomass of a given prey item, in a given year and cell may be estimated as:

$$W_{i,year,cell} = \pi_{i,year,cell} * \overline{w}_i$$

where $\overline{w}_i$ is the average weight of prey *i*, given that it was a main prey.

On peut estimer la biomasse d'une proie donnée, dans une année et une cellule données, comme suit :

$$W_{i,year,cell} = \pi_{i,year,cell} * \overline{w}_i$$

où $\overline{w}_i$ est le poids moyen de la proie *i*, à la condition que c'est une proie principale.

The only difference between this approach and classical diet descriptions (e.g., %*W*, [Hyslop 1980]) is that it uses information only on the main prey in each stomach, while classical descriptions utilize information on all prey in the stomachs. Under the assumption that each prey species in a stomach represents a meal, this can be interpreted as using information on all reconstructed meals in all stomachs in the case of the classical description, and using information on one meal per stomach in the case of the multinomial regression. Provided large enough sample sizes, the 2 methods should converge to similar estimates of diet composition. It was calculated the percentage by weight (%*Wi*) that each prey species represents in the pooled sample ($n_{seals}$=5039) following the classical and alternative approaches, and found that the mean

La seule différence entre cette approche et les descriptions classiques du régime alimentaire (p. ex. % *W*, [Hyslop, 1980]) est que cette approche utilise uniquement de l'information sur la principale proie trouvée dans chaque estomac alors que les descriptions classiques utilisent de l'information sur toutes les proies trouvées dans les estomacs. Selon l'hypothèse à l'effet que chaque espèce de proie trouvée dans un estomac représente un repas, cela signifie utiliser de l'information sur tous les repas reconstitués trouvés dans tous les estomacs dans le cas des descriptions classiques et utiliser de l'information sur un repas par estomac dans le cas de la régression multinomiale. Si la taille des échantillons est suffisamment élevée, les deux méthodes devraient donner des estimations semblables de la composition du régime

difference between estimates was 0.82% (±1.1%), with the differences raging from 0.02% to 3.48% (Figure V1). This indicates that diet descriptions derived from the results of the multinomial regression appear to be reliable.

alimentaire. Nous avons calculé le pourcentage en poids (% $W_i$) que chaque espèce de proie représente dans l'échantillon combiné ($n_{phoques}$ = 5 039) selon l'approche classique et la nôtre. La différence moyenne entre les estimations s'élevait à 0,82 % (± 1,1 %), les différences allant de 0,02 à 3,48 % (figure V1). Cela indique que les descriptions du régime alimentaire reposant sur les résultats de la régression multinomiale semblent fiables.

Although this is a positive first step, using this method to describe the population diet composition requires weighting each model cell according to how the seal population is partitioned among them. This will be carried out when the diet description is inputted into the consumption model (Stenson et al. 1997, Stenson and Perry 2001, Stenson and Hammill 2006).

Bien que cette première étape ait donné de bons résultats, l'utilisation de cette méthode pour décrire la composition du régime alimentaire d'une population de phoques requiert la pondération de chaque cellule du modèle en fonction du partitionnement de la population entre les cellules. Cela se produit lorsque la description du régime alimentaire est introduite dans le modèle de consommation (Stenson *et al.*, 1997; Stenson et Perry, 2001; Stenson et Hammill, 2006).

*Table V1. Analysis of effects of the multinomial regression model.*

| Effect | Df | Wald Chi-Squared | p-value |
|---|---|---|---|
| Sex | 11 | 11.22 | 0.43 |
| Year | 11 | 695.1 | <0.0001 |
| Age | 22 | 372.3 | <0.0001 |
| NAFO Division | 11 | 174.1 | <0.0001 |
| Area | 11 | 185.3 | <0.0001 |
| Season | 11 | 348.1 | <0.0001 |

*Tableau V1. Analyse des effets du modèle de régression multinomiale.*

| Effet | Degré de liberté | Wald chi carré | Valeur prédictive |
|---|---|---|---|
| Sexe | 11 | 11,22 | 0,43 |
| Année | 11 | 695,1 | < 0,0001 |
| Âge | 22 | 372,3 | < 0,0001 |
| Division de l'OPANO | 11 | 174,1 | < 0,0001 |
| Région | 11 | 185,3 | < 0,0001 |
| Saison | 11 | 348,1 | < 0,0001 |

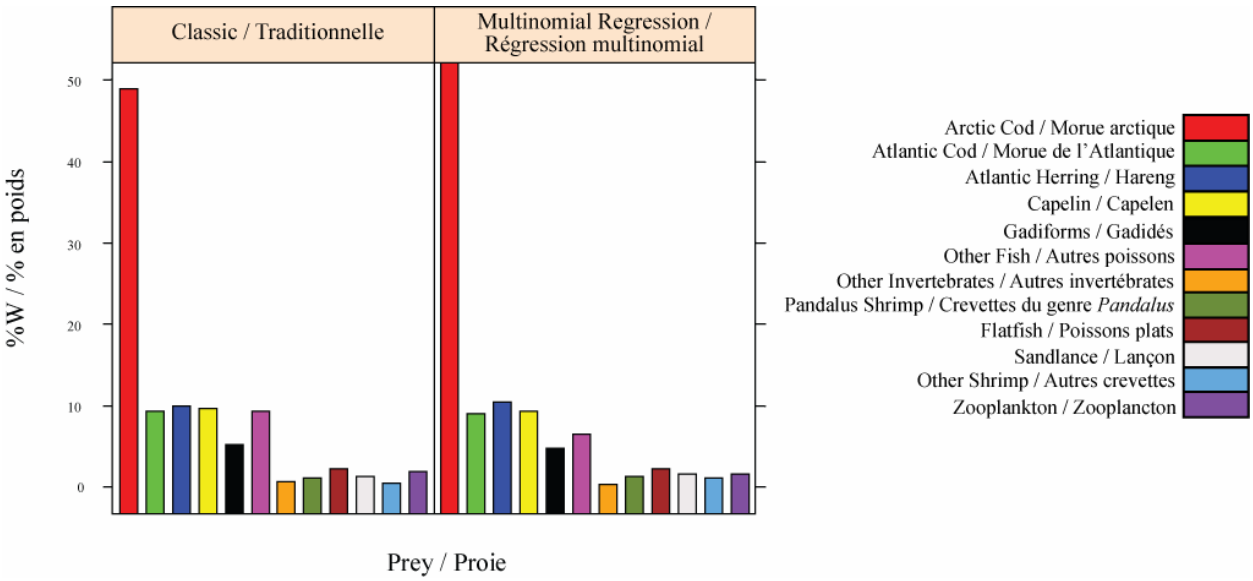



*Figure V1. Comparison between diet composition descriptions obtained with the classic and multinomial regression approaches.*

*Figure V1. Comparaison des descriptions de la composition du régime alimentaire tirées de l'approche classique et de l'approche de régression multinomiale.*

*References*

Agresti A. 2002. Categorical data analysis. John Wiley & Sons.

Hyslop E.J. 1980. Stomach content analysis - a review of methods and their application. J. of Fish Bio. 17:411-429.

Stenson G.B., and E.A. Perry. 2001. Incorporating uncertainty into estimates of Atlantic cod (*Gadus morhua*), capelin (*Mallotus villosus*) and Arctic cod (*Boreogadus saida*) consumption by harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in NAFO divisions 2J3KL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/074.

Stenson G.B., and M.O. Hammill. 2006. Quantifying uncertainty in estimates of Atlantic cod (*Gadus morhua*) consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/089.

