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 2009/020 | **Compte rendu 2009/020**

Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 2)

24-28 November 2008

Cambridge Suites
Halifax, Nova Scotia

W. D. Bowen (Chair)[1], M.O. Hammill[2], M. Koen-Alonso[2], G. Stenson[3], D.P. Swain[4], and K. Trzcinski[1]

[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

December 2009

Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (2ième partie)

Du 24 au 28 novembre 2008

Hôtel Cambridge Suites
Halifax (Nouvelle-Écosse)

W.D. Bowen (président)[1], M.O. Hammill[2], M. Koen-Alonso[2], G. Stenson[3], D.P. Swain[4] et K. Trzcinski[1]

[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

Décembre 2009

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 Fisheries and Oceans Canada (DFO) Science Advisory process; however, it is being documented in the Canadian Science Advisory Secretariat's (CSAS) Proceedings Series as it presents some topics of interest related to the advisory process

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.

Le présent atelier n'a pas été tenu dans le cadre officiel du processus des avis scientifiques du ministère des Pêches et des Océans (MPO). Celui-ci est toutefois documenté dans la série des comptes rendus du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), car il couvre certains sujets en lien avec le processus des avis.

Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 2)

24-28 November 2008

Cambridge Suites
Halifax, Nova Scotia

W. D. Bowen (Chair)[1], M.O. Hammill[2], M. Koen-Alonso[2], G. Stenson[3], D.P. Swain[4], and K. Trzcinski[1]

[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

December 2009

Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (2ième partie)

Du 24 au 28 novembre 2008

Hôtel Cambridge Suites
Halifax (Nouvelle-Écosse)

W.D. Bowen (président) [1], M.O. Hammill[2], M. Koen-Alonso[2], G. Stenson[3], D.P. Swain[4] et K. Trzcinski[1]

[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

Décembre 2009

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2009
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2009

ISSN 1701-1272 (Printed / Imprimé)
ISSN 1701-1280 (Online / En ligne)

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

Correct citation for this publication:
On doit citer cette publication comme suit :

DFO. 2009. Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 2); 24-28 November 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2009/020.

MPO. 2009. Compte rendu de l'atelier national sur les répercussions des phoques sur les populations de poissons dans l'est du Canada (2ieme partie); du 24 au 28 novembre 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Série de comptes rendus 2009/020.

TABLE OF CONTENTS

Summary vii
Background 1
Welcome and Rapporteurs 1
Presentations and Discussion 2
Industry Perspective 2
Parasites 5
Mortality and Abundance of Fish: Updates 10
Mortality Patterns in Fish 15
Estimating Seal Prey Consumption 24
Stock-specific Summaries of Factors Affecting Cod Dynamics 80
Appendices 117
Appendix 1. List of Participants 117
Appendix 2. Terms of Reference and Agenda 119

TABLE DES MATIÈRES

Résumé vii
Contexte 1
Mot de bienvenue et rapporteurs 1
Présentations et discussion 2
Point de vue de l'industrie 2
Parasites 5
Mortalité et abondance des poissons : mises à jour 10
Patrons de mortalité des poissons 15
Estimation de la consommation de proies par les phoques 24
Résumés des facteurs affectant la dynamique des morues propres à chaque stock 80
Annexes 117
Annexe 1 - Liste des participants 117
Annexe 2 - Cadre de référence et programme 119

SUMMARY

A 5-day day meeting was held in November 2008, in Halifax, Nova Scotia, during which some 24 presentations were given on the potential impacts of seals on fish stocks in Eastern Canada. These presentations, for the most part, were of new analyses and model results of research identified at the first Workshop that participants felt could be done with existing data. The meeting was attended by 33 invited ecologists and modelers from Canada, Norway, and France, and members of the fishing industry in eastern Canada and northeastern United States of America.

Representatives of the fishing industry stated that grey seals pose a direct threat to depleted cod stocks and indirectly affect the Industry through the transmission of the sealworm parasite to commercial species across an expanding geographic range. Fishers also suspect that spawning success of cod is being negatively affected as grey seals find it profitable to prey on spawning aggregations on shallow banks.

A recent study on cod from the southern Gulf of St. Lawrence (sGSL) found that contrary to expectation, there was a weak but statistically significant positive relationship between parasite abundance and condition, likely reflecting an effect of variation in foraging success on both condition and parasite abundance: cod with higher foraging success achieve better condition, but also ingest more parasites. This would suggest that any negative effect of these parasites on cod condition appears to be slight compared to the effect of variation in foraging rate or success. Analyses of infection parameters from 2007 provided no evidence of nematode-induced cod mortality.

Monte Carlo simulations were used to estimate the probability that different diet compositions of seals could explain natural mortality (M) for southern Gulf of St. Lawrence cod, white hake, and winter skate. Results suggested that: 1) to explain elevated M, seals must consume cod and white hake that are larger than indicated by the available stomach contents data; 2) whole fish

RÉSUMÉ

Un atelier de cinq jours a eu lieu en novembre 2008 à Halifax (Nouvelle-Écosse). Pendant cet atelier, vingt-quatre présentations ont été données sur les répercussions potentielles des phoques sur les stocks de poissons de l'est du Canada. La plupart ont présenté de nouvelles analyses ainsi que des résultats de modèles dont les besoins avaient été identifiés lors du premier atelier et que les participants avaient jugé réalisables avec les données existantes. Trente-trois écologistes et modélisateurs venant du Canada, de Norvège et de France ont été invités et ont participé à cette réunion. Se sont joints à eux des membres de l'industrie de la pêche de l'est du Canada et du nord-est des États-Unis d'Amérique.

Les représentants de l'industrie de la pêche ont déclaré que les phoques gris représentaient une menace directe pour les stocks de morues déjà insuffisants; les phoques gris menacent aussi indirectement l'industrie en transmettant aux espèces commerciales un parasite, le ver du phoque et ce, sur une zone géogaphique de plus en plus étendue. Les pêcheurs pensent aussi que le succès reproducteur de la morue est menacé car il est plus rentable pour les phoques gris de chasser les animaux lorsqu'ils sont concentrés dans les eaux peu profondes pour la fraie.

Une étude récente sur la morue du sud du Golfe du Saint-Laurent (sGSL) a montré que, contrairement aux attentes, il existe une relation positive, faible mais statistiquement significative, entre l'abondance des parasites et la condition des morues, reflétant vraisemblablement le fait qu'un meilleur succès d'approvisionnement permet aux morues d'être en meilleure condition mais implique aussi l'ingestion de plus de parasites. Cela suggère que la condition des morues est moins affectée par les effets des parasites que par les variations du succès d'approvisionnement. Aucune preuve de mortalité des morues due aux nématodes n'est ressortie des analyses des paramètres d'infection de 2007.

Des simulations de Monte-Carlo ont été utilisées pour estimer les probabilités que les différentes compositions possibles du régime alimentaire des phoques puissent expliquer la mortalité naturelle (M) de la morue, de la merluche et de la raie tachetée dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les résultats suggérèrent que: 1) afin d'expliquer la mortalité naturelle élevée, les phoques

consumption by seals is likely to explain less than 40% of M in white hake and cod, but can easily explain elevated M in winter skate, and 3) if seals consume some groundfish by belly-feeding, the probability that seal predation explains a substantial component of M becomes much more likely.

devraient consommer des morues et des merluches de plus grande taille que ce qu'indiquent les données disponibles sur les contenus stomacaux; 2) la consommation de poissons entiers par les phoques explique vraisemblablement moins de 40% de la mortalité dans le cas de la merluche et de la morue, mais peut facilement expliquer la mortalité élevée dans le cas de la raie tachetée; et 3) si les phoques consomment des poissons de fond en effectuant des morsures ventrales, la prédation par les phoques pourrait alors expliquer une partie importante de la mortalité naturelle.

Several studies underscored the importance of the proportion of cod in the diet and the size frequency distribution of cod eaten on estimates of seal predation mortality. Restricted sample collection (in both time and space) and the method used to estimate the diet can affect both the estimated proportion and size of cod eaten by seals.

Plusieurs études ont souligné l'importance de déterminer la proportion de morues dans le régime alimentaire des phoques ainsi que la fréquence relative des différentes tailles de morues mangées, afin de pouvoir mieux estimer la mortalité due à la prédation par les phoques. Le fait que la collecte d'échantillons soit restreinte à la fois dans le temps et l'espace, ainsi que les méthodes utilisées pour évaluer le régime alimentaire, peuvent avoir une incidence sur l'estimation de la proportion et de la taille des morues mangées par les phoques.

Preliminary results where presented from bioenergetic allometric and statistical catch-at-age models to evaluate the effects of seal predation, food competition, and environmental variability on the dynamics of several cod stocks. These and previous multi-species models underscore the importance of considering seal predation in a broader ecosystem context as the effects of predation may often be conditional on the presence of competitors and quality of the environment for cod.

Les résultats préliminaires de modèles allométriques bioénergétiques et de modèles statistiques des captures selon l'âge ont été présentés afin d'évaluer les conséquences de la prédation par des phoques, de la compétition pour la nourriture et de la variabilité environnementale sur la dynamique de plusieurs stocks de morues. Comme les modèles multispécifiques présentés par le passé, ces nouveaux modèles soulignent l'importance de prendre en compte la prédation par les phoques dans un contexte écosystémique plus large car les conséquences de la prédation sur les morues dépendent souvent de la présence de compétiteurs et de la qualité de l'environnement.

Most cod stocks in the northwest Atlantic collapsed in the late 1980s and early 1990s, and 15 years later have shown little or no sign of recovery. Reasons for the lack of recovery vary between stocks. However, an important factor in the lack of recovery for many stocks is elevated natural mortality of adult cod.

La majorité des stocks de morues du Nord-Ouest de l'Atlantique se sont effondrés à la fin des années 80 et au début des années 90. Quinze ans plus tard, peu voire aucun signe de rétablissement n'est visible. Les raisons expliquant l'absence de rétablissement varient selon les stocks. Cependant, la mortalité naturelle élevée de la morue adulte est un facteur important qui concerne de nombreux stocks.

Natural mortality (M) of adult cod is very high in stocks south of the Laurentian Channel: the southern Gulf of St. Lawrence (Northwest Atlantic

La mortalité naturelle (M) de la morue adulte est très élevée dans les populations situées au sud du chenal Laurentien, soit les stocks du sud du golfe

Fisheries Organization (NAFO) Division 4T), eastern Scotian Shelf (4VsW), and western Scotian Shelf/Bay of Fundy (4X) stocks. M is estimated to be slightly elevated in some stocks north of the Channel, but levels of M in these stocks appear to be much lower than in the stocks south of the Channel. Until recently, the offshore component of northern cod was an exception, with very high M; however, M in the offshore appears to have declined to normal levels in recent years. Northern cod in the inshore of 3K were also an exception, with a high estimate of M for the early 2000s.

du Saint-Laurent (Division 4T de l'Organisation des pêches du Nord-Ouest de l'Atlantique - OPANO), de l'est du plateau néo-écossais (5VsW) et de l'ouest du plateau néo-écossais/Baie de Fundy (4X). On estime que la mortalité naturelle s'est accrue légèrement dans certaines populations au nord du chenal, mais elle reste cependant beaucoup moins élevée que dans les stocks au sud du chenal. Jusqu'à récemment, la mortalité naturelle très élevée de la morue du nord vivant au large était une exception; elle semble cependant avoir baissé dans les dernières années pour atteindre un niveau normal. La morue du nord dans les eaux côtières de la zone 3K fait aussi partie des exceptions avec une forte mortalité au début des années 2000.

There are a number of hypotheses regarding the factors that could be limiting cod recovery by contributing to high M including: unreported catch (i.e., the mortality is due to fishing, not natural mortality), disease, contaminants, availability and quality of food, life-history changes, impacts of seal predation, predation by other species, parasites, and other impacts. For most of the cod stocks that have not recovered, natural mortality remains above the "normal" value of 0.2. However, natural mortality is especially high in all stocks south of the Laurentian Channel. Industry has a strong view that seals are having a significant impact on cod recovery, but there is considerable uncertainty in the factors affecting cod dynamics and in the magnitude of stock-specific seal predation mortality on cod.

De nombreuses hypothèses existent quant aux facteurs qui limitent le rétablissement des stocks de morue en contribuant à une forte mortalité. Parmi celles- les captures non signalées (c.-à-d. la mortalité est due à la pêche et non à la mortalité naturelle), les maladies, les parasites, les contaminants, la disponibilité et la qualité de la nourriture, les changements biodémographiques, les répercussions de la prédation par les phoques, la prédation par d'autres espèces. Pour la plupart des populations de morues dont le stock ne s'est pas rétabli, la mortalité naturelle reste au-dessus de la valeur normale de 0,2. Ceci dit, la mortalité naturelle est particulièrement élevée pour tous les stocks au sud du chenal Laurentien. L'industrie est convaincue de l'importance de l'impact des phoques sur le rétablissement des stocks de morues. Cependant, l'incertitude est considérable quant aux facteurs influant sur la dynamique des morues et à l'ampleur de la mortalité due aux phoques sur chaque stock.

A population modeling study of the northern Gulf stock (nGSL; 3Pn4RS cod) suggests that predation by harp seals on juvenile cod may limit stock rebuilding under certain environmental conditions. Earlier ecosystem models suggested that harp seals were limiting the recovery of northern cod; however, a recent modeling study using a different approach suggests that effects of prey (capelin) availability are more important than effects of harp seal predation. Based on weight of evidence, seals could be limiting recovery in 4T cod, i.e., spatial and temporal correlations between grey seal abundance and estimated cod M support the hypothesis that grey seal predation is an important cause of the elevated M, whereas other hypotheses for the elevated M of 4T cod are not supported by the correlations between M and

Une étude de modélisation de la population des stocks du nord du Golfe (nGSL; morue de 3Pn4RS) sous-entend que la prédation de morues juvéniles par les phoques du Groenland pourrait, dans certaines conditions environnementales, ralentir le rétablissement des stocks. Des modèles écosystémiques antérieurs suggéraient que le rétablissement des morues du nord était limité par les phoques du Groenland; cependant, un modèle récent utilisant une approche différente, suggère que l'impact de la disponibilité des proies (capelan) est plus important que celui de la prédation par les phoques du Groenland. Sur la base des données disponibles, il est possible que les phoques gris contribuent au ralentissement du rétablissement des morues de 4T. En d'autres mots, les corrélations spatiales et temporelles

the hypothesized forcing factor. Grey seals may also play an important role in the recovery of 4VsW cod. The impact of grey seal predation in 4X cod is not known as there are no seal diet estimates specific to this stock, but if the diets are similar to those estimated in neighbouring 4VsW then the impact of grey seals would be negligible.

entre l'abondance des phoques gris et les estimations de la mortalité naturelle des morues, soutiennent l'hypothèse selon laquelle la prédation par les phoques gris est une cause importante de l'accroissement de M, alors que d'autres hypothèses tentant d'expliquer la mortalité naturelle anormalement élevée de la morue de 4T ne sont pas soutenues par les corrélations entre M et les facteurs considérés. Les phoques gris jouent peut-être aussi un rôle important dans le rétablissement de la morue de 4VsW. L'impact de la prédation des phoques gris sur la morue de 4X est inconnu car il n'y a pas d'estimations du régime alimentaire spécifique aux phoques de ce stock; cependant, si on suppose que leur régime alimentaire est similaire à ceux de la zone 4VsW voisine, alors l'impact des phoques gris serait négligeable.