Stenson G.B., M.O. Hammill, and J.W. Lawson. 1997. Predation by harp seals in Atlantic Canada: Preliminary consumption estimates for Arctic cod, capelin and Atlantic cod. J. of Northw. Atl. Fish. Sci. 22:137-154.

*Références*

Agresti A. 2002. Categorical data analysis. John Wiley & Sons.

Hyslop E.J. 1980. Stomach content analysis - a review of methods and their application. J. of Fish Bio. 17:411-429.

Stenson G.B. et E.A. Perry. 2001. Tenir compte de l'incertitude dans l'estimation de la consommation de morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*), de capelan (*Mallotus villosus*) et de morue polaire (*Boreogadus saida*) par le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) dans les divisions 2J3KL. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2001/074.

Stenson G.B. et M.O. Hammill. 2006. Quantification de l'incertitude dans les estimations de la quantité de morues (*Gadus morhua*) consommées par les phoques du Groenland (*Phoca groenlandica*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2004/089.

Stenson G.B., M.O. Hammill et J.W. Lawson. 1997. Predation by harp seals in Atlantic Canada: Preliminary consumption estimates for Arctic cod, capelin and Atlantic cod. J. of Northw. Atl. Fish. Sci. 22:137-154.

W. Uncertainty in Estimates of Grey Seal Consumption: What would it take to explain Elevated Natural Mortality in Southern Gulf of St. Lawrence Cod?

H. Benoît

Natural mortality (*M*) in southern Gulf of St. Lawrence cod (age 3+) has been at an elevated level for almost 20 years. Trends in *M* are correlated with increases in grey seal abundance, though the most recent diet estimates suggest that grey seals eat mainly younger cod. However, considerable uncertainty exists in the composition of grey seal diets in the southern Gulf of St. Lawrence. These diets have generally been inferred from the hard parts of fish found in seal stomachs. They are, therefore, affected by certain sources of bias such as selective feeding on fish soft tissues (commonly referred to as belly-feeding), which is known to occur at least some of the time. Because previous analyses of seal consumption have taken diet composition at face value (± some uncertainty), these potential biases have been overlooked. The present analyses take an inverse approach, estimating the diet composition required to explain age 3+ cod *M*, rather than assuming a diet for seals. Monte Carlo simulations that included the variability in the various parameters required to estimate consumption were used for 3 predation scenarios. In the first, grey seals ate only whole cod of the sizes observed in stomachs (based on otolith sizes). In the second, grey seals ate whole cod in proportion to their availability at a given size. Finally in the third, grey seals ate whole cod of the sizes observed in stomachs, and then selectively fed on the bellies of remaining cod. Results for the first 2 scenarios suggest that it is very unlikely that grey seal predation alone can explain the elevated *M*. In contrast, results for the third scenario suggest that it is very likely that grey seal predation can explain elevated *M* if their diet consists of about 12-18% consumption of whole cod and 5-10% consumption of cod bellies. Resulting estimates for whole-cod consumption in those simulations were very comparable to estimates based on hard parts recovered from seal stomachs in the field, lending plausibility to this scenario. However, on the other hand, the frequency of belly-feeding by seals is unknown, as is, therefore, the likelihood that the third scenario is an accurate representation of reality.

W. Incertitude des estimations de la quantité de proies consommées par les phoques gris : Qu'est-ce que ça prend pour expliquer la mortalité naturelle élevée de la morue dans le sud du golfe du Saint-Laurent?

H. Benoît

La mortalité naturelle (*M*) chez la morue du sud du golfe du Saint-Laurent (de 3 ans et plus) est élevée depuis presque 20 ans. Les tendances de la mortalité naturelle sont corrélées aux hausses de l'abondance des phoques gris, mais les estimations les plus récentes du régime alimentaire suggèrent que les phoques gris consomment principalement de jeunes morues. Il existe toutefois une incertitude considérable à l'égard de la composition du régime alimentaire des phoques gris dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Le régime alimentaire est généralement déduit à partir des parties dures de poissons récupérées dans des estomacs de phoques. Certaines sources de biais ont donc une incidence sur les régimes alimentaires, comme un comportement d'alimentation sélectif ciblant les tissus mous de poissons (souvent désigné comme une alimentation par morsure ventrale), ce qui survient au moins à l'occasion. Compte tenu que les analyses antérieures de la prédation exercée par les phoques n'ont pas mis en doute la composition du régime alimentaire (± une certaine incertitude), ces biais potentiels ont été négligés. Les analyses actuelles suivent une approche contraire qui consiste en l'estimation de la composition du régime alimentaire requise pour expliquer la mortalité naturelle des morues de trois ans et plus, plutôt qu'en la supposition d'un régime alimentaire des phoques. Les simulations Monte Carlo qui ont tenu compte de la variabilité des divers paramètres nécessaires pour estimer la quantité de proies consommées ont été utilisées pour les trois scénarios de prédation. Dans le premier scénario, les phoques gris ne consommaient que des morues entières des tailles observées dans les estomacs de phoques (d'après la taille des otolithes). Dans le deuxième scénario, les phoques gris mangeaient des morues entières en proportion de la disponibilité des proies d'une taille donnée. Dans le troisième scénario, les phoques gris mangeaient des morues entières des tailles observées dans les estomacs de phoques, puis ils se sont nourri de façon sélective par morsure ventrale des autres morues. Les résultats des deux premiers scénarios suggèrent qu'il est très peu probable que la prédation exercée par le phoque gris puisse expliquer à elle seule la mortalité naturelle

élevée chez la morue. En comparaison, les résultats du troisième scénario suggèrent qu'il est très probable que la prédation exercée par le phoque gris puisse expliquer la mortalité naturelle élevée chez la morue si les morues entières comptent pour 12 à 18 % du régime alimentaire des phoques et si les ventres de morues comptent pour 5 à 10 % de ce même régime. Les estimations résultantes de la consommation de morues entières dans ces simulations étaient très semblables aux estimations fondées sur les parties dures récupérées dans des estomacs de phoques sur le terrain, ce qui accroît la plausibilité de ce scénario. Par contre, la fréquence des morsures ventrales par les phoques est inconnue, tout comme, par conséquent, la probabilité que le troisième scénario constitue une représentation exacte de la réalité.

X. Modeling Harp Seal Impact on Cod Abundance
E. Chassot

A dynamic model was developed to examine harp seal predation on Atlantic cod in the northern Gulf of St. Lawrence. The model describes the energetic requirements of the seal population by accounting for sex, age-structure, and seal growth. The linkage between seals and cod is modeled through a functional response that was derived from the reconstruction of the seal diet using morphometric relationships and a large database of seal stomach contents. The functional response then allows us to quantify the impact of seal predation on the cod population, based on age-structure attack rates, and accounting for changes in cod size at age with time. Cod recruitment (age 1) is modeled via a linear stock-recruitment relationship based on total egg production that accounts for changes in female length at maturity and cod condition. Natural mortality other than seal predation also depends on cod condition used as an integrative index of changes in environmental conditions.