However, two key uncertainties that can be applied to all areas are the true proportion of cod in the diet of seals and the age distribution of cod eaten by seals. Together these aspects of diet have a large effect on the putative impact of seal predation on the dynamics of cod. Furthermore, despite their importance, estimating the diet of seals is extremely difficult, given the challenges in obtaining representative samples from large, mobile and widely distributed seal populations.

Cependant, la proportion réelle de morue dans le régime alimentaire des phoques ainsi que la distribution par âge des morues mangées par les phoques, constituent deux incertitudes majeures qui reviennent dans chaque région. Pris ensemble, ces aspects du régime alimentaire ont des conséquences importantes sur les répercussions putatives de la prédation par les phoques sur la dynamique des morues. De plus, malgré son importance, le régime des phoques est extrêmement difficile à estimer, vu la difficulté d'obtenir des échantillons représentatifs de populations de phoques qui sont abondantes, mobiles et couvrent un grand territoire.

BACKGROUND

There is ongoing debate about the negative impacts of seal predation on fish populations of commercial and conservation interest (e.g., Atlantic salmon, *Salmo salar,* and Atlantic cod, *Gadus morhua*). One reason for this debate is the growth in seal populations in eastern Canadian waters over the past several decades and the concurrent declines or, in some cases, collapse of fish populations to the point where fishing has been stopped. Therefore, the Canadian Department of Fisheries and Oceans (DFO) hosted a 2-part international workshop to review the impacts of seals on Atlantic cod stocks in eastern Canadian waters. The first workshop focused on the nature and quality of available data, and identified 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 (Bowen et al. 2008). The second workshop reviewed these new analyses.

The second Seal Impacts Workshop was held in Halifax, Nova Scotia, from 24 to 28 November 2008. The meeting was attended by 33 invited participants from Canada, Norway, France and United States of America (Appendix 1). The Agenda appears in Appendix 2. The report was written by the organizing committee based on workshop presentations and notes of the rapporteurs.

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.

CONTEXTE

Le débat se poursuit au sujet des répercussions négatives de la prédation par les phoques sur les populations de poissons présentant des intérêts commerciaux ou ciblées par les mesures de conservation (par ex.: le saumon de l'Atlantique, *Salmo salar,* et la morue franche, *Gadus morhua*). L'une des raisons de cette controverse est la croissance des populations de phoques dans les eaux de l'est du Canada lors des dernières décennies et le déclin simultané ou dans certains cas, l'effondrement des populations de poissons au point d'entraîner l'interruption des activités de pêche. Le Ministère canadien des Pêches et Océans (MPO) a par conséquent organisé un atelier international en deux parties afin d'examiner les répercussions des phoques sur les stocks de morues franches dans les eaux de l'est du Canada. Le premier atelier s'est concentré sur la nature et la qualité des données disponibles et a permis d'identifier les analyses et les modélisations qui pourraient être menées avec les données existantes afin de s'atteler, de façon plus complète, au problème de la répercussion des phoques sur le rétablissement de la pêche commerciale (Bowen et al. 2008). Le second atelier a fait l'examen de ces nouvelles analyses.

Le second atelier sur les répercussions des phoques a eu lieu à Halifax (Nouvelle-Écosse) du 24 au 28 novembre 2008. Trente-trois écologistes et modélisateurs venant du Canada, de Norvège et de France ont été invités et ont participé à cette réunion (Annexe 1). Le programme est détaillé à l'annexe 2. Le compte rendu de l'atelier a été rédigé par le comité organisateur et s'appuie sur les présentations et les notes des rapporteurs.

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.

WELCOME AND RAPPORTEURS

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. Hammill and G. Stenson, and other members of the organizing committee – M. Koen-Alonso, D. Swain, and

MOT DE BIENVENUE ET RAPPORTEURS

D. Bowen a souhaité la bienvenue aux participants et présenté un aperçu des objectifs et des résultats attendus de l'atelier. Il a souligné la présence des coprésidents de l'atelier, M. Hammill et G. Stenson, et des autres membres du comité organisateur (M. Koen-Alonso, D. Swain et

K. Trzcinski. L. Worth-Bezanson arranged for the venue, and handled travel and accommodations for participants.

K. Trzcinski). L. Worth-Bezanson a pris les arrangements nécessaires à l'organisation du lieu de réunion ainsi qu'aux déplacements et à l'hébergement des participants.

PRESENTATIONS AND DISCUSSION

PRÉSENTATIONS ET DISCUSSION

Industry Perspective

Point de vue de l'industrie

D. Morrow, Nova Scotia Fish Packers Association, reported that fishers have been reporting observations of grey seals (*Halichoerus grypus*) feeding on codfish, spawning herring, moulting lobsters, and other species to DFO for many years. Fishers believe that grey seals are opportunistic predators and that their diet will vary according to time, place, and what is most abundant. Since last November's workshop, reports of increased numbers of grey seals along coastlines and islands in the southwest Nova Scotian region from fishers continue to be heard. Lobster fishers, especially, report seeing more grey seals in more places. It is the Industry view that groundfish stocks, like cod, can not rebuild in the face of a numerous and efficient predator, such as the grey seal.

D. Morrow (Nova Scotia Fish Packers Association) a rapporté que les pêcheurs ont, depuis des années, signalé au MPO des observations de phoques gris (*Halichoerus grypus*) chassant la morue, le hareng en fraie, les homards en mue et d'autres espèces. Selon les pêcheurs, les phoques gris sont des prédateurs opportunistes et leur régime alimentaire varie selon le temps, le lieu et l'abondance des proies. Depuis le premier atelier, qui a eu lieu au mois de novembre 2007, les pêcheurs ont régulièrement signalé avoir observé un nombre croissant de phoques gris le long du littoral et des îles du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Les pêcheurs de homards en particulier, déclarent voir plus de phoques gris, et ce, aux endroits habituellement fréquentés ainsi qu'à de nouveaux endroits. D'après l'industrie, le rétablissement des stocks de poissons de fonds (tels que la morue) ne pourra se concrétiser tant qu'un prédateur aussi abondant et efficace que le phoque gris sera présent.

Morrow noted that cod quotas in Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO) Division 4X have been held at low levels for the past 10 years under the assumption that reducing fishing mortality will allow the cod stock to rebuild. Fishers are incredulous that the same assumption has not been applied to mortalities resulting from grey seal predation. As grey seal numbers continue to increase in the entire 4X region, Industry grows more pessimistic about the possibility of a cod recovery and a future for the groundfish industry in this region.

Morrow a constaté que les quotas pour la morue dans la division 4X de l'Organisation des pêches du Nord-Ouest de l'Atlantique (OPANO) ont été maintenus à un bas niveau pendant les dix dernières années selon l'hypothèse que la réduction de la mortalité due à la pêche permettra aux stocks de morue d'augmenter. Les pêcheurs sont perplexes de ce que la même réflexion n'a pas été appliquée à la mortalité due à la prédation par les phoques gris. Plus le nombre de phoques gris continue de croître dans la région 4X, plus l'industrie devient pessimiste quant à la possibilité d'un rétablissement des stocks de morues et au futur de la pêche de fond dans la région.

Grey seals are also affecting the Industry indirectly through the transmission of the sealworm parasite (*Pseudoterranova decipiens*). Morrow noted that groundfish processors have been forced to stop processing haddock and other groundfish from Scotian Shelf areas, such as LaHave and Browns banks, as the grey seal population continues to expand. From an Industry

L'autre incidence qu'ont les phoques gris sur l'industrie est la transmission du ver du phoque (*Pseudoterranova decipiens*). Morrow a souligné que les transformateurs de poissons de fond ont été obligés d'arrêter de transformer l'aiglefin et d'autres poissons de fond de certaines régions du plateau néo-écossais, telles que les Bancs de LaHave et de Brown, à cause de l'augmentation

perspective, the possibility of even greater numbers of parasites in the fish adds to the pessimism regarding the Industry's survival, because there is a growing belief that sealworm parasites are either contributing directly, or indirectly, to the unexplained, high natural mortalities in the most infested groundfish stocks. A. Cunningham, Sea Star Seafoods, echoed the concern about damage to the Industry, noting that cusk and cod fillets are heavily infected with sealworms, and that infected fish are now found on Georges Bank, an area that previously had been free of parasites.

de la population de phoque gris. La prévision d'un nombre encore plus grand de parasites dans les poissons renforce le pessimisme de l'industrie quant à sa survie: une croyance grandissante veut que le ver du phoque contribue directement ou indirectement à la mortalité élevée et inexpliquée de la plupart des stocks de poissons de fond infestés. A. Cunningham de Sea Star Seafoods, s'est fait l'écho de cette préoccupation d'un préjudice possible pour l'industrie, en faisant remarquer que les filets de morue et de brosme sont fortement infestés par le ver du phoque et qu'on trouve maintenant des poissons infestés sur le Banc Georges, une région auparavant épargnée par les parasites.

Finally, fishers suspect that spawning success is being negatively affected as grey seals find it profitable to prey on spawning aggregations on shallow banks. Gill net fishers along Nova Scotia's eastern shore have observed the tendency of spawning herring to flee from shallow inshore spawning areas for deeper water when preyed upon by large numbers of grey seals. The impact on spawning success of these herring has not been assessed, but these fishers' observations have been recorded at recent herring science meetings. M. Russo, a Cape Cod fisher, reported that grey seal harassment changes the spawning behaviour of cod and other fish species resulting in reduced catches. He also related similar observations from other fishers in the northeastern United States. F. Hennessey, Prince Edward Island, and J. Spingle, Newfoundland, related similar accounts of the negative effect of seals on fish stocks.

Pour finir, les pêcheurs pensent que le succès reproducteur est négatif car il est rentable pour les phoques gris de chasser des concentrations de poissons en fraie dans les eaux peu profondes. Les pêcheurs utilisant des filets maillants le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse ont observé la tendance du hareng en fraie à fuir les régions de fraie côtières et peu profondes pour aller vers des eaux plus profondes lorsqu'il est chassé par de grands groupes de phoques gris. Les effets sur le succès de ponte du hareng n'ont pas été évalués mais les observations de ces pêcheurs ont été enregistrées lors de rencontres scientifiques récentes sur le hareng. M. Russo, un pêcheur de Cape Cod, a signalé que le comportement de fraie des morues et d'autres espèces de poissons est modifié par le harcèlement des phoques gris, ce qui se traduit par des captures moins nombreuses. Il a aussi fait part d'observations similaires par d'autres pêcheurs du nord-est des États-Unis. F. Hennessey de l'Île du Prince Edouard et J. Spingle de Terre-Neuve, ont aussi raconté des récits similaires sur l'effet négatif des phoques sur les stocks de poissons.

Discussion
Rapporteur: G. Stenson

There was wide ranging discussion of the points raised by Industry participants. Concerning grey seals observations in US waters, it was noted that the population has increased rapidly, no doubt fed by seals of Sable Island origin. Another question asked if grey seals feeding on spawning cod consume whole fish. There are observations by fishers of grey seals catching free swimming fish and eating only their bellies. This belly-biting is also seen of cod that were caught in gill nets. There appears to be a strong seasonality to the

Discussion
Rapporteur: G. Stenson

Une discussion approfondie a suivi les sujets soulevés par les acteurs de l'industrie. A propos des phoques gris observés dans les eaux américaines, il a été souligné que la population a augmenté très rapidement, vraisemblablement renforcée par des phoques originaires de l'île de Sable. Une autre question était de savoir si les phoques gris qui se nourrissent de morue en fraie consomment le poisson en entier. Des pêcheurs ont observé des phoques gris attraper des poissons et ne manger que leur abdomen. Des

presence of grey seals and their interactions with fish stocks, which seems influenced by water temperature and the presence of pelagic fishes. There was a question on temporal trends in the rate of sealworm infection in groundfish. There are time-series for American plaice from Newfoundland (early 1980-early 1990s), the Gulf of St. Lawrence (1980-2005), and the Scotian Shelf (1984-2000). The discussion then turned to the relationship between grey seal numbers and sealworm abundance in fishes. Although there is a positive relationship, the abundance of sealworm is also affected by water temperature and by the abundance of intermediate invertebrate and small fish hosts.

morsures ventrales sont aussi visibles sur les morues attrapées dans des filets maillants. Une forte saisonnalité semble influencer la présence des phoques gris et leurs interactions avec les stocks de poissons ; cette saisonnalité semblent influencée par la température de l'eau et par la présence de poissons pélagiques. Une question a été posée sur la tendance au cours du temps du taux d'infestation de poissons de fond par le ver du phoque. Des séries temporelles sont disponibles pour la plie canadienne à Terre-Neuve (du début des années 1980 au début des années 1990), dans le Golfe du Saint-Laurent (1980-2005) et sur le plateau néo-écossais (1984-2000). La discussion s'est ensuite portée sur la relation entre le nombre de phoques gris et l'abondance de vers de phoque dans les poissons. Bien qu'une relation positive existe, l'abondance de ver du phoque dépend aussi de la température de l'eau et de l'abondance d'invertébrés intermédiaires et de petits poissons hôtes.

Although an increase in grey seal abundance has been observed in southwest Nova Scotia and in American waters, grey seals are concentrating in increasing numbers off Cape Breton and the west coast of Newfoundland. Over the longer term there is documented historical distribution of grey seals back to the 1800s throughout Atlantic Canada. By the end of 1800s or early 1900s, reports from hunters indicate that seals had been reduced to very low levels. However, by the 1950s, low numbers of seals were observed along the eastern shore of Nova Scotia. In relation to those changes, it was suggested that it would be good to have a single document that describes the spatial changes in seal number in these different areas.