The model was fitted following a maximum likelihood estimation approach to a consistent time series of abundance indices, taking into account changes in DFO research vessels over

X. Modélisation des répercussions du phoque du Groenland sur l'abondance de la morue
E. Chassot

Un modèle dynamique a été élaboré pour examiner la prédation exercée par le phoque du Groenland sur la morue de l'Atlantique dans le nord du golfe du Saint-Laurent (nGSL). Ce modèle décrit les besoins en énergie de la population de phoques en tenant compte du sexe, de la structure d'âge et de la croissance. La relation entre les phoques et la morue est modelée par une réponse fonctionnelle dérivée de la reconstitution du régime alimentaire des phoques à l'aide de relations morphométriques et d'une vaste base de données sur les contenus stomacaux de phoques. La réponse fonctionnelle nous permet ensuite de quantifier l'incidence de la prédation exercée par les phoques sur la population de morues, selon le taux d'attaque en fonction de la structure d'âge, et de tenir compte des changements de la taille des morues selon l'âge au fil du temps. Le recrutement de la morue (d'un an) est modélisé au moyen d'une relation stock-recrutement linéaire fondée sur la ponte totale, qui tient compte des changements de la longueur des femelles à maturité et de la condition des morues. La mortalité naturelle autre que celle due à la prédation exercée par les phoques dépend également de la condition des morues, qui est utilisée comme un indice intégré des changements sur le plan des conditions environnementales.

Une approche d'estimation de la probabilité maximale a été utilisée pour ajuster le modèle en fonction d'une série chronologique cohérente d'indices d'abondance, en tenant compte des

the last 23 years (1984-2006). Results were consistent with the most recent DFO stock assessment of the northern Gulf of St. Lawrence cod stock, explaining the history of the stock. Predation mortality, despite an increase in the mid 1990s, was a minor proportion of total mortality for ages targeted by harp seals, i.e., ages 1-4. Total cod biomass removed by seals showed higher variability and greater decrease in the early 2000s than for modeling approaches based on a constant ratio diet. The type of functional response - II or III - has a strong impact on the biomass removed, especially when the cod abundance is low. Projections in the future (2007-2030) were then performed with the model considering alternative scenarios of harvest control rule (HCR), cod stock productivity, and seal decline in abundance. Results indicate a long recovery time for the northern Gulf of St. Lawrence cod stock (10 to over 25 years), dependent on the cod productivity regime and magnitude of seal decline. Sensitivity analyses were performed to assess the robustness of the results.

changements de navires de recherche du MPO au cours des 23 dernières années (de 1984 à 2006). Les résultats concordaient avec ceux de l'évaluation du stock de morue du nGSL la plus récente effectuée par le MPO, et les résultats expliquaient l'historique du stock. La mortalité par prédation, malgré une hausse au milieu des années 1990, ne compte que pour une petite partie de la mortalité totale pour les âges ciblés par les phoques du Groenland (c.-à-d. de 1 à 4 ans). La biomasse totale des morues consommées par les phoques était plus variable et a connu une baisse plus importante au début des années 2000 que ce qu'ont révélé les approches de modélisation fondées sur un régime alimentaire aux proportions constantes. Le type de réponse fonctionnelle (II ou III) a une incidence importante sur la biomasse consommée, en particulier lorsque la morue est peu abondante. Des projections pour la période de 2007 à 2030 ont ensuite été faites avec le modèle qui tient compte d'autres scénarios de règles de pêche, de la productivité du stock de morue et de la baisse d'abondance des phoques. Les résultats indiquent une longue période de rétablissement pour le stock de morue du nGSL (de 10 à 25 ans), selon le régime de productivité de la morue et l'ampleur du déclin des phoques. Des analyses de sensibilité ont été effectuées pour évaluer la robustesse des résultats.

Y. Seals, Cod, and Forage Fish: A Comparative Exploration of Variations in the Theme of Stock Collapse and Ecosystem Change in Northwest Atlantic Ecosystems

A. Bundy, S. Heymans, L. Morissette, and C. Savenkoff

Y. Phoques, morue et poissons fourrages : une étude comparative des différences sur le plan de l'effondrement des stocks et des changements des écosystèmes dans l'Atlantique Nord-Ouest

A. Bundy, S. Heymans, L. Morissette et C. Savenkoff

The 4 Northwest Atlantic ecosystems experienced 3 cod stock collapses and a severe cod stock depletion 15 years ago, and seals are now the top predator in all ecosystems. Groundfish have declined in all areas and the forage base increased in most systems. However, there has been no recovery of cod in any of the ecosystems. Have these ecosystems fundamentally changed? Why? A comparative ecosystem approach was taken to explore the extent to which these ecosystems have changed, both structurally and functionally, and the implications for the recovery of cod. The authors approached this comparison using empirical data and a mass balance modeling approach and addressed these questions at the species, functional, and ecosystem level, with: 1) ecological indicators, 2) keystone species,

Les quatre écosystèmes de l'Atlantique Nord-Ouest ont connu trois périodes d'effondrement des stocks de morue de même qu'une baisse importante de l'effectif des stocks de morue il y a 15 ans. En outre, les phoques sont maintenant les principaux prédateurs dans tous les écosystèmes. L'abondance du poisson de fond a baissé dans toutes les zones, et la quantité de proies a augmenté dans la plupart des écosystèmes. La morue ne s'est toutefois pas rétablie nulle part. Est-ce que ces écosystèmes ont changé de façon fondamentale? Pourquoi? Une approche écosystémique comparative a été utilisée pour explorer l'ampleur des changements dans ces écosystèmes, à la fois sur le plan structurel et fonctionnel, ainsi que les conséquences pour le rétablissement de la morue. Les auteurs ont procédé à la comparaison

3) functional role indicators, and 4) whole system indicators.

à l'aide de données empiriques et d'une approche de modélisation du bilan massique et ils ont abordé ces questions à l'échelle des espèces et des écosystèmes ainsi qu'à l'échelle fonctionnelle avec les éléments suivants : 1) des indicateurs écologiques; 2) des espèces clés; 3) des indicateurs des rôles fonctionnels; 4) des indicateurs de systèmes en entier.

Cod and seals and forage fish, among others, were identified as keystone species. Total mortality of large cod was high in all the ecosystems in both the 1980s and 1990s. In the 1980s, this high mortality was due to fishing, but this was not the case in the 1990s. In the northern and southern Gulf of St. Lawrence and Newfoundland in the 1990s, over 50% of large cod mortality was due to predation. Harp and grey seals were the main predators in the northern and southern Gulf, and harp and hooded seals in Newfoundland. However, large cod have few predators on the Eastern Scotian Shelf, and while grey seals were their main predator, this predation was very low, and the cause of the high mortality is not attributable to predation (Bundy and Fanning 2005).

La morue, les phoques et les poissons fourrages, notamment, ont été identifiés comme étant des espèces clés. La mortalité totale des morues de grande taille était élevée dans tous les écosystèmes dans les années 1980 et 1990. Cette mortalité élevée était due à la pêche dans les années 1980, mais pas dans les années 1990. Dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent et à Terre-Neuve dans les années 1990, plus de 50 % de la mortalité des morues de grande taille était due à la prédation. Les phoques du Groenland et les phoques gris étaient les principaux prédateurs dans le nord et le sud du golfe, tandis que les phoques du Groenland et les phoques à capuchon étaient les principaux prédateurs à Terre-Neuve. Cependant, les morues de grande taille ont peu de prédateurs dans l'est du plateau néo-écossais. Bien que les phoques gris fussent leur principal prédateur, la prédation exercée par ceux-ci était très faible, et la mortalité élevée n'est pas attribuable à la prédation (Bundy et Fanning, 2005).