Malgré des observations plus fréquentes au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et dans les eaux américaines, c'est au large du Cap Breton et de la côte ouest de Terre-Neuve que les phoques gris se rassemblent en concentrations toujours plus importantes. La distribution historique des phoques gris dans l'Atlantique canadien est connue depuis les années 1800. Vers la fin du XIXème et au début du XXème siècle, les comptes rendus de chasseurs font mention d'une diminution du nombre de phoques à un niveau très bas. Dans les années 1950, de petits groupes de phoques sont observés le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse. Suite à ces observations, il fut décidé de tenir à jour un document unique recensant les changements de fréquentation de ces régions par les phoques.

The discussion then turned to the potential effects of seals on spawning behaviour and how one would determine that disruption of spawning behaviour had occurred. The experience of cod not coming back to traditional spawning areas and the disappearance of spawning concentrations with the appearance of seals were both cited as evidence. There are reports from the US that cod have gone to deeper areas (based upon declining fisheries in one area and increases in other areas), and although the impact on spawning success is not known, stock assessments indicate low recruitment and quotas have gone down. Reports that cod are using deeper habitats have also been reported in Canadian waters. Finally, it

Les conséquences potentielles du comportement des phoques sur les activités de fraie ont alors été soulevées afin de tenter de déterminer comment décider s'il y avait eu perturbation de la fraie. Deux preuves de changements suite à l'apparition des phoques ont été avancées: la désertion des régions traditionnelles de fraie par la morue et la disparition de concentrations de fraie. Des rapports américains attestent que la morue s'est déplacée vers des régions plus profondes (rapports fondés sur le déclin de la pêche dans certaines régions et sur son augmentation dans d'autres) et bien que les effets de ce déplacement sur le succès de ponte ne soient pas connus, les évaluations de stocks indiquent un recrutement

was noted that it will be difficult to design a scientific experiment to quantify the impact of seals disrupting spawning even if seals were known to disrupt spawning in some way.

bas et les quotas ont chuté. Le déplacement des morues vers les eaux plus profondes a aussi été signalé dans les eaux canadiennes. Enfin, il a été dit qu'il sera difficile de mettre au point un protocole d'expérimentation scientifique permettant de quantifier l'impact des phoques qui perturbent la fraie même s'il est reconnu que les phoques perturbent la fraie d'une manière ou d'une autre.

Parasites

Parasites

Effects of Seal-transmitted Parasites on Growth, Condition and Mortality of Cod

D.P. Swain, G. McClelland, and G.A. Chouinard

About 1,500 cod were collected from the southern Gulf of St. Lawrence (sGSL) in each of 2007 and 2008 in order to determine whether high levels of parasite infestation are associated with poor condition and slow growth in wild cod. Preliminary results were presented here for larval sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) and larval whaleworm (*Anisakis simplex*) based on the 2007 samples. As expected, parasite infection parameters increased with cod length, with prevalence in cod over 40 cm in length exceeding 80% for sealworm and 50% for whaleworm. Controlling for effects of sampling area and season, there was a weak but statistically significant positive relationship between parasite abundance and condition. This effect was evident in both small and large cod, even though parasite loads in small cod were generally light. This result likely reflects an effect of variation in foraging success on both condition and parasite abundance: cod with higher foraging success achieve better condition, but also ingest more parasites. This would suggest that any negative effect of these parasites on cod condition appears to be slight compared to the effect of variation in foraging rate or success.

Effets des parasites transmis par les phoques sur la croissance, la condition et la mortalité de la morue

D.P. Swain, G. McClelland et G.A. Chouinard

Environ 1 500 morues du sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) ont été ramassées lors de chacune des années 2007 et 2008 dans le but d'établir un lien entre de forts taux d'infestation par les parasites et la mauvaise condition de la morue sauvage, ainsi que sa croissance ralentie. Des résultats préliminaires basés sur les échantillons de 2007 ont été présentés pour le ver du phoque (*Pseudoterranova decipiens*) et le ver de la baleine (*Anisakis simplex*), tous deux à l'état larvaire. Comme on pouvait s'y attendre, les paramètres d'infection par les parasites augmentent avec la longueur de la morue, avec pour les morues de plus de 40 cm, une prévalence de 80% pour le ver du phoque et de 50% pour le ver de la baleine. Après prise en compte des biais dus à la zone de collecte et à la saison, une relation faible mais statistiquement significative entre l'abondance du parasite et la condition de la morue a pu être établie. Cet effet est clair à la fois pour les morues de petite et de grande taille même si les charges de parasites présentes dans les morues de petite taille étaient généralement faibles. Ce résultat reflète probablement l'effet de la variabilité du succès d'approvisionnement à la fois sur la condition et sur l'abondance de parasites: les morues dont le succès d'approvisionnement est le plus élevé sont en meilleure condition mais ingèrent aussi plus de parasites. Ceci signifie que quel que soit l'effet négatif de ces parasites sur la condition de la morue, il est minime comparé aux effets des variations dans le taux ou le succès d'approvisionnement.

The relationship between the last annual length increment and sealworm count was examined using length increments back-calculated from otoliths. There was a negative relationship

La relation entre le dernier incrément annuel de longueur et le décompte des vers du phoque a été examinée en étudiant les incréments de longueur recalculés à partir des otolithes. Une

between length increment and sealworm count over the range 0–10 worms. This relationship was statistically significant for older cod (ages 6+ years), but not for younger cod (ages 3-5 years). Further work is needed to examine whether this reflects a direct effect of parasite prevalence or abundance on growth, or an indirect effect of variation in how acquired energy is partitioned between growth in length versus condition.

Nematode infection parameters observed in the 2007 survey were compared with those reported in a 1980-1981 survey conducted from commercial vessels. Samples from both surveys were partitioned into an eastern group comprised of cod caught east of the Magdalen Islands and PEI, and a western group including cod sampled to the west and south of the Magdalen Islands. ANOVA revealed that prevalence and abundance of larval sealworm in both southeastern and southwestern Gulf cod were significantly greater ($P \leq 0.0001$) in 2007, and significant ($P \leq 0.0001$) increases in prevalence and abundance of larval whaleworm were also detected in southeastern Gulf cod. However, southwestern Gulf cod from the 2 surveys, did not differ in regard to prevalence ($P=0.72$), nor abundance (0.03) of *A. simplex* larvae. Analyses of infection parameters provided no evidence of nematode-induced cod mortality. Both nematode abundance and the mean worm count/variance ratio increased dramatically in cod ≥60 cm in length. Increases in the worm count/variance ratio reflect the lengthening of the tails of right-skewed frequency distributions of worm counts, rather the truncation of tails indicative of mortality of heavily infected hosts.

relation négative entre les incréments de longueur et le décompte de vers du phoque en est ressorti. Cette relation était statistiquement significative pour les morues âgées (6 ans et plus) mais pas pour les plus jeunes (3 à 5 ans). Des travaux supplémentaires devront être menés afin de déterminer si c'est le signe d'un effet direct de la prévalence ou de l'abondance du parasite sur la croissance, ou bien un effet indirect des variations au niveau de la répartition de l'énergie acquise entre la croissance en longueur et la condition.

Les paramètres d'infection par nématodes observés lors du relevé de 2007 ont été comparés à ceux obtenus lors d'une étude menée par les embarcations commerciales en 1980-1981. Les échantillons provenant de ces deux études ont été répartis en deux groupes: un groupe oriental comprenant les morues prises à l'est des îles de la Madeleine et de l'île du Prince Edouard et un groupe occidental comprenant les morues attrapées à l'ouest et au sud des îles de la Madeleine. Une analyse de variance (ANOVA) a montré que la prévalence et l'abondance de vers du phoque à l'état larvaire dans les morues du sud-est et du sud-ouest du golfe étaient significativement plus grandes en 2007 ($P \leq 0.0001$). Une augmentation significative de la prévalence et de l'abondance du ver de la baleine à l'état larvaire a aussi été détectée dans les morues du sud-est du golfe ($P \leq 0.0001$). Cependant, les morues du sud-ouest de golfe provenant des deux périodes n'étaient pas différentes en termes de prévalence ($P=0,72$) et d'abondance (0,03) de la larve *A. simplex.* L'analyse des paramètres d'infestation n'a pas permis d'établir la preuve de mortalités de morues dues au nématode. L'abondance de nématodes et la moyenne du rapport entre le décompte de vers et sa variance ont fortement augmenté chez les morues de taille supérieure à 60 cm. Cette augmentation reflète l'allongement des queues des distributions de fréquences de charges de vers (qui sont asymétriques vers la droite), plus que la troncation des queues qui elle indiquerait la mortalité des hôtes lourdement infestés.

Parasitic Nematodes (*Anisakinae*) as Indicators of Grey Seal Migration in Eastern Canada

G. McClelland

A total of 378 grey seals were sampled from Atlantic Canada between 1982 and 1987. These included 130 specimens from Anticosti Island in the northwestern Gulf of St. Lawrence, 42 from

Les nématodes parasites (anisakidés) comme indicateurs des migrations de phoques gris dans l'est du Canada

G. McClelland

Entre 1982 et 1987, 378 phoques gris du Canada atlantique ont été échantillonnés. Parmi ces phoques, 130 provenaient de l'île d'Anticosti dans la partie nord-ouest du golfe du Saint-Laurent, 42

the southeastern Gulf of St. Lawrence, 154 from the Atlantic coast of the eastern Nova Scotia mainland ("Eastern Shore"), and 52 from the lower Bay of Fundy near Grand Manan Island. All anisakine nematodes recovered from the stomachs of these seals were enumerated by species, stage (immature or adult), and sex (adults only). *Contracaecum osculatum* was most prevalent (P=99%) and abundant (A=764) in Gulf of St. Lawrence seals, and far less numerous in (non-breeding) seals from the Eastern Shore (P=85%, A=28) and lower Fundy (P=31, A=3.35). On the other hand, *Pseudoterranova decipiens* (sealworm), prevailed in non-breeding seals from Eastern Shore/lower Fundy (P=100%, A=622), while abundance fell to 223 in Anticosti Island seals. Sealworm was most numerous in (predominantly adult) seals from breeding areas in the southeastern Gulf (A=1055) and of the Eastern Shore (A=740), although abundance in southeastern Gulf seals fell to 741, when a yearling seal infected with 13,953 sealworm was excluded from the computation. While fairly prevalent (P=44%), a third phocid parasite, *Phocascaris* sp., occurred in relatively low numbers (A=2.13) in Gulf seals, and rarely occurred in the stomachs of Eastern Shore/Fundy seals (P<3%, A=0.14). As *Phocascaris* matures primarily in the upper intestine, which was not examined in the great majority of seals herein, the species was not included in subsequent analyses. A fourth nematode species, *Anisakis simplex*, a cetacean parasite which seldom matures in seals, was, nonetheless, frequently found in non-breeding seals from Anticosti Island (P=85%, A=48) and the Eastern Shore (P=94%, A=31). They were considerably less common in lower Fundy (P=58, A<3) and breeding seals from the southeastern Gulf (P=38%, A=4) and Eastern Shore (P=12%, A=<2).

Nine-way analyses of cross-correlation among adult females, adult males, and immature specimens of *C. osculatum*, *P. decipiens,* and *A. simplex* revealed that while correlations among *C. osculatum* and *P. decipiens* categories were highly significant ($p \leq 0.0001$), those involving *A. simplex* were not ($p >> 0.05$). Hence, counts of male, female, and immature *C. osculatum* and *P. decipiens* from all seals sampled were used as

du sud-est du golfe, 154 de la côte atlantique de la partie orientale de la Nouvelle-Écosse (Côte Est), et 52 de la baie de Fundy, près de l'île de Grand Manan. Tous les nématodes anisakidés récupérés dans les estomacs de ces phoques ont été dénombrés et rangés par espèce, par stade de maturation (immature ou adulte) et par sexe (pour les adultes seulement). Le *Contracaecum osculatum* était le plus prévalent (P=99%) et le plus abondant (A=764) dans les phoques du golfe du Saint-Laurent et beaucoup moins nombreux au sein des phoques (hors période de reproduction) à la fois de la Côte Est (P=85%, A=28) et de la baie de Fundy (P=31, A=3,35). Le *Pseudoterranova decipiens*, lui, prédominait chez les phoques non reproducteurs provenant de la Côte Est et de la baie de Fundy (P=100%, A=622), alors que son abondance tombait à 223 pour les phoques de l'île d'Anticosti. Le ver du phoque était plus nombreux (A=1055) au sein des phoques (majoritairement des adultes) provenant des régions de reproduction du sud-est du golfe et de la Côte Est (A=740) alors que l'abondance dans le sud-est du golfe était seulement de 741, une fois qu'un jeune phoque d'un an infesté de 13 953 vers a été exclu du calcul. Un troisième parasite de phoques, *Phocascaris* sp., bien que prévalent (P=44%), n'a été retrouvé qu'en petit nombre dans les phoques du golfe (A=2,13) et très rarement dans les estomacs des phoques de la Côte Est et de la baie de Fundy (P<3%, A=0,14). Le *Phocascaris* arrivant à maturité essentiellement au niveau de l'intestin grêle et ce dernier n'ayant pas été examiné pour la majorité des phoques de l'étude, il n'a pas été inclus dans les analyses qui ont suivi. Une quatrième espèce de nématode, *Anisakis simplex,* principalement retrouvée chez les cétacés et rarement mature chez les phoques, a néanmoins fréquemment été recensée chez les phoques non reproducteurs de l'île d'Anticosti (P=85%, A=48) et de la Côte Est (P=94%, A=31), mais beaucoup moins fréquemment chez ceux de la baie de Fundy (P=58, A<3) ou chez les phoques reproducteurs du sud-est du golfe (P=38%, A=4) et de la Côte Est (P=12%, A=<2).