Predation mortality on small cod increased in all ecosystems except the southern Gulf. It was highest in Newfoundland and the Eastern Scotian Shelf, and about half the level in the 2 Gulf systems. In all cases, predation mortality approximated total mortality. In the 1980s, one of the main predators of small cod in all systems was large cod. Demersals predators were the other main predator of small cod, except in the southern Gulf, where it was seals. In the 1990s, seals were important predators of small cod in all the ecosystems, although large cod were still important predators in the 2 Gulf models, and demersals predators were important in the Eastern Scotian Shelf and Newfoundland models. The latter 2 systems had a greater diversity of predators accounting for 75% of the predation on small cod in both time periods.

La mortalité par prédation des morues de petite taille a augmenté dans tous les écosystèmes à l'exception du sud du golfe du Saint-Laurent. Elle était la plus élevée à Terre-Neuve et dans l'est du plateau néo-écossais, et elle était à peu près égale à la moitié de ce niveau dans les deux écosystèmes du golfe. Dans tous les cas, la mortalité par prédation constituait une approximation de la mortalité totale. Dans les années 1980, les morues de grande taille étaient un des principaux prédateurs des petites morues dans tous les écosystèmes. Les prédateurs démersaux constituaient l'autre principal prédateur des petites morues, sauf dans le sud du golfe, où les phoques jouaient ce rôle. Dans les années 1990, les phoques étaient des prédateurs importants des petites morues dans tous les écosystèmes, mais les morues de grande taille constituaient encore des prédateurs importants dans les deux modèles du golfe et les prédateurs démersaux étaient importants dans les modèles de l'est du plateau néo-écossais et de Terre-Neuve. Dans ces deux derniers écosystèmes, une plus grande diversité de prédateurs exerçait 75 % de la prédation sur les

petites morues durant les deux périodes de temps.

There were common trends in biomass of the 3 functional groups, marine mammals, piscivorous fish, and planktivorous fish across the 4 ecosystems; the biomass of marine mammals increased in all areas; piscivorous fish biomass decreased everywhere, while planktivorous fish biomass decreased in Newfoundland and the northern Gulf, but increased in the Eastern Scotian Shelf and the southern Gulf. Changes in the total consumption by these functional groups reflect these trends. In the 1980s, piscivorous fish were the main predators of fish in all areas; by the 1990s, their influence as predators declined in all systems, and now marine mammals have replaced fish as the main predators of fish in the northern Gulf, and to some extent, in the southern Gulf and Newfoundland-Labrador.

Il y avait des tendances communes sur le plan de la biomasse des trois groupes fonctionnels, des mammifères marins, des poissons piscivores et des poissons planctonophages dans les quatre écosystèmes. La biomasse des mammifères marins a augmenté dans toutes les zones, la biomasse des poissons piscivores a baissé partout, tandis que la biomasse des poissons planctonophages a baissé à Terre-Neuve et dans le nord du golfe du Saint-Laurent (nGSL), mais elle a augmenté dans l'est du plateau néo-écossais et dans le sud du golfe. Les changements sur le plan de la quantité totale de proies consommées par ces groupes fonctionnels reflètent ces tendances. Les poissons piscivores étaient les principaux prédateurs des poissons dans toutes les zones dans les années 1980, mais leur influence était inférieure dans les années 1990. Les mammifères marins ont maintenant remplacé les poissons piscivores à tire de principaux prédateurs dans le nGSL et, dans une certaine mesure, dans le sud du golfe et à Terre-Neuve-et-Labrador.

At the ecosystem and community level, there were broad similarities between ecosystems. The structure of all four ecosystems has switched from a long-lived demersal, commercial fish dominated ecosystem to a shorter-lived pelagic and invertebrate dominated ecosystem. The northern Gulf of St. Lawrence appears to have suffered the greatest decline in finfish biomass, while on the Eastern Scotian Shelf total fish biomass increased due to an increase in planktivorous fish biomass (which decreased elsewhere). However, structurally and functionally these systems have shifted to an alternate state, with changes in predator structure, trophic structure, and flow.

Il existait certaines similitudes entre les écosystèmes, à la fois à l'échelle des écosystèmes et des communautés. La structure des quatre écosystèmes est passée d'un écosystème dominé par les poissons commerciaux et démersaux à longue durée de vie à un écosystème dominé par les invertébrés pélagiques à courte durée de vie. Le nGSL semble avoir connu le déclin le plus important sur le plan de la biomasse des poissons, tandis que dans l'est du plateau néo-écossais, la biomasse totale des poissons a augmenté en raison de la hausse de la biomasse des poissons planctonophages (cette dernière ayant baissé ailleurs). Toutefois, sur le plan structurel et fonctionnel, ces écosystèmes sont passés à un autre stade, caractérisé par des changements de la structure des prédateurs, de la structure trophique et de l'écoulement.

Z. Bionenergetic-allometric Multispecies Models: Approach Description and Ongoing Work in the Newfoundland-Labrador and Eastern Scotian Shelf Systems

M. Koen-Alonso, A. Buren, A. Bundy, and G. Stenson

Z. Modèles multispécifiques bioénergétiques et allométriques : description de l'approche et travaux en cours dans les écosystèmes de l'est du plateau néo-écossais et du plateau de Terre-Neuve et Labrador

M. Koen-Alonso, A. Buren, A. Bundy et G. Stenson

Models are abstractions, often described using mathematics, which represent our ideas about

Les modèles sont des représentations abstraites, souvent décrites à l'aide des mathématiques, de

how something is organized and/or functions. In the particular case of multispecies trophodynamic models, the something in question is a set of species or functional groups which are connected by predator-prey interactions. There are many different multispecies modeling approaches, all of them with their strengths and caveats (Plagani 2007).

Bioenergetic-allometric modeling (Yodzis and Innes 1992) is one of these many approaches. The concept around which these models are developed is fairly simple: it is the most basic energy budget. Changes in the population biomass can be described as:

$$\frac{dB}{dt} = B(-R + J) - Q - C$$

where *B* is the population biomass, *R* and *J* are mass-specific respiration and ingestion rates respectively, and *Q* represents the losses due to predation and *C* is exploitation.

Although straightforward in concept, implementing these models in practice poses the challenge of defining and estimating a potentially large number of parameters. To address this issue, bioenergetic-allometric models make use of the well-known allometric scaling of several vital rates with individual body mass (Peters 1983, Yodzis and Innes 1992, Brown et al. 2004). Building upon allometric relationships also allows incorporating in a mechanistic way some of the expected effects of temperature on vital rates (Gillooly et al. 2001, Vasseur and McCann 2005). This development opens the door for exploring some potential impacts of climate change on food web dynamics.

In its standard formulation, one of the main caveats of this modeling approach is its inability for capturing the internal dynamics of the interacting populations (e.g., age structure). However, a simple way of representing stage structure and food-dependent growth has recently been developed (De Roos et al. 2007). On the other side, one of the advantages of the approach is its capacity for using the same set of equations to represent different model resolutions (from a single predator-prey model up to a whole food web), and different dynamic scales (static, near equilibrium [linearized] dynamics, and far from equilibrium [non-linear] dynamics) (Yodzis 1998; Yodzis 2001; Koen-Alonso and Yodzis 2005).

nos idées de la manière dont une chose est organisée et/ou fonctionne. Dans le cas des modèles multispécifiques trophodynamiques, la chose en question est une série d'espèces ou de groupes fonctionnels reliés par des interactions prédateur-proie. Il existe de nombreuses approches de modélisation multispécifique, chacune présentant des forces et des faiblesses (Plagani, 2007).