Les analyses à neuf voies de corrélation croisée entre les adultes mâles et femelles ainsi que les spécimens immatures de *C. osculatum*, *P. decipiens* et *A. simplex* montrent que, bien que les corrélations entre les catégories *C. osculatum* et *P. decipiens* soient fortement significatives ($p \leq 0{,}0001$), celles qui impliquent *A. simplex* ne le sont pas ($p >> 0{,}05$). Les décomptes des *C. osculatum* et *P. decipiens* mâles, femelles et

independent variables in a multivariate analysis (MANOVA) in which influences of various factors (time of year and the sex age and geographical origin of the host) on nematode abundance were examined through contrasts of partitioned data. Although sex ratios of adult nematodes varied dramatically from seal to seal, MANOVA revealed that overall sex ratios for *C. osculatum* and *P. decipiens* did not differ significantly from 1:1. MANOVA also indicated that abundances of the 2 nematode species were not influenced by host sex. Contrasts of nematode counts in juvenile and adult seals, collected from Anticosti Island over a 3 week period in mid-summer, showed that relationship of nematode abundance to host age was positive and highly significant ($p \leq 0.00001$) for both anisakine species. Host age, on the other hand, influenced abundances of immature nematodes alone in non-breeding Eastern Shore seals ($p \leq .001$), but, as the latter were sampled from April to November nematode abundances they were prone to seasonal effects ($p \leq 0.00001$), which in turn reflected interaction (negative correlation) ($p \leq 0.00001$) between immature *C. osculatum* and *P. decipiens.* Contrast of breeding (Camp Island) and non-breeding adult seals from the Eastern Shore indicated significant seasonal impact ($p \leq 0.00001$) on abundances of mature nematodes, associated with significant ($p \leq 0.00001$) interactions between the 2 nematode species and between adult and immature *P. decipiens.* Finally, contrast of Anticosti with non-breeding Eastern Shore seals revealed that influence of geographical origin was consistently of great significance ($p \leq 0.00001$) for juvenile and adult seals and immature and mature nematodes, again reflecting strong interaction ($p \leq 0.00001$) between nematode species. Fundy seals, however, did not differ significantly from Eastern Shore seals in most respects.

immatures obtenus à partir de tous les phoques échantillonnés ont donc été utilisés comme variables indépendantes au sein d'une analyse multivariée (MANOVA), dans laquelle les influences de plusieurs facteurs (période de l'année, sexe, âge et origine géographique de l'hôte) sur l'abondance de nématodes ont été examinées en testant les contrastes entre les différents groupes de données. Bien que les sex-ratios des nématodes adultes varient considérablement d'un phoque à l'autre, la MANOVA a révélé que, en général, les sex-ratios de *C. osculatum* et *P. decipiens* n'étaient pas significativement différents de 1 pour 1. La MANOVA a également montré que l'abondance des deux espèces de nématodes n'était pas influencée par le sexe de l'hôte. Les contrastes entre les comptes de nématodes présents dans les phoques adultes et juvéniles, échantillonnés sur l'île d'Anticosti sur une période de trois semaines au milieu de l'été, ont montré l'existence d'une relation positive et fortement significative ($p \leq 0{,}00001$) entre l'abondance des nématodes et l'âge des hôtes, et cela pour les deux espèces d'anisakidés. Par contre, l'âge de l'hôte avait seulement une influence sur l'abondance de nématodes immatures chez les phoques de la Côte Est hors la période de reproduction ($p \leq 0{,}001$). Mais comme ces derniers ont été échantillonnés d'avril à novembre, l'abondance de nématodes étaient sujettes à d'importantes variations saisonnières ($p \leq 0{,}00001$), qui à leur tour reflétaient une corrélation négative ($p \leq 0{,}00001$) entre les *C. osculatum* et *P. decipiens* immatures. Les analyses de contrastes entre les phoques en période de reproduction (Camp Island) et hors reproduction (Côte Est) mettent en valeur des impacts saisonniers significatifs ($p \leq 0{,}00001$) sur l'abondance des nématodes matures, associés à des interactions significatives ($p \leq 0{,}00001$) entre les deux espèces de nématodes et entre les *P. decipiens* adultes et immatures. Enfin, la comparaison des spécimens d'Anticosti avec les individus hors reproduction de la Côte Est montre que l'influence de l'origine géographique était systématiquement fortement significative ($p \leq 0{,}00001$) pour les phoques adultes et juvéniles et pour les nématodes matures et immatures, reflétant une fois de plus une forte interaction ($p \leq 0{,}00001$) entre les espèces de nématodes. Les phoques de la baie de Fundy, quant à eux, ne différaient pas de manière significative des phoques de la Côte Est sur la plupart des points étudiés.

The usefulness of parasitic anisakine nematodes as indicators of host migration was assessed by discriminant function analyses (DFA) using Anticosti Island ("Gulf") (n=130) and pooled, non-breeding seals from the Eastern Shore and lower Bay of Fundy ("Atlantic") (n=187) as training groups, and the same dependant variables employed in MANOVA above. Immature *C. osculatum* proved to be the most effective variable for discriminating between Anticosti and Eastern Shore/Fundy seals (Lubishews K=6.811), while ANOVA indicated the linear discriminant function (LDF) was highly significant ($p \leq 0.0001$) and explained 78% of the variance. Cross-validation revealed that the efficiency of classification was 94.01% using the LDF, and that efficiency was only marginally improved with use of the more statistically complex quadratic discriminant function (QDF) (94.64%) or QDF with host age as a co-variate (94.32%). Classification according to the LDF indicated that, of 42 seals sampled from breeding areas in the southeastern Gulf of St. Lawrence, 26 (62%) were of Gulf, and 16 (38%) of Atlantic origin. Of 17 sampled from the Camp Island breeding colony on the Eastern Shore, 13 (76%) were classified as Atlantic seals and 4 (24%) as Gulf seals.

L'utilité des parasites nématodes anisakidés comme indicateurs des migrations de leurs hôtes a été évaluée par des analyses discriminantes. L'île d'Anticosti (le groupe « golfe », n=130) et les phoques hors-reproduction de la Côte Est et de la basse baie de Fundy regroupés (le groupe « Atlantic », n=187) ont été utilisés comme groupes d'apprentissage. Les variables dépendantes étaient les mêmes que celles de la MANOVA mentionnée ci-dessus. L'abondance de *C. osculatum* immatures s'est avérée la variable la plus efficace pour séparer les phoques d'Anticosti et ceux du groupe Côte Est / Fundy (K de Lubishews = 6,811), et l'ANOVA a indiqué que la fonction discriminante linéaire (FDL) était hautement significative ($p \leq 0,0001$) et expliquait 78% de la variance. La validation subséquente a montré que l'efficacité de reclassification de la FDL était de 94,01%, et que l'utilisation d'une fonction discriminante quadratique (FDQ), plus complexe statistiquement, n'apportait qu'une amélioration marginale (94,64%), tout comme une FDQ avec l'âge de l'hôte comme co-variable (94,32%). La classification effectuée par la FDL indique que, des 42 phoques échantillonnés dans les aires de reproduction du sud-est du golfe du Saint-Laurent, 26 (62%) provenaient du golfe et 16 (38%) venaient de l'Atlantique. Des 17 individus de la colonie de reproduction de Camp Island, 13 (76%) ont été classés comme des phoques de l'Atlantique et 4 (24%) comme venant du golfe.

The results of this study demonstrate a relatively inexpensive method of studying short-term migratory activities of seals. This approach could be applied to both new and archival parasite data and ultimately lead to less aggressive methods involving identification and counting of nematode eggs in fecal samples. This study also points out the possible impacts of seal migration on interpretation of data. Apparent seasonal variations in nematode abundance or competitive exclusions (of one nematode species by another), for example, may largely be artifacts of the distributions of misclassified (migrant) seals in a data set.

Les résultats de cette étude montrent qu'il existe une méthode relativement peu coûteuse permettant d'étudier les activités migratoires à court-terme des phoques. Cette approche pourrait être appliquée aux nouvelles et aux anciennes données sur les parasites et au final mener à l'utilisation de méthodes moins agressives impliquant l'identification et le comptage des oeufs de nématodes dans les échantillons fécaux. Cette étude montre aussi les répercussions possibles des migrations des phoques sur l'interprétation des données. Des variations saisonnières apparentes, par exemple de l'abondance ou de l'exclusion concurrentielle (d'une espèce par une autre) des nématodes, pourraient facilement être des artéfacts de la distribution de phoques mal classés dans un jeu de données.

Discussion
Rapporteur: M. Hammill

The discussion centered on the interpretation of the new analyses, namely could one conclude that sealworm parasite loads were not killing significant numbers of cod. Based on available data, the conclusion is that in fact sealworm parasite loads in southern Gulf cod do not seem to be the most important factor affecting condition of cod. It was noted that the sealworm levels in cod from the Scotian shelf did not appear to be significantly higher than for fish at the same size in the southern Gulf. The implication being that, in the latter area, there is some evidence of worm-induced mortality. Nevertheless, the point was made that from the fishing industry point of view, the current high levels of sealworm in commercial species are a significant financial burden that could endanger the sustainability of the Industry.

Mortality and Abundance of Fish: Updates

Mortality and Abundance of Marine Fishes in the Southern Gulf of St. Lawrence
D.P. Swain, H.P. Benoît, G.A. Chouinard, T. Hurlbut, and R. Morin

The abundance and biomass of adult cod in the southern Gulf of St. Lawrence declined in the 1960s and early 1970s due to overfishing. The stock recovered rapidly in the late 1970s and early 1980s despite continued fishing. The stock then rapidly collapsed in the late 1980s and early 1990s, and the fishery was closed in 1993. The stock has remained at a low level since then despite severely limited fishing. Although stable in the 1990s, the stock has declined further since the early 2000s. At its current level of productivity, the population does not appear to be viable and spawner biomass is predicted to decline to a level near 0 over the next 40 years even with no fishing. The main reason for the current low productivity of this stock is elevated natural mortality (M) of adult cod. The increase in M appears to have begun in the 1980s. M is estimated to have been about twice the normal level in the mid-1990s, and appears to have increased to even higher levels in recent years. In contrast to adult mortality, juvenile mortality does not appear to be unusually high (based on estimated rates of recruitment to age 3 years).

Discussion
Rapporteur: M. Hammill

La discussion s'est concentrée sur l'interprétation des nouvelles analyses, à savoir qu'on a pu conclure que les charges de vers de phoque ne tuaient pas un nombre significatif de morues. La conclusion, selon les données disponibles, est qu'en réalité, le ver de phoque ne semble pas être le facteur le plus important en ce qui concerne la condition des morues. Il a été souligné que la quantité de vers de phoque présents dans la morue du plateau néo-écossais n'est pas significativement plus élevée que pour des poissons de la même taille dans le sud du golfe. Ceci est à noter car dans cette dernière région, les preuves de la mortalité causée par des vers sont connues. Néanmoins, il est clair que du point de vue de l'industrie, les quantités actuelles élevées de vers du phoque dans les espèces commerciales représentent un fardeau financier important, fardeau qui pourrait remettre en question la viabilité de l'industrie.

Mortalité et abondance des poissons: mises à jour

Mortalité et abondance de poissons de mer dans le sud du Golfe du Saint-Laurent.
D.P. Swain, H.P. Benoît, G.A. Chouinard, T. Hurlbut, and R. Morin

La surexploitation des stocks de poissons a mené dans les années 1960 et au début des années 1970 au déclin de l'abondance et de la biomasse des morues adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les stocks se sont rapidement rétablis à la fin des années 1970 et au début des années 1980 malgré la poursuite de la pêche. Ils se sont ensuite rapidement effondrés à la fin des années 1980 et au début des années 1990 jusqu'à l'arrêt de la pêche en 1993. Depuis, ils se sont maintenus à un bas niveau, malgré le contrôle drastique de la pêche. Après être restés stables dans les années 1990, les stocks ont connu un nouvel effondrement au début des années 2000. Au vu du niveau actuel de productivité, il semble que la population ne soit pas viable; la biomasse reproductrice devrait décliner jusqu'à atteindre le niveau zéro d'ici les 40 prochaines années, même sans pêche. La principale raison de la faible productivité actuelle est la mortalité naturelle (M) élevée de la morue adulte. L'augmentation de la mortalité naturelle a commencé dans les années 1980. On estime qu'elle a atteint deux fois le taux normal au milieu des années 1990 et elle semble

avoir encore augmenté ces dernières années. Contrairement à la mortalité des adultes, la mortalité des juvéniles ne semble pas particulièrement élevée (selon l'estimation des taux de recrutement à l'âge de 3 ans).

The abundance of adult white hake in the sGSL also declined sharply in the late 1980s and early 1990s. The fishery for white hake was closed in 1995, but adult abundance remains low and may be continuing to decline. M of adult hake appears to be very high. Estimates of total and fishing mortality indicate that M was over 0.5 in the mid-1990s (more than twice the level considered normal for hake), and has increased to even higher levels (well over 1) since then. Very few hake now live beyond an age of 5 years. Since the mid-1990s, the recruitment rate of hake has been much higher than the levels observed in the 1980s, suggesting that mortality at early life-history stages has declined sharply.

L'abondance de merluches blanches adultes dans le sGSL a baissé abruptement à la fin des années 1980-début des années 1990. La pêche à la merluche a été arrêtée en 1995 mais l'abondance des adultes reste très faible et pourrait continuer à décroître. La mortalité naturelle des merluches adultes est très élevée. Des estimations de la mortalité totale ainsi que de la mortalité due à la pêche indiquent que la mortalité naturelle était au-dessus de 0,5 au milieu des années 1990 (plus de deux fois le niveau considéré normal pour la merluche) et a augmenté à de plus hauts niveaux depuis (bien supérieur à 1). Très peu de merluches survivent aujourd'hui au-delà de 5 ans. Depuis le milieu des années 1990, le taux de recrutement de la merluche est plus élevé que les niveaux observés dans les années 1980: ceci laisse à penser que la mortalité aux premiers stades de la vie a décliné rapidement.

The biomass of American plaice, the dominant flatfish in the sGSL, has been declining since 1980. Population modeling indicates that M of plaice (ages 4 years and older) for the 1993-2007 period is 0.55 or higher.

La biomasse de la plie canadienne, poisson plat le plus abondant du sGSL, est en déclin depuis 1980. Des modèles de population indiquent que la mortalité naturelle de la plie (de 4 ans et plus) est de 0,55 ou plus pour la période comprise entre 1993 et 2007.

Adult abundance has declined over the past 30 years for all 3 skate species occurring in the sGSL, with particularly severe declines for thorny and winter skates. Population modeling suggests that juvenile mortality has declined and adult mortality has increased for all 3 species. For winter skate (the only species for which this has been examined to date), these trends reflect changes in natural mortality.

L'abondance des adultes des trois espèces de raies se trouvant dans le sGSL a décliné ces 30 dernières années; le déclin est particulièrement important pour la raie épineuse et pour la raie tachetée. Des modèles de population suggèrent que la mortalité juvénile a décru, mais que la mortalité des adultes a augmenté pour les trois espèces. Pour la raie tachetée (la seule de ces espèces pour laquelle l'étude a été faite), ces tendances s'expliquent par des changements de la mortalité naturelle.

These patterns are evident throughout the entire marine fish community in the sGSL. Large-bodied species have generally declined to low levels of abundance in the 1990s. In contrast, small-bodied species generally increased to high levels of abundance in the 1990s. 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

Ces tendances sont évidentes pour la communauté des poissons marins du sGSL. Les effectifs des poissons de grande taille ont généralement décliné dans les années 1990. Par contre, ceux des poissons de petite taille ont généralement augmenté pendant ces mêmes années. Les changements de tailles au sein de la communauté des poissons marins du sGSL, dus aux changements dans la composition des espèces combinés à ceux de la distribution par taille au sein des espèces peuvent être résumés

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 suggest that mortality has decreased for small fish and increased for large fish.

A hypothesis was again 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 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).

en étudiant les spectres de biomasse. Les spectres de biomasse annuels pour la période allant de 1971 à 2005 indiquent l'augmentation drastique de la biomasse des poissons de petite taille et le déclin de celle des poissons de grande taille. Ces changements en termes d'espèce et de taille au sein des communautés de poissons marins suggèrent un déclin de la mortalité des poissons de petite taille et une augmentation de celle des poissons de grande taille.

Une hypothèse a été proposée pour expliquer les tendances opposées concernant la mortalité des poissons de petite et de grande taille dans le sGSL: 1) les poissons de grande taille sont les prédateurs de poissons de petite taille, alors que les phoques gris chassent à la fois les poissons de petite et de grande taille; 2) la consommation d'autrefois des poissons de grande taille dans le sGSL était nettement plus élevée que la consommation actuelle par les phoques gris (la consommation par des morues de grande taille au milieu des années 1980 dans le sGSL était estimée à 8 t/km^2/an, alors que celle des phoques gris dans le sGSL au milieu des années 1990 était de 1 t/km^2/an); 3) la biomasse s'est effondrée pour les poissons démersaux de grande taille et a augmenté pour les phoques gris; et 4) ceci s'est traduit par une nette diminution de la consommation de poissons de petite taille (par les poissons de grande taille et par les phoques) et une augmentation de la consommation de poissons de grande taille (par les phoques).

Mortality and Abundance of Marine Fishes in Newfoundland Waters
J. Brattey

Information on the abundance and mortality rates of the northern (2J+3KL) cod stock was updated, based mainly on data presented at the most recent assessment of this stock (March 2008). Since the mid-1990s, information has been presented separately for inshore and offshore components of the stock. There are currently no population models for the entire stock; status in the offshore is monitored in relative terms using data from the fall (2J+3KL) and the spring (3L) offshore trawl surveys. For the inshore, sentinel catch rate indices and a beach seine survey of pre-recruits are used. Offshore surveys have indicated an increasing trend in offshore abundance and biomass since about 2003; the increases seem to be mainly due to the continued growth and improved survival of the 2002 cohort and the appearance offshore after 2005 of the

Mortalité et abondance des poissons marins dans les eaux de Terre-Neuve
J. Brattey

Les informations traitant des taux d'abondance et de mortalité des stocks de morue (2J+3KL) ont été mises à jour en se basant principalement sur les estimations les plus récentes de ce stock (mars 2008). Depuis le milieu des années 1990, les chiffres pour les composantes côtière et (hauturière) ont été présentés séparément. Aucun modèle de population pour l'ensemble du stock n'est actuellement disponible; la surveillance de la situation au large est fournie par des relevés au chalut à l'automne (2J+3KL) et au printemps (3L). Pour la composante côtière, on utilise des indices de capture de pêche sentinelle ainsi que la pêche à la senne de pré-recrues. Les relevés hauturiers montrent une tendance à la hausse de l'abondance et de la biomasse depuis environ 2003. Ces augmentations semblent provenir principalement d'une croissance continue ainsi

2001 and 2002 year-classes. These surveys had indicated a high rate of total mortality (Z) in the offshore for several years with few cod surviving beyond age 6; however, recent evidence suggests some improvement in this pattern during 2003-2007. For the inshore, catch rate data from inshore fixed gear sentinel surveys show an increasing trend since 2003 in the inshore central area following closure of an inshore fishery; the increase has continued even though a directed inshore commercial fishery and recreational fishery was reopened in 2006 and continued to the present (2008). Analysis of tagging data has been used to determine the rate of natural mortality (M) inshore and this work suggested that M was high (M=0.65) in 3K, but lower in 3L (0.3). New information (2006/07) from telemetry of adult cod over-wintering in Smith Sound, Trinity Bay (3L), indicated that overall survival was high (minimum 80%). Half of the total mortality was due to fishing, indicating that the rate of natural mortality was at most 10% per year. Winter tagging offshore in 3K during March 2008 indicated that some offshore cod were migrating inshore and were being captured in the inshore fisheries widely throughout 3KL in summer 2008; this new finding indicates that a portion of the total mortality rate of offshore cod is due to fishing when they migrate inshore during summer. No major incidents of belly-biting of cod by seals were reported in recent winters. The reasons for the high level of total mortality throughout the 1990s and early 2000s in the offshore of 2J+3KL and in the inshore of 3K during the early 2000s also remain enigmatic. In adjacent cod stocks (3Ps and 3NO) there continues to be no indication of elevated levels of natural mortality in recent years.

que d'un meilleur taux de survie de la cohorte de 2002 et de l'apparition au large après 2005 des classes des années 2001 et 2002. Ces relevés ont mis à jour un fort taux de mortalité totale (Z) au large depuis plusieurs années, peu de morues survivant au-delà de 6 ans; cela dit, des données récentes montrent une amélioration de cette tendance pour la période 2003-2007. Suite à la fermeture d'une société de pêche côtière, les données sur les taux de captures fournies par les engins fixes de la pêche sentinelle, montrent, depuis 2003, une tendance à la hausse dans la région côtière centrale; cette augmentation a continué malgré la réouverture en 2006 d'une société de pêche côtière commerciale et de pêche récréative, et perdure jusqu'à aujourd'hui (2008). Des données d'étiquetage ont été analysées pour déterminer le taux de mortalité naturelle (M) près des côtes. Les résultats ont montré que la mortalité naturelle est élevée (M=0,65) dans la division 3K mais plus basse en 3L (0,3). De nouvelles informations (2006-2007) obtenues à partir de la télémétrie de morues adultes en hivernage dans le détroit de Smith, Baie Trinité (3L) ont indiqué que dans l'ensemble, la survie était élevée (minimum 80%). La pêche était responsable de la moitié de la mortalité totale, ce qui signifie que le taux de mortalité naturelle était tout au plus de 10% par an. Le marquage hivernal au large, en mars 2008 dans la zone 3K, a indiqué que des morues du large migraient vers les côtes et étaient capturées lors de la pêche côtière sur toute l'étendue de 3L pendant l'été 2008; cette nouvelle découverte indique qu'une partie du taux de mortalité totale des morues du large est due à la pêche une fois qu'elles ont migré vers les côtes pendant l'été. Aucun incident majeur de morsure ventrale de morues par les phoques n'a été rapporté lors des derniers hivers. Les raisons du fort taux de mortalité totale pendant les années 1990 et le début des années 2000 dans la population du large (2J+3KL) et dans la zone côtière de 3K restent aussi une énigme. Dans les stocks de morue adjacents (3Ps et 3NO), il n'y a toujours aucun signe de mortalité naturelle élevée ces dernières années.

Elements of Fish Abundance, Distribution, and Mortality on the Scotian Shelf
R. Mohn

A review was presented from the research survey series of probable grey seal prey on Scotian Shelf cod, pollock, redfish, and herring. Their distribution and abundance trends were

Aspects de l'abondance, de la distribution et de la mortalité du poisson sur le plateau néo-écossais
R. Mohn

La série de relevés de recherche sur les proies probables du phoque gris (morue, goberge, sébaste et hareng) sur le plateau néo-écossais a été passée en revue. Voici un résumé des

summarized. In 4VsW, there was a high abundance of herring and, recently, redfish compared to earlier years. Larger, adult cod and pollock biomass was depressed. In 4X, again herring and redfish were abundant and cod were relatively rare. As well, trends in total mortality for 4X and 4VsW were investigated. The total mortality (Z) for 4X cod showed a recent increase from the mid-1990s to present. The older fish showed a slight upward trend since the mid-1970s. Area 4VsW cod received the most emphasis. Changes in size-at-age, condition factor, and age-at-maturity were analysed. Condition, which fell in the 1980s, has recovered to the long-term average recently. The age of maturity has fallen without recovery over the 30 years of available data. Survey Z's showed no decrease when the fishery was closed in 1993 and for cod 4-7 have been about 0.8 since the early 1990s. A random walk model for 4VsW cod showed the natural mortality rising from 0.2 in 1970 to a peak of about 0.7 in 2000 and falling back to 0.55 in the terminal year, 2007.

tendances de la distribution et de l'abondance. Dans la zone 4VsW, on observe une forte abondance du hareng, ainsi que, récemment, une forte abondance du sébaste, comparé aux années précédentes. Les morues adultes de grande taille et la biomasse de la goberge sont en déclin. En 4X, le hareng et le sébaste sont encore abondants mais la morue est assez rare. De plus, on a étudié la tendance de la mortalité totale pour 4X et 4VsW. La mortalité totale (Z) de la morue en 4X est en augmentation, depuis le milieu des années 1990 jusqu'à aujourd'hui. Les poissons les plus âgés montrent une légère tendance à la hausse depuis le milieu des années 1970. L'étude s'est concentrée sur la morue en 4VsW. Les changements de la taille selon l'âge, des facteurs de condition, et de l'âge à maturité ont été analysés. La condition, qui s'est détériorée dans les années 1980, est récemment remontée à la moyenne à long terme. Sur les trente années de données disponibles, l'âge de la maturité est tombé, sans être encore remonté. Les relevés détaillant la mortalité totale n'ont pas montré de baisse lors de la fermeture de la pêche en 1993; pour la morue âgée de 4 à 7 ans, la mortalité totale tourne autour de 0,8 depuis le début des années 1990. Un modèle de cheminement aléatoire a permis l'étude de la mortalité naturelle de la morue en 4VsW; celle-ci a augmenté de 0,2 en 1970 à environ 0,7 en 2000 pour retomber à 0,55 lors de la dernière année d'étude en 2007.

Discussion
Rapporteur: K. Trzcinski

There was relatively little discussion of the presentations which updated trends in mortality and abundance of fish in eastern Canadian waters. There was a question concerning so-called belly-biting by seals of large cod. Previous incidents in Newfoundland, particularly those during the period 1998-2000, were described at the first workshop in 2007. No major incidents have been reported more recently. Based on recent trends, it appears that northern cod stock is increasing as a result of a substantial reduction in Z, but natural mortality (M) is still higher in 3K. There was a question about trends in cod mortality in 3Ps. It was stated that there is no indication of higher M in this stock and estimates of M seem to be around 0.2. There was a question as to the cause of the high M in the northern part of the northern cod stock. However, currently, there are no hypotheses for this observation. Finally, there was a question about whether the exclusion of harp seals from Smith

Discussion
Rapporteur: K. Trzcinski

Peu de discussions sont ressorties des présentations de mises à jour des tendances de la mortalité et de l'abondance du poisson dans les eaux de l'est du Canada. Une question a été posée sur les morsures ventrales de phoques sur les morues de grande taille. Lors de l'atelier de 2007, des incidents antérieurs avaient été décrits pour Terre-Neuve, sur la période 1998-2000. Aucun incident majeur n'a été rapporté récemment. Selon les tendances récentes, il semble que les stocks de morues du nord augmentent. Ceci est le fruit d'une réduction considérable de la mortalité totale; cependant, la mortalité naturelle (M) est toujours élevée en 3K. La question de la mortalité de la morue en 3Ps a été soulevée. Il a été spécifié que rien n'indique une hausse de la mortalité naturelle de ce stock pour lequel les estimations semblent tourner autour de 0,2. Un participant a posé une question sur les raisons de la mortalité naturelle élevée dans la partie nord du stock de morues du Nord. Il

Sound, an important over-wintering area for large cod, might be a cause for the increase numbers and survival of cod? There has been no exclusion of harp seals from this area, so factors other than seals must be largely responsible for the improvement.

n'y a actuellement aucune hypothèse permettant d'expliquer ces observations. Pour finir, une dernière question: l'exclusion de phoques du Groenland du détroit de Smith, importante région d'hivernage pour les morues de grande taille, peut-elle être la cause de l'augmentation des chiffres et de la survie de la morue? Des facteurs autres que les phoques doivent être en grande partie responsables de ces améliorations, car aucun phoque du Groenland n'a été exclu de cette zone.

Mortality Patterns in Fish

Patrons de mortalité des poissons

Spatial Overlap between Grey Seals and Cod in the Cabot Strait Area in Winter
V. Harvey, G. Breed, M.O. Hammill, and D. Swain

Chevauchement spatial entre les phoques gris et la morue dans le détroit de Cabot en hiver
V. Harvey, G. Breed, M.O. Hammill et D. Swain

It has been demonstrated that animals perform more circular movements and increased time spent in areas where they forage. Identifying these areas of intensively restricted search (ARS) and correlating them with abundance of resources may allow a better understanding of predator-prey relationships. In this study, satellite telemetry data from grey seals collected between 1993 and 2005 and data on winter abundance of cod (January 1994-1997) in NAFO zone 4Vn were examined to determine if these 2 species overlap in this area. The objectives of this study were to determine if seals demonstrated evidence of area restricted searches (ARS), which could be indicative of foraging, whether this behaviour was associated with the distribution of cod, and to determine how much time seals spent in 4Vn.