L'approche de modélisation bioénergétique-allométrique (Yodzis et Innes, 1992) est l'une de celles-ci. Le concept sur lequel elle repose est assez simple : le bilan énergétique le plus élémentaire. Les changements dans la biomasse de la population sont décrits par :

$$\frac{dB}{dt} = B(-R + J) - Q - C$$

,

où *B* est la biomasse de la population, *R* et *J* sont respectivement les taux massiques de respiration et d'ingestion, *Q* représente les pertes imputables à la prédation et *C* est le niveau d'exploitation.

Bien que le concept soit simple, la définition et l'estimation d'un nombre potentiellement élevé de paramètres pose un défi à la mise en pratique de ces modèles. Pour régler ce problème, les modèles bioénergétiques-allométriques mettent à contribution l'échelonnage allométrique, bien connu, de plusieurs indices vitaux par rapport à la masse corporelle de chaque individu (Peters 1983; Yodzis et Innes, 1992; Brown *et al.*, 2004). Donner corps aux relations allométriques permet également d'inclure de façon mécanique quelques-uns des effets attendus de la température sur les indices vitaux (Gillooly *et al.*, 2001; Vasseur et McCann, 2005), ce qui permet d'explorer certains des effets potentiels du changement climatique sur la dynamique du réseau alimentaire.

L'incapacité de cette approche de modélisation, dans sa forme normalisée, de capturer la dynamique interne des populations en interaction (p. ex. la structure par âge) est l'une de ses principales faiblesses. Un moyen simple de représenter la structure par stade et la croissance dépendante à la nourriture a toutefois récemment été mis au point (De Roos *et al*., 2007). Par contre, cette approche offre la capacité d'utiliser la même série d'équations pour représenter différentes résolutions de modèle (d'un seul modèle prédateur-proie jusqu'à un réseau alimentaire complet) et échelles dynamiques (dynamique statique, dynamique près de l'équilibre [linéaire] et dynamique loin de l'équilibre [non linéaire]) (Yodzis, 1998; Yodzis,

2001; Koen-Alonso et Yodzis, 2005).

Bioenergetic-allometric models are currently being used by DFO researchers to address multispecies questions in the Newfoundland-Labrador (NL) and Eastern Scotian Shelf (ESS) ecosystems. Ongoing projects in these two systems are at different levels of development.

Des chercheurs du MPO utilisent actuellement des modèles bioénergétiques-allométriques pour étudier des aspects plurispécifiques des écosystèmes du plateau de Terre-Neuve et Labrador et de l'est du plateau néo-écossais. Les projets en cours dans ces deux écosystèmes sont à divers niveaux d'avancement.

In the NL ecosystem, 2 main projects are currently being pursued, one involves the dynamic modeling of core ecosystem components, and the other is focused on assessing the impact of harp seals on Northern cod.

Dans l'écosystème du plateau de Terre-Neuve et Labrador, deux grands projets sont en cours, l'un portant sur la modélisation dynamique de ses composantes fondamentales et l'autre, sur l'évaluation de l'impact des phoques du Groenland sur la morue de l'Atlantique.

The NL multispecies model is aimed to describe the joint dynamics of core components of the system. The large scale structure of this ecosystem can be schematically represented as the connection of 2 major functional sub-units, one corresponding to the southern Labrador and northern Newfoundland shelf (SLNS subsystem) and the other to the Grand Bank (GB subsystem) (Figure Z1a). The spatial component of this structure is not explicitly represented in the model, but it is implicitly recognized by considering management stocks in the model (Figure Z1b). This model is currently in its implementation stage and no preliminary results are available.

Le modèle multispécifique de l'écosystème du plateau de Terre-Neuve et Labrador a pour but de décrire la dynamique conjointe de ses composantes fondamentales. Dans un schéma, on peut représenter la structure à grande échelle de cet écosystème comme la liaison de deux sous-unités fonctionnelles, l'une correspondant au plateau sud du Labrador/nord de Terre-Neuve et l'autre au Grand Banc (figure Z1a). La composante spatiale de cette structure n'est pas représentée explicitement dans le modèle, mais elle est reconnue implicitement par considération des stocks faisant l'objet d'une gestion (figure Z1b). Le modèle étant au stade d'application, aucun résultat préliminaire n'est disponible.

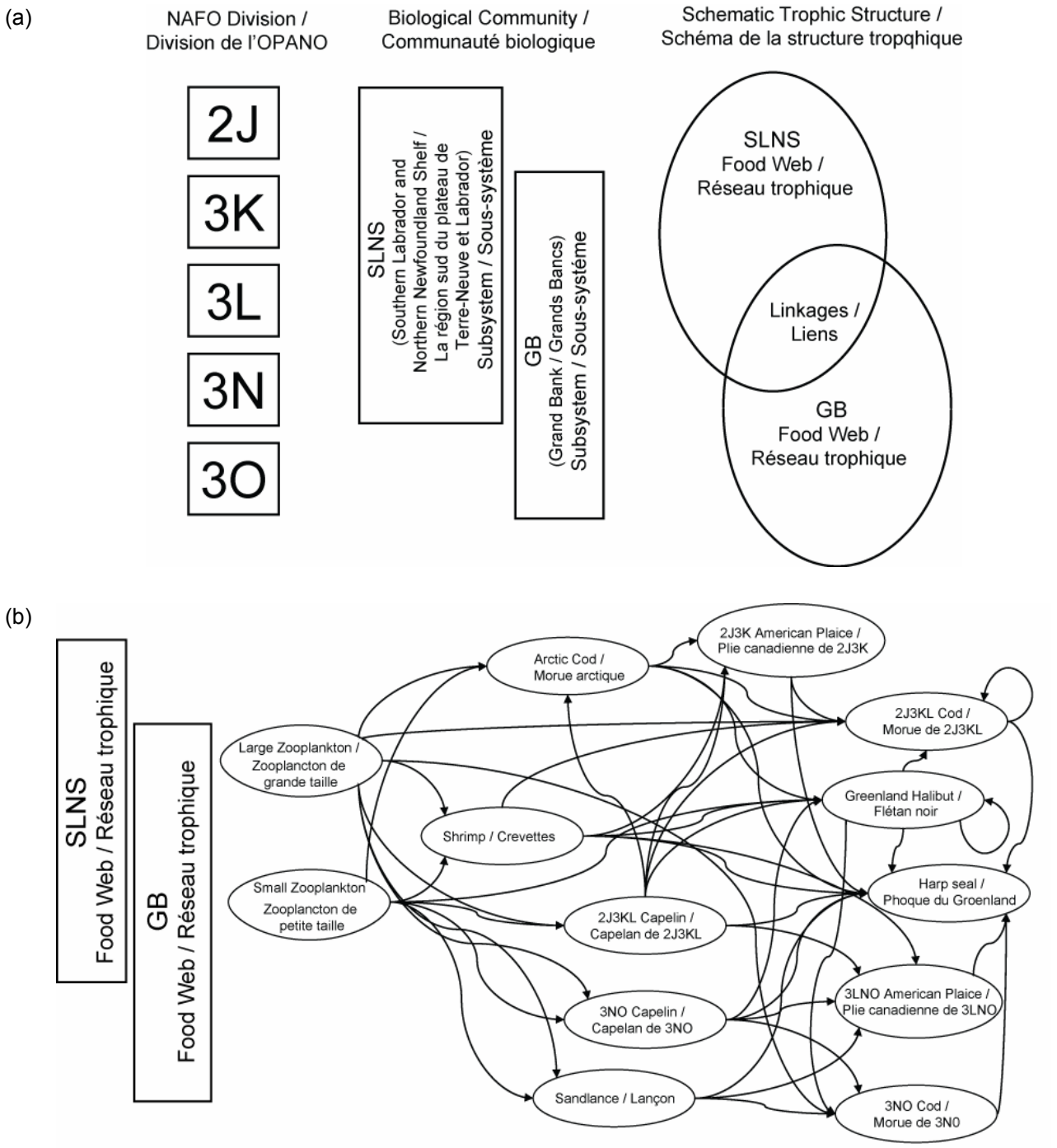



*Figure Z1. (a) Schematic representation of the large biological and spatial scale of the Newfoundland Shelf ecosystem. (b) 1 of the multispecies model in development.*