Des études ont montré que les animaux ont tendance à effectuer des mouvements plus circulaires et à augmenter le temps passé sur les zones dans lesquelles ils s'approvisionnent. Identifier ces aires de recherche restreinte intense (ARR) et les corréler avec l'abondance des ressources pourrait permettre une meilleure compréhension des relations proie-prédateur. Pour cette étude, des données de télémétrie satellite sur les phoques gris, rassemblées entre 1993 et 2005 et des données sur l'abondance de la morue en hiver (janvier 1994-1997) dans la zone 4Vn de l'OPANO ont été examinées afin de voir si ces deux espèces se chevauchent dans cette région. Les objectifs de cette étude étaient a) de déterminer si les phoques utilisaient des aires de recherche restreintes, ce qui pourrait être l'indice d'un comportement d'approvisionnement; b) de voir si ce comportement était associé avec la distribution de morue et c) de déterminer combien de temps les phoques passaient en 4Vn.

A total of 118 seals were followed between December and April, for a total of 105 occurrences of seals observed within this area. Seals stayed within this area for a mean duration of 10.9 ± 1.4 d. ARS was detected in 38 out of 50 tracks investigated with first passage time analyses at a mean scale of 17 km. Seals within these searching areas were concentrated around St. Paul's Island (n=9) in the north and in the southern part of the 4Vn area (n=29) for 10.6 ± 1.2 d. Logistic regressions examined if sex, age class, capture site, and cod abundance were significant factors in affecting the probability of the occurrence of an ARS. Results indicated that, around St. Paul's Island, seals were more likely to use habitats where the abundance of cod of 25-

Cent dix-huit phoques ont été suivis entre décembre et avril, soit un total de 105 observations de phoques dans cette zone. Les phoques sont restés dans la zone pendant une durée moyenne de 10,9 ± 1,4 j. Des aires de recherches restreintes ont été détectées pour 38 des trajectoires observées (sur 50); leur échelle moyenne, obtenue grâce à des analyses du temps de premier passage, était de 17 km. Les phoques de ces ARR étaient concentrés autour de l'île Saint-Paul au nord (n=9) et dans la partie sud de la zone 4Vn (n=29) pour 10,6 ± 1,2 j. Des régressions logistiques ont été utilisées pour déterminer si le sexe, la classe d'âge, le site de capture et l'abondance de morue étaient des facteurs significatifs affectant la probabilité

35 cm was high. However, cod abundance was not a significant factor affecting the distribution of ARS in the southern part of the study area. Further investigations including more prey species are needed to better understand the patterns of habitat selection by grey seals within this study area.

d'occurence d'une ARR. Les résultats ont indiqué que, autour de l'île Saint-Paul, les phoques avaient tendance à fréquenter des habitats avec forte concentration de morues de 25 à 35 cm de long. Cependant, l'abondance de morues n'était pas un facteur significatif influent sur la distribution d'ARR dans la partie sud de la zone d'étude. Afin de mieux comprendre la sélection de l'habitat par les phoques gris dans cette zone d'étude, il sera nécessaire de mener des recherches supplémentaires incluant plus d'espèces de proies.

Hypotheses for the Elevated Natural Mortality of Southern Gulf of St. Lawrence Cod: A Review of the Evidence

D.P. Swain, H.P. Benoît, G.A. Chouinard, and L. Savoie

Natural mortality (M) of adult southern Gulf of St. Lawrence cod was estimated to be at least twice the normal level for cod (0.2) in the 1990s, and now appears to be increasing further. Here the evidence for and against the various hypotheses that could be proposed to explain this increase in natural mortality is reviewed.

1. Unreported catch: The high M estimated for the late 1980s and early 1990s may be partly due to an increase in unreported catch and discarding during the intense fishery that occurred during this period. For example, if 35% of the catch was unreported, this would account for 20% of the estimated losses to M. However, unreported catch cannot account for much of the high estimate for M since 1994, when there has been very little fishing effort. For example, doubling the catch in 2007 is equivalent to decreasing M from the estimated value of 0.59 to 0.57.

2. Disease: There is no evidence to support this hypothesis. There are no reports from harvesters or fish processors of diseased or sick cod. No bacterial or viral fish pathogens were identified in samples screened in 2008 and earlier.

3. Contaminants: There is no evidence to support this hypothesis. Concentrations of "traditional" contaminants have declined or remained constant in the environment over the past 20 years or so, though concentrations of

Hypothèses sur les causes de la mortalité naturelle élevée de la morue du sud du Golfe du Saint-Laurent: revue des données

D.P. Swain, H.P. Benoît, G.A. Chouinard, et L. Savoie

La mortalité naturelle (M) de la morue adulte du sud du Golfe du Saint-Laurent était estimée, dans les années 1990, au moins au double du niveau normal pour la morue (0,2) et semble aujourd'hui continuer d'augmenter. La liste ci-dessous détaille les arguments appuyant ou réfutant les différentes hypothèses qui tentent d'expliquer cette augmentation de la mortalité naturelle.

1. Captures non signalées: La forte mortalité naturelle de la fin des années 1980 et du début des années 1990 pourrait être en partie due à une augmentation des captures non signalées et des rejets, pendant la pêche intensive qui a eu lieu à cette période. Par exemple, si 35% des captures n'étaient pas signalées, ceci compterait pour 20% des pertes attribuées à la mortalité naturelle. Cependant, les prises non signalées ne peuvent être responsables des estimations importantes de mortalité naturelle depuis 1994, date depuis laquelle l'effort de pêche a considérablement diminué. Par exemple, si ces prises avaient doublé en 2007, cela aurait équivalu à réduire la mortalité naturelle de 0,59 à 0,57.

2. Maladies: Aucune preuve ne permet d'appuyer cette hypothèse. Ni les pêcheurs, ni les transformateurs n'ont jamais fait mention de morues malades. Aucun pathogène de poisson, bactérien ou viral, n'a été identifié dans les échantillons examinés en 2008 et avant.

3. Contaminants: Aucune preuve ne permet d'appuyer cette hypothèse. Les concentrations de contaminants "traditionnels" ont diminué ou sont restés constants dans l'environnement ces vingt dernières années, même si les concentrations de

some "new" contaminants (e.g., antifoulants, flame retardants) may be increasing. Levels of contaminants outside of the St. Lawrence estuary are very low, though it is possible that effects may occur even at low concentrations. Nonetheless, contaminant loads are likely much lower in the sGSL compared to areas like the Baltic, where there have been no reports of elevated M for cod.

4. Starvation (poor condition): It has been proposed that M of northern Gulf cod increased in the early 1990s due to poor cod condition as a result of harsh (cold) environmental conditions (Lambert and Dutil 1997; Dutil et al. 1999; Dutil and Lambert 2000). Interannual trends in environmental conditions and cod condition do not support this hypothesis for sGSL cod:

- Although bottom waters in the sGSL were cold in the early to mid-1990s, they have warmed to normal levels since then. Instead of declining as expected under this hypothesis, M appears to have increased further during this period of warming water temperatures.

- Although ocean conditions were cold in the 1990s, the temperatures experienced by sGSL cod during the feeding season were not unusually cold. Due to density-dependent shifts in distribution during the feeding season, temperatures experienced by cod have been near the long-term average since 1990.

- Increasing M has not been associated with declining condition:
  - Condition of sGSL cod in September has been near the long-term (1971-2007) average since the late 1980s.
  - The seasonal cycle in condition has been monitored since 1991. Condition in spring and early summer (when condition is at its annual minimum) has tended to be higher since 2002 than in earlier years. Thus the increase in estimated M to an even higher level in recent years was associated with an increase in spring condition, not the decrease expected

"nouveaux" contaminants (par ex. produits anti-encrassement et ignifugeants) augmentent. Les niveaux de contaminants hors de l'estuaire du Saint-Laurent sont très bas; il est toutefois possible que des effets soient observés même à faibles concentrations. Néanmoins, il est probable que les charges de contaminants soient beaucoup plus faibles dans le sGSL que dans des régions comme la mer Baltique, où aucune mention de forte mortalité naturelle n'a été rapportée.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition): Il a été suggéré que la mortalité naturelle de la morue du nord du golfe a augmenté au début des années 1990 à cause de la mauvaise condition de la morue; celle-ci serait le résultat de rudes conditions environnementales (froides) (Lambert et Dutil 1997; Dutil et al. 1999; Dutil et Lambert 2000). Les tendances interannuelles des conditions environnementales et de la condition de la morue n'appuient pas cette hypothèse en ce qui concerne la morue du sGSL:

- Bien que les eaux dans les couches profondes du sGSL aient été froides au début et au milieu des années 1990, elles se sont depuis réchauffées jusqu'à atteindre de nouveau des températures normales. Suivant cette hypothèse, la mortalité naturelle aurait dû diminuer; au lieu de cela, elle semble avoir augmenté tout au long de cette période de réchauffement de la température de l'eau.
- Bien que les conditions océaniques aient été froides dans les années 1990, les températures auxquelles la morue était exposée dans le sGSL pendant la saison d'alimentation n'étaient pas inhabituellement froides. À cause de changements densité-dépendants dans la distribution durant la saison d'alimentation, les températures auxquelles les morues étaient exposées étaient proche de la moyenne à long terme depuis 1990.
- La croissance de la mortalité naturelle n'a pas été associée à une baisse de la condition:
  - La condition de la morue du sGSL en septembre est proche de la moyenne à long terme (1971-2007) depuis la fin des années 1980.
  - Le cycle saisonnier de la condition de la morue est sous surveillance depuis 1991. La condition au printemps et pendant le début de l'été (quand elle est à son minimum annuel) tend à augmenter depuis 2002. L'augmentation de la mortalité naturelle estimée à un niveau encore plus élevé ces dernières années a donc coïncidé avec la

under this hypothesis.

5. Life-history change: The predicted evolutionary response to the increased mortality imposed by fishing is a decrease in the age and size at maturation. The survival cost to reproduction is expected to be greater in individuals maturing at an earlier age and smaller size. It has been suggested that increased M of cod in the northwest Atlantic might be partly due to fishery-induced declines in age and size at maturity (Hutchings 2005). This hypothesis does not appear to provide an explanation for increased M of sGSL cod. Life-history change in this stock mostly preceded the period of increasing M; age and size at maturity did not decrease during the period of increasing M.

6. Impact of increased seal abundance: This is the hypothesis for which the support is greatest. Estimated M of sGSL cod has increased in parallel with the abundance of grey seals (Chouinard et al. 2005). M and grey seal abundance also appear to be spatially correlated: M first rose to very high levels in the 4VsW cod stock (Fanning et al. 2003), the stock occupying the region where grey seal abundance has increased the most and is currently highest; M now appears to be rising to these very high levels in the 4T and 4X stocks, stocks occupying areas with lower but increasing grey seal abundance. Increased seal abundance is also correlated with increased mortality of large fish throughout the sGSL marine fish community (i.e., white hake, American plaice, winter skate, thorny skate, smooth skate); this correlation encompasses species with very different life-history characteristics (e.g., skates, which do not show strong seasonal cycles in condition that would make them vulnerable to starvation at some times of year). Finally, changes in species composition of the marine fish community in the sGSL are associated with the susceptibility of these species to predation by grey seals (Benoît and Swain 2008); species inferred to have a high susceptibility to predation by grey seals have tended to decrease in abundance, whereas those with a low susceptibility have tended to increase

hausse de la condition au printemps, et non pas à son déclin comme on aurait pu s'y attendre si la condition était en cause.

5. Changements biodémographiques: La réponse évolutive attendue suite à l'augmentation de la mortalité imposée par la pêche consiste en un déclin de l'âge et de la taille à maturité. Le coût en termes de survie lors de la reproduction devrait être plus élevé pour des individus qui atteignent la maturité à un plus jeune âge et avec une plus petite taille. Il a été suggéré que le déclin de l'âge et de la taille à maturité suite à l'intensité de la pêche est en partie responsable de la hausse de la mortalité naturelle de la morue du nord-ouest de l'Atlantique. (Hutchings 2005). Cette hypothèse ne semble cependant pas permettre d'expliquer la hausse de la mortalité naturelle pour le sGSL. Le changement dans les composantes bio-démographiques de ce stock a eu principalement lieu pendant la période précédant la hausse de la mortalité naturelle; la baisse de l'âge et de la taille à maturité n'a pas eu lieu pendant la période de hausse de la mortalité naturelle.

6. Répercussions de l'augmentation de l'abondance des phoques: Cette hypothèse est la mieux étayée par les données existantes. L'estimation de mortalité naturelle de la morue du sGSL et l'abondance des phoques gris ont augmenté en parallèle (Chouinard et al. 2005). Elles semblent aussi être spatialement corrélées: la mortalité naturelle a d'abord beaucoup augmenté dans le stock de morue 4VsW (Fanning et al. 2003): ce stock se situe dans la région où l'abondance de phoques gris a le plus progressé et est actuellement la plus forte. La mortalité naturelle semble maintenant augmenter vers des niveaux très élevés pour les stocks des zones 4T et 4X; ces stocks occupent des régions dans lesquelles l'abondance de phoques gris augmente. L'augmentation de l'abondance des phoques gris est aussi corrélée à l'augmentation de la mortalité des poissons de grande taille du sGSL (c.-à-d.: la merluche, la plie canadienne, la raie tachetée, la raie épineuse et la raie lisse). Cette corrélation englobe des espèces dont les caractéristiques des cycles de vie sont très différentes (par ex.: les raies ne sont pas sujettes à de forts cycles saisonniers qui les rendraient vulnérables au manque de nourriture à certains moments de l'année). Pour finir, les changements dans la composition en espèces de la communauté des poissons marins du sGSL sont associés à la susceptibilité de ces espèces à la

in abundance.

prédation par les phoques gris (Benoît and Swain 2008); l'abondance des espèces susceptibles d'être la proie des phoques gris a tendance à décroître, alors que celle des espèces moins susceptibles a tendance à augmenter.

However, the available diet data are inconsistent with the hypothesis that predation by grey seals accounts for a significant portion of M of adult cod. The estimated amount of cod consumed is insufficient to account for a substantial portion of M, and the otoliths found in seal stomachs in the sGSL indicate that they eat mostly juvenile cod. This inconsistency may reflect biases in the available diet data. Most grey seal stomach samples from the sGSL are from inshore areas in summer, areas where the abundance of large cod is very low. The available data will underestimate consumption of cod if grey seals prey on cod in other seasons, or further offshore in summer. An important effect on M is most likely if seals prey on cod when they are highly aggregated, so that predation success can remain high despite low cod abundance. Southern Gulf cod are highly aggregated on the overwintering grounds in the Cabot Strait and as they migrate to and from these grounds in the fall and spring. There are few stomach samples from these areas of high cod aggregation, though satellite tracking of grey seals suggests that seals may be preying on these aggregations.

Cependant, les données disponibles sur les régimes alimentaires contredisent l'hypothèse selon laquelle la prédation par les phoques gris est responsable d'une partie significative de la mortalité naturelle des morues adultes. La quantité de morues consommée n'est pas suffisante pour expliquer une partie importante de la mortalité naturelle, et les otolithes retrouvés dans les estomacs des phoques du sGSL indiquent qu'ils se nourissent essentiellement de morues juvéniles. Cette contradiction met en lumière le fait que les données disponibles sur les régimes sont probablement biaisées. Une grande partie des contenus stomacaux des phoques gris du sGSL proviennent de régions côtières pendant l'été; or, l'abondance de morues de grande taille dans ces régions est très faible. Ces données sous-estiment alors la consommation de morues si les phoques se nourrissent de morues à d'autres saisons ou plus au large pendant l'été. La prédation des phoques sur les morues lorsque celles-ci sont concentrées, est plus susceptible d'avoir un effet sur la mortalité naturelle; dans ce cas, le succès de prédation reste élevé malgré la faible abondance de morues. Les morues du sud du golfe sont fortement regroupées sur les aires d'hivernage dans le détroit de Cabot, ainsi que lors des migrations pour rejoindre ou quitter ces aires, à l'automne ou au printemps. Peu d'échantillons stomacaux provenant de ces régions de forts rassemblements de morues sont disponibles; cependant, les suivis des phoques gris par satellite suggèrent qu'ils se nourrissent de morues réunies en fortes concentrations.

Predation on large cod by seals will also be underestimated if heads of large cod are not consumed (since their otoliths would not appear in stomachs or feces). Selective rejection of fish heads has been suggested to occur in a number of seal species (see references in Chouinard et al. 2005). Belly-biting of large cod by seals is also frequently reported by fish harvesters and has been documented for harp seals in Newfoundland.

La prédation de morues de grande taille est aussi sous-estimée si les têtes des morues ne sont pas consommées (les otolithes ne sont alors pas retrouvés dans les contenus stomacaux ni fécaux). Il a été suggéré que plusieurs espèces de phoques effectuent un rejet sélectif des têtes (voir références dans Chouinard et al. 2005). Les pêcheurs signalent fréquemment des morsures ventrales sur des morues de grande taille par des phoques, et notamment par des phoques du Groenland à Terre-Neuve.

Fatty acid composition of the blubber provides a longer term integration of diet than stomachs, but Quantitative Fatty Acid Signature Analysis

L'analyse de la composition en acides gras de la couche de graisse permet de détailler les régimes alimentaires sur un plus long terme que l'analyse

(QFASA) may not reliably estimate the consumption of minor prey species. In a simplified laboratory situation (1 or 2 prey species), the average percent of misclassified prey varied from about 10% to 40% depending on the treatment, calibration factors used, and the set of fatty acids used (Nordstrom et al. 2008). In 2007, predation by grey seals could account for two-thirds of M, even if sGSL cod represented <4% of total consumption by grey seals in Atlantic Canada. This means that adult cod are a minor prey for grey seals, or an important prey for a small fraction of the herd, even if predation by grey seals is a major cause of elevated M.

des contenus stomacaux; cependant, l'analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA) ne donne pas une représentation fidèle de la consommation de proies mineures. Dans une situation de laboratoire simplifiée (avec seulement une ou deux espèces de proies) le pourcentage moyen de proies mal classées variait entre environ 10% et 40%, selon le traitement, les facteurs de calibration et le jeu d'acides gras utilisés (Nordstrom et al. 2008). En 2007, bien que la morue du sGSL ne constituait que moins de 4% de la consommation totale des phoques gris du Canada atlantique, la prédation par les phoques gris représentait les 2/3 de sa mortalité naturelle. Ceci signifie que la morue adulte constitue une proie mineure pour le phoque gris en général, ou bien une proie majeure pour une petite partie du troupeau, même si la prédation par les phoques gris est une des raisons principales de la mortalité naturelle élevée.

Given the seasonal and spatial biases in grey seal stomach sampling, the possibility of belly-biting, the percent error in QFASA estimates of diet in laboratory studies, and the small percent of total consumption by grey seals required to account for elevated M, the available diet data do not rule out the possibility that predation by grey seals accounts for a significant portion of M of adult cod.

Au vu des biais saisonniers et spatiaux de l'échantillonage stomacal du phoque gris, au vu de la possibilité de morsures ventrales, du pourcentage d'erreur dans les estimations QFASA du régime alimentaire lors des études en laboratoire et du faible pourcentage de la consommation totale du phoque gris requis pour justifier de la mortalité naturelle élevée de la morue, les données disponibles sur les régimes alimentaires n'écartent pas la possibilité que la prédation par les phoques gris représente une partie significative de la mortalité naturelle des morues adultes.

Other possible impacts of increased seal abundance include effects of parasites, disruption of cod feeding, spawning and migratory behaviour by seals, and predation by harp seals. Preliminary analyses suggest that effects of parasites on condition of sGSL cod are small compared to other sources of variation. Effects of seals on cod behaviour have not been studied. It is possible that effects on feeding behaviour may contribute to the continued low length-at-age of sGSL cod, though condition, another indicator of energy acquisition, is not low. Predation by harp seals may also contribute to M of sGSL cod; although they are not year-round residents of the sGSL and eat smaller prey than grey seals, their abundance is greater and harp seal predation on large cod by belly-biting has been documented.

L'augmentation de l'abondance des phoques implique d'autres répercussions qui incluent les effets des parasites, la perturbation par les phoques des comportements d'alimentation, de la fraie et de la migration de la morue, et la prédation par les phoques du Groenland. Les analyses préliminaires tendent à montrer que les effets des parasites sur la condition de la morue du sGSL sont faibles en comparaison des autres sources de changement. L'impact des phoques sur le comportement de la morue n'a pas encore été étudié. Bien que la condition de la morue, indicateur d'acquisition d'énergie, ne soit pas faible, il est possible que les effets sur le comportement d'alimentation de la morue contribuent au déficit de taille selon l'âge dans le sGSL. La prédation par les phoques du Groenland est peut-être aussi une cause de la mortalité naturelle des morues du sGSL. Bien qu'ils ne soient pas résidents du sGSL toute l'année et qu'ils se nourrissent de plus petites

7. Other predation: There is limited information on this hypothesis. Large sharks are declining in abundance in the western Atlantic (e.g., Baum et al. 2003). Predation by other marine mammals (e.g., harbour porpoise, minke whales, pilot whales) may contribute to M of sGSL cod, but information on predation by these species is lacking.

In conclusion, causes of elevated M of sGSL cod (and other large demersal fishes in the sGSL) are unknown. However, the hypothesis for which there is the most support is that predation by grey seals is an important cause of this elevated M.

References

Baum, J.K., R.A. Myers, D.G. Kehler, B. Worm, S.J. Harley, and P.A. Doherty. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. Sci. 299: 389-392.

Benoît, H.P., and D.P. Swain. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2088-2104.

Chouinard, G.A., D.P. Swain, M.O. Hammill, and G.A. Poirier. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1991-2000.

Dutil, J.-D., and Y. Lambert. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 826-836.

Dutil, J.-D., M. Castonguay, D. Gilbert, and D. Gascon. 1999. Growth, condition, and environmental relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the northern Gulf of St. Lawrence and implications for management strategies in the northwest

proies que les phoques gris, l'abondance des phoques du Groenland est en augmentation et des comptes rendus font état de morsures ventrales de morues de grande taille par ces mêmes phoques.

7. Autres prédateurs: Peu d'informations permettent de soutenir cette hypothèse. L'abondance de requins de grande taille dans l'Ouest de l'Atlantique est en baisse (par ex. : Baum et al. 2003). La prédation de la morue du sGSL par d'autres mammifères marins (par ex. : marsouin, petit rorqual, globicéphale) peut être un facteur de mortalité naturelle mais l'information sur la prédation par ces espèces n'est pas disponible.

En conclusion, les raisons de la mortalité naturelle élevée de la morue du sGSL (et d'autres poissons démersaux de la même région) sont inconnues. Cependant, l'hypothèse qui semble la plus probable, est celle selon laquelle la prédation par les phoques gris est une cause importante de cette mortalité naturelle élevée.

Références

Baum, J.K., R.A. Myers, D.G. Kehler, B. Worm, S.J. Harley, et P.A. Doherty. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. Sci. 299: 389-392.

Benoît, H.P., et D.P. Swain. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2088-2104.

Chouinard, G.A., D.P. Swain, M.O. Hammill, et G.A. Poirier. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1991-2000

Dutil, J.-D., et Y. Lambert. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 826-836.

Dutil, J.-D., M. Castonguay, D. Gilbert, et D. Gascon. 1999. Growth, condition, and environmental relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the northern Gulf of St. Lawrence and implications for management strategies in the northwest

Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1818-1831.

Fanning, L.P., R.K. Mohn, and W.J. MacEachern. 2003. Assessment of 4VsW cod to 2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/027.

Hutchings, J.A. 2005. Life-history consequences of overexploitation to population recovery in northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 824-832.

Lambert, Y., and J.-D. Dutil. 1997. Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2388-2400.

Nordstrom, C.A., L.J. Wilson, S.J. Iverson, and D.J. Tollit. 2008. Evaluating quantitative fatty acid signature analysis (QFASA) using harbour seals *Phoca vitulina richardsi* in captive feeding studies. Mar. Ecol. Progr. Ser. 360: 245-263.

Discussion
Rapporteur: D. Duplissea

The presentation on seal-cod co-occurrence generated discussion of a broad range of issues. There were several technical questions with respect to the spatial scale that was used for kriging the data. Because seal locations are used as if they were independent (i.e., not spatially correlated), any correlation would mean that the uncertainty in estimates may be underestimated. It was suggested that an examination of the impacts of grain size on the analysis could be done to determine its effect on the variance. In other studies, 50 nm was a grain that removed the autocorrelation, but this depends on the movements of the particular resource. It was noted that cod are not moving around much in winter, so it was a reasonable assumption that the cod were stationary.

There was a question on the temporal overlap of the cod distribution surveys and the grey seal movement data. It was stated that there was no temporal overlap and that there is the assumption that 1994-1997 data on cod distribution reflected present day cod distributions. There was concern that because the telemetry data come from a later period than the cod surveys, there could be

Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1818-1831.

Fanning, L.P., R.K. Mohn, ety W.J. MacEachern. 2003. Bilan de l'état du stock de morue de 4VsW en 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2003/027.

Hutchings, J.A. 2005. Life-history consequences of overexploitation to population recovery in northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 824-832.

Lambert, Y., et J.-D. Dutil. 1997. Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2388-2400.

Nordstrom, C.A., L.J. Wilson, S.J. Iverson, et D.J. Tollit. 2008. Evaluating quantitative fatty acid signature analysis (QFASA) using harbour seals *Phoca vitulina richardsi* in captive feeding studies. Mar. Ecol. Progr. Ser. 360: 245-263.

Discussion
Rapporteur: D. Duplissea

La présentation sur la cooccurence entre phoques et morues a suscité une discussion sur un grand nombre de questions. Plusieurs questions techniques ont été soulevées sur l'échelle spatiale qui a été utilisée pour le krigeage des données. Puisque les positions des phoques ont été traitées comme si elles étaient indépendantes (c.-à-d. sans corrélation spatiale), il est possible que l'incertitude au sein des estimations ait été sous-estimée. Un participant a suggèré qu'une analyse de sensibilité sur la taille des grains soit effectuée afin d'en déterminer les effets sur la variance. Dans d'autres études, un grain de 50 nm permettait de supprimer l'autocorrélation, mais cela dépend des mouvements de la ressource étudiée. La morue ne se déplaçant pas beaucoup en hiver, l'hypothèse retenue selon laquelle elle était stationnaire, à été jugée raisonnable.

Un participant a posé une question sur le chevauchement temporel des relevés de distribution de la morue avec les données sur le mouvement des phoques gris. Il a été spécifié qu'il n'y a pas de chevauchement temporel et qu'on suppose que les données sur la distribution de la morue recueillies en 1994-1997 reflètent sa distribution actuelle. Une préoccupation a été

problems assuming that the distributions are fixed given that there have been changes in abundance. Although this could be a problem, limited fishery data suggest that cod aggregations persist around the St. Paul Island area during the winter even now. However, another January survey of cod should be done to check this assumption.

soulevée sur le fait que les données de télémétrie proviennent d'une période ultérieure aux relevés sur la morue; vu que l'abondance a changé, on peut douter du bien-fondé de présupposer que la distribution est restée la même. Bien que cela puisse être un problème, les données de la pêche suggèrent que les rassemblements de morues autour de l'île Saint-Paul persistent pendant l'hiver encore aujourd'hui. Toutefois, un nouveau relevé sur les morues devrait être fait en janvier afin de vérifier cette hypothèse.

There was a question as to whether cod alone would be a good predictor of grey seal movement and foraging. It was noted that without investigating a multi-species prey field it really would not be possible to come to firm conclusions about cod. The discussion then turned to why cod over-winter in the St. Pauls Island area. Although the authors were not certain, the water is warmer in this area and selection of this habitat may be to increase the rate of gonad development.

Un participant a demandé si l'étude de la morue seule pourrait être un bon indice sur les mouvements et l'approvisionnement des phoques gris. Il a été mentionné que sans l'examen d'une gamme de proies plurispécifique, il ne serait pas possible d'aboutir à des conclusions solides pour la morue. La discussion s'est ensuite portée sur la raison qui amène la morue à hiverner dans la région de l'île Saint-Paul. Sans en être certains, les auteurs pensent que l'eau est plus chaude dans cette région; la sélection de cet habitat pourrait permettre l'augmentation du taux de développement des gonades.

There was a question about what proportion of the overall area are the seals actually exploring. They may be more opportunistically encountering cod than actually searching for cod. Despite evidence for some spatial overlap, there is little information on the diet of grey seals in this cod over-wintering area. It was noted that this was an excellent preliminary study, and this work underscored the need to address multi-species issues and to obtain stomach samples or fatty acid analysis of the tracked seals. It was noted that individual estimates of diet do exist for grey seals tracked with satellites from Sable Island. These data will be analyzed to look at the relationship between habitat use and diet of grey seals.