*Figure Z1. (a) Schéma de l'écosystème du plateau de Terre-Neuve à grande échelle biologique et spatiale et (b) du modèle multispécifique en voie de développement.*

In the NL ecosystem, a more focused approach is also being developed to assess the potential impact of harp seals on the northern cod stock (divs. 2J3KL Atlantic cod stock). Several factors have been hypothesized as main drivers for this

Pour l'écosystème du plateau de Terre-Neuve et Labrador, une approche plus ciblée est également en voie d'être développée pour évaluer l'impact potentiel des phoques du Groenland sur le stock de morue du Nord (divisions 2J3KL). Plusieurs

population. Conceptually, these factors are availability of food (more specifically capelin), predation by seals, environmental effects (e.g., temperature), and fisheries (Figure Z2). In order to assess if the explicit consideration of these factors significantly improves our description of cod dynamics, a simple bioenergetic allometric cod population model will be developed. In this model, the proposed main drivers will be explicitly incorporated as external functions that force the dynamics.

moteurs hypothétiques de ce stock ont été générés. Théoriquement, ces facteurs sont la disponibilité de nourriture (le capelan plus précisément), la prédation par les phoques, les facteurs environnementaux (p. ex. la température) et les pêches (figure Z2). Pour déterminer si la considération implicite de ces facteurs améliore sensiblement notre description de la dynamique de la morue, nous allons développer un modèle allométrique-bioénergétique simple de ce stock de morue. Les principaux moteurs seront explicitement incorporés dans ce modèle comme des fonctions externes qui forcent la dynamique du stock.

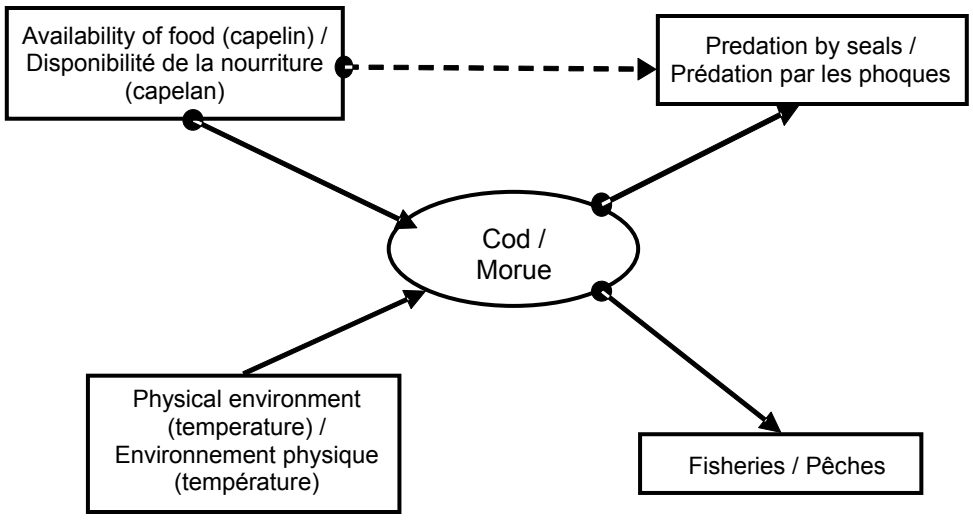



*Figure Z2. Conceptual representation of the major hypothesized drivers of northern cod dynamics.*

*Figure Z2. Représentation conceptuelle des principaux moteurs hypothétiques de la dynamique de la morue du Nord.*

The effect of capelin will be modeled by making the population growth rate a function of capelin accessibility (this will be derived from available capelin acoustic indices). The effect of predation will be incorporated through annual removals estimated from an independent seal consumption model (Stenson and Perry 2001, Stenson and Hammill 2006). Temperature effects will be represented in terms of the impact of temperature on vital rates (Vasseur and McCann 2005). Fishing impacts will be included by using catch time series.

L'effet du capelan sera modélisé en faisant du taux d'accroissement du stock de morue une fonction de l'accessibilité du capelan (qui sera dérivée des indices acoustiques disponibles). L'effet de la prédation par les phoques sera incorporé par le biais des ponctions annuelles de morue estimées à partir d'un modèle indépendant des volumes consommés (Stenson et Perry, 2001; Stenson et Hammill, 2006). Les effets de la température seront représentés en termes de son impact sur les indices vitaux (Vasseur et McCann, 2005), alors que les effets de la pêche seront représentés par des séries chronologiques de données sur les prises.

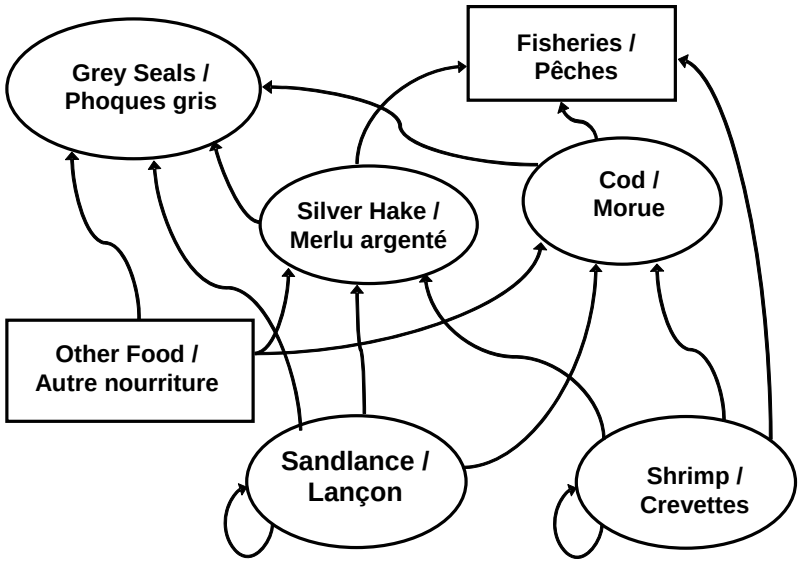
Besides being cod predators, seals can also compete with cod for common food resources like capelin (dashed line in Figure Z2). Evaluating this hypothesis requires that: (a) availability of capelin must be a significant driver of cod dynamics, and (b) seal consumption must significantly affect capelin status. The item (a) will be evaluated with the cod population model described above. If (a) is supported by the analysis, then item (b) will be explored in a similar way as cod predation by seals (i.e., a capelin dynamic equation with annual consumption by seals as a forcing function).

En plus d'être des prédateurs de la morue, les phoques peuvent aussi leur faire compétition pour des ressources alimentaires communes, comme le capelan (ligne tiretée dans la figure Z2). L'évaluation de cette hypothèse requiert que : (a) la disponibilité de capelan doit être un moteur important de la dynamique de la morue et (b) les volumes de capelan consommés par les phoques doivent avoir un effet significatif sur son l'état de ce poisson. Le facteur (a) sera évalué à l'aide du modèle du stock de morue décrit ci-dessus. Si l'analyse l'étaye, le facteur (b) sera évalué de la même manière que la prédation de la morue par les phoques (c.-à-d. une équation de la dynamique du capelan où les volumes consommés par les phoques est une fonction de forçage).

The third project using a bioenergetic-allometric approach is aimed to implement a minimum realistic model of core components of the Eastern Scotian Shelf ecosystem (Figure Z3a). Current work on this model has started to provide some very preliminary results (Figure Z3b). These results are merely illustrative and should not be seriously considered yet. At this stage, they only indicate that the modeling approach is able of capturing some major features of the dynamical history of the Eastern Scotian Shelf (e.g., the increase in grey seals, the cod collapse, the increase of silver hake in the 1970s, and the recent increases in shrimp and sandlance biomasses), but not all (e.g., the spikes in Atlantic cod and silver hake biomasses in the 1980s). These are promising results, but much more work is needed before accepting them as valid outcomes.

Le troisième projet reposant sur l'approche bioénergétique a pour but d'appliquer un modèle réaliste minimum à des composantes fondamentales de l'écosystème de l'est du plateau néo-écossais (figure Z3a). Les travaux en cours commencent à donner des résultats (figure Z3b), mais ils ne doivent pas encore être considérés comme définitifs car ils sont purement illustratifs. À ce point-ci, ils n'indiquent que l'approche de modélisation est capable de capturer certaines caractéristiques de la dynamique historique de l'est du plateau néo-écossais (p. ex. l'accroissement du nombre de phoques gris, l'effondrement du stock de morue, l'accroissement du stock de merlu argenté dans les années 1970 et les récentes augmentations de la biomasse de crevettes et de lançon), mais pas toutes (p. ex. les pics d'abondance de biomasse de la morue de l'Atlantique et du merlu argenté dans les années 1980). Les résultats sont prometteurs, mais d'autres travaux sont requis avant de les considérer comme étant valides.

(a)




.

(b)

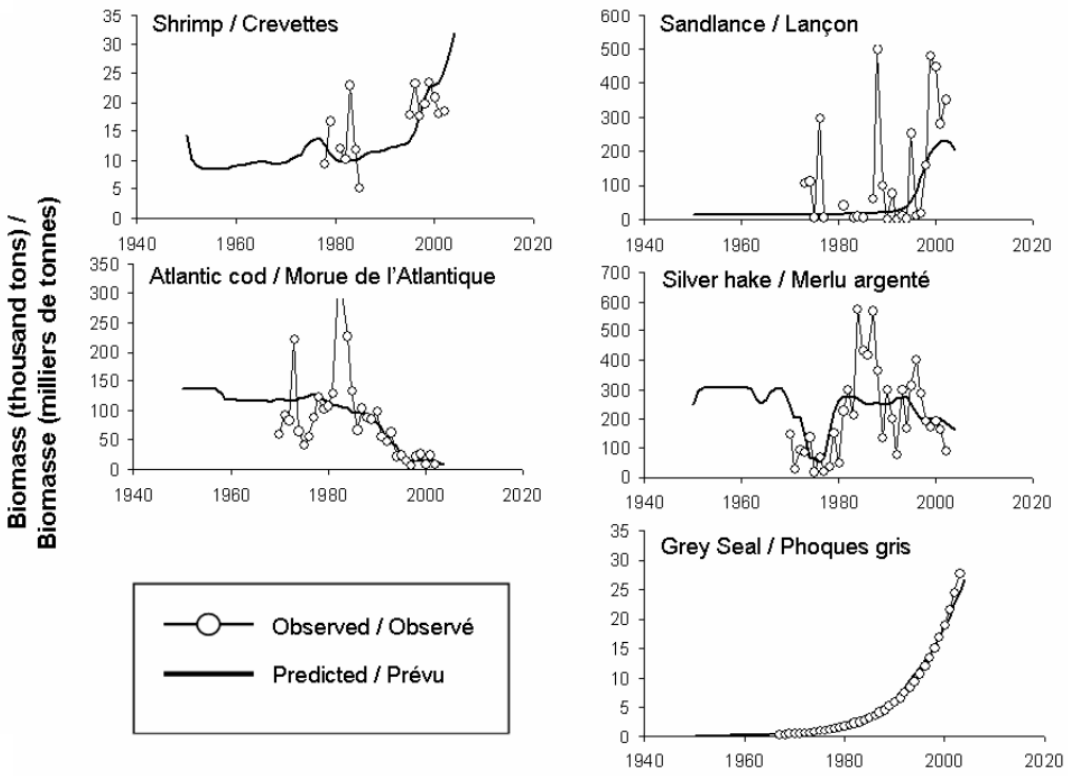



*Figure Z3. (a) Food web diagram of the current bioenergetic-allometric model for core components of the Eastern Scotian Shelf. Ovals indicate components represented with dynamic equations. (b) Illustrative results from this model showing the best model fit obtained so far. Output from a population model was used as data for grey seals.*

*Figure Z3. (a) Diagramme du réseau alimentaire du modèle bioénergétique-allométrique actuel des composantes fondamentales de l'écosystème du plateau néo-écossais. Les cases ovales indiquent les composantes représentées par des équations dynamiques. (b) Représentations des résultats du passage du modèle montrant le meilleur ajustement obtenu jusqu'à maintenant. Les données sur les phoques gris proviennent d'un modèle de population.*

*References*

Brown, J.H., A.P. Allen, V.M. Savage, and G.B. West. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology 85: 1771-1789.

de Roos, A.M., T. Schellekens, T. van Kooten, K. van de Wolfshaar, D. Claessen, and L. Persson. 2007. Food-dependent growth leads to overcompensation in stage-specific biomass when mortality increases: The influence of maturation versus reproduction regulation. Am. Nat. 170: E59-E76.

Gillooly, J.F., J.H. Brown, G.B. West, V.M. Savage, and E.L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. Science 293: 2248-2251.

Koen-Alonso, M., and P. Yodzis. 2005. Multispecies modeling of some components of the northern and central Patagonia marine community, Argentina. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1490-1512.

Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge.

Plaganyi, E.E. 2007. Models for an ecosystem approach to fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 477: 1-108.

Stenson, G.B., and E.A. Perry. 2001. Incorporating uncertainty into estimates of Atlantic cod (*Gadus morhua*), capelin (*Mallotus villosus*), and Arctic cod (*Boreogadus saida*) consumption by harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in NAFO divisions 2J3KL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/074.

Stenson, G.B., and M.O. Hammill. 2006. Quantifying uncertainty in estimates of Atlantic cod (*Gadus morhua*) consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/089.

Vasseur, D.A., and K.S. McCann. 2005. A mechanistic approach for modeling temperature-dependent consumer-resource dynamics. Am. Nat. 166: 184-198.

*Références*

Brown, J.H., A.P. Allen, V.M. Savage et G.B. West. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology 85: 1771-1789.

de Roos, A.M., T. Schellekens, T. van Kooten, K. van de Wolfshaar, D. Claessen et L. Persson. 2007. Food-dependent growth leads to overcompensation in stage-specific biomass when mortality increases: The influence of maturation versus reproduction regulation. Am. Nat. 170: E59-E76.

Gillooly, J.F., J.H. Brown, G.B. West, V.M. Savage et E.L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. Science 293: 2248-2251.

Koen-Alonso, M. et P. Yodzis. 2005. Multispecies modeling of some components of the northern and central Patagonia marine community, Argentina. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1490-1512.

Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge.

Plaganyi, E.E. 2007. Models for an ecosystem approach to fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 477: 1-108.

Stenson, G.B. et E.A. Perry. 2001. Tenir compte de l'incertitude dans l'estimation de la consommation de morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*), de capelan (*Mallotus villosus*) et de morue polaire (*Boreogadus saida*) par le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) dans les divisions 2J3KL. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2001/074.

Stenson, G.B. et M.O. Hammill. 2006. Quantification de l'incertitude dans les estimations de la quantité de morues (*Gadus morhua*) consommées par les phoques du Groenland (*Phoca groenlandica*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2004/089.

Vasseur, D.A. et K.S. McCann. 2005. A mechanistic approach for modeling temperature-dependent consumer-resource dynamics. Am. Nat. 166: 184-198.

Yodzis, P. 1998. Local trophodynamics and the interaction of marine mammals and fisheries in the Benguela ecosystem. Ecology 67: 635-658.

Yodzis, P. 2001. Must top predators be culled for the sake of fisheries? Trends Ecol. Evol. 16: 78-84.

Yodzis, P., and S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

AA. Modeling Studies of Norway

U. Lindstrøm, D. Howell, S. Tjelmeland, B. Bogstad, and S. Smout

The Barents Sea, with its relatively simple food web (low diversity) and long and detailed time series of data, provides an ideal setting to develop, calibrate, and compare multi and extended single species models. The current modeling approaches in the Barents Sea, including multispecies interactions, range from extended single species assessment models to detailed age-length structured multispecies models. The models presented here are SeaStar, Bifrost, and Gadget.

SeaStar is an extended single species assessment model, developed for the assessment of Norwegian Spring spawning herring, which has incorporated the predation by minke whales. The estimated consumption is included in the objective function and the parameters determining the modeled consumption are estimated together with other free parameters of the model in a single operation. In an ecosystem perspective, it is important to be able to separate the total natural mortality into different mortality components. The modeling results suggest that minke whales can inflict major mortality on adult and juvenile herring. The results suggest that minke whales display a type III functional response.

Fish stocks are generally managed on a strictly single species basis. One exception is the assessment model of capelin in the Barents Sea (Bifrost); predation on pre-spawning and juvenile capelin by cod and juvenile herring, respectively, is accounted for in the underlying model. Bifrost, in which species are structured by age, length,

Yodzis, P. 1998. Local trophodynamics and the interaction of marine mammals and fisheries in the Benguela ecosystem. Ecology 67: 635-658.

Yodzis, P. 2001. Must top predators be culled for the sake of fisheries? Trends Ecol. Evol. 16: 78-84.

Yodzis, P. et S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

AA. Études de modélisation en Norvège

U. Lindstrøm, D. Howell, S. Tjelmeland, B. Bogstad et S. Smout

La mer de Barents, avec son réseau trophique relativement simple (faible diversité) et sa série chronologique de données longue et détaillée, fournit un contexte idéal pour élaborer, étalonner et comparer des modèles monospécifiques étendus et des modèles plurispécifiques. Les approches de modélisation courantes dans la mer de Barents, y compris les interactions plurispécifiques, varient de modèles d'évaluation monospécifiques étendus à des modèles plurispécifiques détaillés et structurés selon l'âge et la taille. Les modèles présentés ici sont les suivants : SeaStar, Bifrost et Gadget.

SeaStar est un modèle d'évaluation monospécifique étendu, conçu pour évaluer les harengs reproducteurs de printemps de la Norvège, qui tient compte de la prédation exercée par le petit rorqual. L'estimation de la consommation est comprise dans la fonction objective, et les paramètres déterminant la consommation modélisée sont estimés en combinaison avec d'autres paramètres libres du modèle dans le cadre d'une même opération. Du point de vue écosystémique, il est important de pouvoir distinguer les différentes composantes de la mortalité naturelle totale. Les résultats de modélisation suggèrent que le petit rorqual peut entraîner une mortalité importante chez les harengs adultes et juvéniles. Les résultats suggèrent que le petit rorqual montre une réponse fonctionnelle de type III.

La gestion des stocks de poissons est généralement fondée sur une espèce unique. Le modèle d'évaluation du capelan dans la mer de Barents (Bifrost) constitue une exception. La prédation exercée par la morue sur les capelans avant la reproduction et par les harengs juvéniles sur les capelans juvéniles est prise en

and maturity, can potentially serve as a simulator where the herring-cod-capelin harvesting control rules can be studied. Presently, the predation on cod and capelin by harp seals has been included in the model. Preliminary results indicate that harp seals have considerable impact on the capelin stock. By running 2 harp seal abundance scenarios (e.g., one with the stock being constant at the present level and another with the stock being constant at 50% of the present level), there are indications that the maximum long-term catch of capelin is sensitive to number of harp seals in the Barents Sea. A reduced harp seal population generated a 100% greater maximum long-term catch of capelin.

considération dans le modèle sous-jacent. Bifrost, dans lequel les espèces sont structurées selon l'âge, la taille et la maturité, peut potentiellement servir de simulateur dans lequel les règles de pêche du hareng, de la morue et du capelan peuvent être étudiées. Présentement, la prédation exercée par le phoque du Groenland sur la morue et le capelan est incluse dans le modèle. Les résultats préliminaires indiquent que le phoque du Groenland a des répercussions considérables sur le stock de capelan. L'utilisation de deux scénarios de l'abondance du phoque du Groenland (p. ex. un scénario où le stock est constant au niveau actuel et un scénario où le stock est constant à 50 % du niveau actuel) semble indiquer que les prises maximales à long terme de capelan dépendent du nombre de phoques du Groenland dans la mer de Barents. Une population de phoques du Groenland à effectif réduit a donné un nombre de prises maximales à long terme de capelan 100 % plus élevé.

More recently, an age-length structured multispecies model (Gadget) has been parameterised for the Barents Sea ecosystem. The modeled species are cod, capelin, herring, and minke whales, with minke whales and cod as predators, and capelin, herring, and cod as prey. The model has been fitted to historical data and then been used to examine possible effects of a number of plausible biological and fisheries scenarios in hind casting and in the future. Indirect effects are seen to be important in the Barents Sea; cod fishing pressure, cod cannibalism, and whale predation on cod having an indirect impact on capelin, emphasising the importance of multispecies modeling in understanding and managing ecosystems.

Plus récemment, les paramètres d'un modèle plurispécifique structuré selon l'âge et la taille (Gadget) ont été établis pour l'écosystème de la mer de Barents. Les espèces modélisées sont la morue et le petit rorqual à titre de prédateurs et le capelan, le hareng et la morue à titre de proies. Le modèle a été ajusté en fonction des données historiques puis il a été utilisé pour examiner les effets possibles d'un certain nombre de scénarios biologiques et halieutiques plausibles de prévision *a posteriori* et *a priori*. Les effets indirects sont perçus comme importants dans la mer de Barents. La pression de pêche sur la morue, le cannibalisme chez la morue et la prédation exercée par les baleines sur la morue ont un effet indirect sur le capelan, ce qui met en évidence l'importance de la modélisation plurispécifique pour comprendre et gérer les écosystèmes.