Un participant a demandé des précisions sur quelle proportion de la région dans son ensemble est effectivement explorée par les phoques. Il est possible qu'ils tombent sur la morue de manière opportuniste plutôt que de la rechercher de manière active. Malgré le manque de preuve pour un chevauchement temporel, peu d'information est disponible concernant le régime alimentaire des phoques gris dans cette région d'hivernage de la morue. L'excellence de cette étude préliminaire a été remarquée. Elle a permis de souligner le besoin de traiter les questions impliquant plusieurs espèces à la fois, et d'obtenir des échantillons stomacaux ainsi que des analyses d'acides gras des phoques suivis par télémétrie. Il a été mentionné que des estimations individuelles du régime alimentaire sont disponibles pour les phoques gris de l'île de Sable qui ont été suivis par satellites. Ces données seront analysées en vue de trouver une relation entre l'utilisation de l'habitat et le régime alimentaire des phoques gris.

It was also suggested that given the telemetry techniques available, in the future, it may be possible to tag multiple species of predator and prey to produce a very detailed picture of predation rates. Through the Ocean Tracking Network research is planned to begin in 2009 to address multi-species predator prey encounter

Un participant au aussi suggéré que, dans le futur, selon les techniques de télémétrie disponibles, on envisage d'étiqueter plusieurs espèces de prédateurs et de proies afin d'obtenir un tableau très détaillé des taux de prédation. Avec l'aide du Ocean Tracking Network (Réseau de Suivi des Océans), la recherche permettant

rates.

There was a question on the relation between large cod (>45 cm) and grey seals. Based on the Harvey study (see above), there is no significant relationship between grey seal foraging distribution and the local abundance of large cod (>45 cm), that is, they do not predict the distribution of seals. However, there have been large changes in the cod since these 1990s surveys and given there are few large cod now comparison with recent grey seal distribution may not be appropriate.

The final point of discussion concerned the need to adjust fish survey catches for the different catchabilities of large and small cod. This was not done in the present study, but this could be done in follow-up studies. This adjustment is really not an issue for present study because it is simply co-occurrence and it does not make the leap to predation.

Estimating Seal Prey Consumption

A Multinomial Regression Approach to Reconstruct Diet Composition
M. Koen-Alonso, A.D. Buren, and G.B. Stenson

The most common approach to describe the diet of top predators is classical stomach content analysis. This typically renders different indices such as proportions in the diet by numbers, biomass, and frequency of occurrence, among others. Although most of these indices are straightforward to calculate, their use to statistically assess the effects of different factors on diet composition is less straightforward. Here, a two-tier method is proposed to estimate diet composition in biomass which, on one hand, allows to statistically testing the effects of different factors on diet composition, and on the other hand, provides a tool for reconstructing diet composition. The two-tier structure of this approach evolves from realizing that the classical calculation of proportion by weight in the diet can also be obtained by considering the probability of finding a given prey in a stomach and the mean weight of that prey in the stomach when it is

d'évaluer les taux de rencontre prédateur-proie de plusieurs espèces, devrait commencer en 2009.

Un participant a posé une question sur la relation entre les morues de grande taille (>45 cm) et les phoques gris. Selon l'étude faite par Harvey (voir ci-dessus), il n'y a aucune relation significative entre la distribution spatiale les zones d'approvisionnement du phoque gris et l'abondance locale de morues de grande taille (>45 cm), c'est-à-dire qu'elles ne permettent pas de prévoir la distribution des phoques. Cependant, les morues ont subi de profonds changements depuis ces relevés des années 1990; vu le peu de morues de grande taille aujourd'hui, les comparaisons avec des relevés récents sur la distribution des phoques gris pourraient ne pas être adaptées.

Le dernier point soulevé lors de la discussion concerne le besoin d'ajuster les prises de poissons pendant les relevés selon la capturabilité des morues de petites et de grandes tailles. Ceci n'a pas été fait pour l'étude actuelle, mais pourrait l'être lors d'études subséquentes. Cet ajustement n'est pas vital à la présente étude car il concerne la cooccurrence et non la prédation.

Estimation de la consommation de proies par les phoques

Utilisation de régressions multinomiales pour reconstituer la composition du régime alimentaire
M. Koen-Alonso, A.D. Buren et G.B. Stenson

L'approche la plus communément utilisée pour décrire le régime alimentaire des prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire, est l'analyse traditionnelle des contenus stomacaux. Elle fournit généralement des indices tels que les proportions de chaque proie dans le régime alimentaire en termes de nombres, de biomasse ou d'occurence. Bien que le calcul de ces indices soit simple, leur utilisation afin d'évaluer de manière statistique les effets des différents facteurs sur la composition du régime alimentaire, l'est moins. Nous proposons ici une méthode à deux niveaux afin d'estimer la composition du régime alimentaire en biomasse, ce qui d'un côté permet de tester statistiquement les effets de différents facteurs sur la composition du régime alimentaire, et de l'autre, fournit un moyen permettant sa reconstitution. La structure à deux niveaux de cette approche provient de la prise de conscience que les proportions de chaque proie

present. For example, if N is the total number of predators in a sample, n_x is the number that actually contains a given prey x, and B_x is the total biomass of x in the collection, then the relative proportion of x in the diet (w_x) can be calculated as:

dans le régime alimentaire en termes de poids peuvent aussi être obtenues en considérant 1) la probabilité de trouver un certain type de proie dans un estomac et 2) le poids moyen de cette proie dans l'estomac lorsqu'elle est présente. Par exemple, si N est le nombre total de prédateurs dans un échantillon, n_x est le nombre qui contient véritablement une proie donnée x, et B_x est la biomasse totale de x dans les échantillons récoltés, alors la proportion relative de x dans la diète (w_x) peut être calculée par :

$$w_x = \frac{B_x}{\sum_I B_i} = \frac{(B_x/N)}{\sum_I (B_i/N)} = \frac{[(n_x/N)(B_x/n_x)]}{\sum_I [(n_i/N)(B_i/n_i)]} = \frac{p_x m_x}{\sum_I p_i m_i}$$

with

$$p_i = n_i/N \quad \text{and} \quad m_i = B_i/n_i$$

where p_x is the probability of finding prey x in a stomach and m_x is the mean weight of x in a stomach when x is actually present. Based on this reparameterization, the proportion in biomass can be calculated from independent estimates of p_i and m_i.

où p_x est la probabilité de trouver la proie x dans un estomac et m_x est le poids moyen de x dans un estomac où x est présente. Avec cette reparamétrisation, la proportion en biomasse peut être calculée à partir d'estimations indépendantes de p_i et m_i.

If each prey species in a stomach is consumed independently, using the above parameterization when considering all prey species in a stomach or just one of them should render similar results if the sample size is large enough. This idea was empirically supported by the comparison of harp seal diets obtained from classical diet analysis and the one obtained by only considering the most important prey in biomass in each stomach (Figure 1). Of course, the calculations of p_i and m_i were adjusted accordingly (i.e., p_i was defined as the probability of prey i being a main prey, while m_i was calculated as the mean weight of prey i given that it is a main prey). Considering only main prey in the stomach not only provides a closer match to the assumption that individual prey observations are statistically independent, it also potentially reduces the physical workload and time involved in stomach content analysis. Furthermore, since each stomach can be conceived as the individual realization of a multinomial experiment (1 prey species is selected as main prey from a finite set of potential prey), the probability p_i can be estimated using multinomial regression models (a.k.a. multi-category logit models) (Agresti 2002). The use of these statistical models to estimate p_i allows including in the analysis several potential factors that may affect diet composition (e.g., age, year,

Si chaque espèce de proie présente dans un estomac est consommée indépendamment, utiliser la paramétrisation décrite ci-dessus pour toutes les espèces de proies dans un estomac ou seulement l'une d'entre elles devrait donner les mêmes résultats, à condition que la taille d'échantillon soit assez grande. Cette idée est appuyée empiriquement par la comparaison des régimes alimentaires de phoques du Groenland obtenus à partir des analyses traditionnelles et celles obtenues en ne prenant en compte que la proie la plus importante en termes de biomasse dans chaque estomac (figure 1). Il va de soi que les calculs de p_i et m_i ont été ajustés en conséquence (c.-à-d. p_i a été défini comme la probabilité que la proie i soit la proie principale, alors que m_i a été calculé comme le poids moyen de la proie i si i est la proie principale). Prendre en compte uniquement la proie principale a le double avantage de présenter une situation plus fidèle à la présupposition que les observations de proie sont statistiquement indépendantes les unes des autres, mais aussi de réduire potentiellement la charge de travail et le temps nécessaires à l'analyse des contenus stomacaux. De plus, puisque chaque estomac peut être vu comme la réalisation individuelle d'une expérience multinomiale (une espèce est sélectionnée comme proie principale à partir d'un ensemble

area, sex, etc.) and assess if they are actually significant for the case in question. Furthermore, these regressions can be used for estimating the p_i for combinations of factors not necessarily observed in the data, and, hence, filling observation/sampling gaps. These probabilities, in conjunction with estimated (or reasonably approximated) m_i values can be used to reconstruct the predator diet. If time is one of the significant factors in these regressions, then the expected changes in diet over time can also be visualized (Figure 2). The robustness of this multinomial regression approach to fill data gaps was explored by comparing predicted diets estimated from the full database with those obtained by fitting the model to reduced datasets (i.e., where blocks of data were removed). The results indicated that the method performed well at filling data gaps when interpolating within the database. In order to compare with the classical stomach content analysis, a tailor made randomization test was implemented. The results from this analysis (Figure 3) suggested that for realistic coefficient of variations in the diet (CV=0.25), and if moderate to large sample sizes are available (n=90), the multinomial regression approach provides similar results to the classic diet analysis, but with the advantage of potentially less workload in processing stomach samples, the added capability of testing the effects of different factors on diet composition, and providing a tool for estimating diet composition for regions in the multivariate factor space where there are data gaps.

déterminé de proies potentielles), la probabilité p_i peut être estimée en utilisant des modèles de régression multinomiale (aussi connus sous le nom de modèles logit polytomiques) (Agresti 2002). L'utilisation de ces modèles statistiques pour estimer p_i permet d'inclure dans l'analyse plusieurs facteurs pouvant potentiellement affecter la composition du régime alimentaire (par ex. : âge, année, aire géographique, sexe, etc.) et de déterminer s'ils ont un impact significatif dans le cas en question. De plus, ces régressions peuvent être utilisées pour estimer p_i pour des combinaisons de facteurs qui n'ont pas nécessairement été observées dans les données, et ainsi combler des lacunes dans les observations et l'échantillonnage. Ces probabilités peuvent être utilisées conjointement avec les valeurs estimées (ou obtenues par une approximation raisonnable) de m_i, pour reconstituer le régime alimentaire du prédateur. Si le temps est l'un des facteurs significatifs dans les régressions, alors les changements attendus du régime alimentaire au cours du temps peuvent être visualisés (figure 2). La robustesse de cette approche par régression multinomiale pour combler des lacunes dans les données a été évaluée en comparant les régimes alimentaires prédits à partir de la base de données toute entière avec ceux obtenus en appliquant le modèle à des ensembles de données réduits (c.-à-d. dont des blocs de données ont été retirés). Les résultats indiquent que la méthode a permis de combler les données manquantes de manière satisfaisante lorsqu'elle devait les interpoler au sein de la base de données. Afin de comparer les résultats à ceux de la méthode traditionnelle d'analyse des contenus stomacaux, nous avons mis au point un test de randomisation sur mesure. Les résultats (figure 3) suggèrent que pour des coefficients de variation réalistes (CV=0.25) et pour les échantillonnages de moyennes à grandes tailles (n⊚90), l'approche par régression multinomiale aboutit à des résultats comparables à ceux des analyses traditionnelles de régime alimentaire. De plus, elle demande potentiellement moins de travail pour l'étude des contenus stomacaux, offre la capacité supplémentaire de pouvoir tester les effets de différents facteurs sur la composition en proies, et donne un outil pour estimer la composition du régime alimentaire dans des régions de l'espace multivarié où il existe des lacunes dans les données.

References

Agresti A. 2002. Categorical data analysis. John Wiley & Sons Inc.

Références

Agresti A. 2002. Categorical data analysis. John Wiley & Sons Inc.

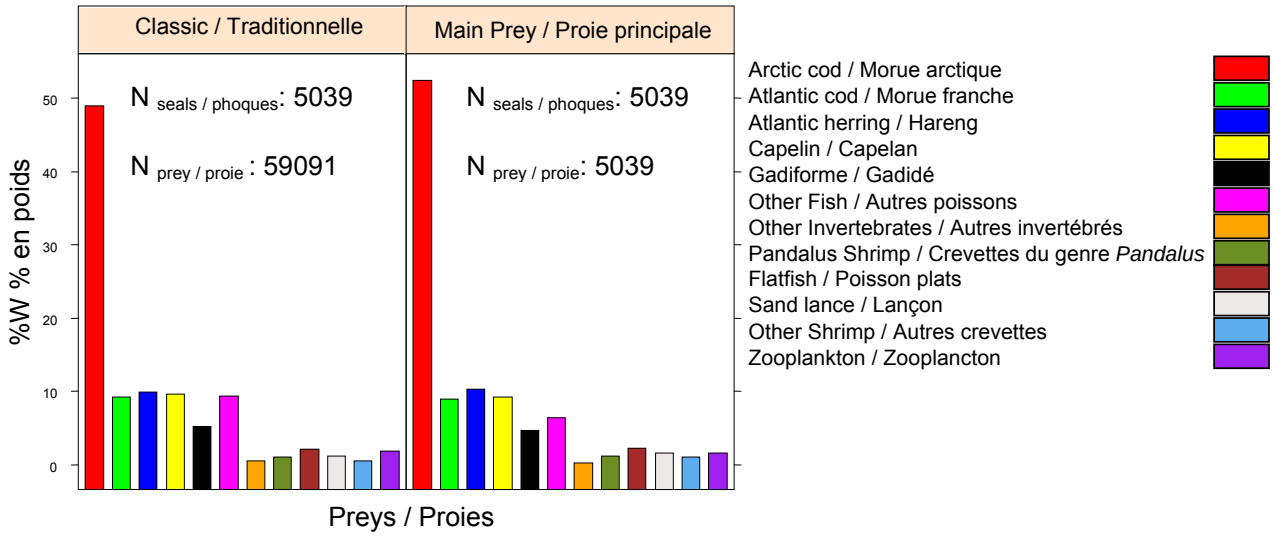

Figure 1. Comparison between the prey proportions by weight in the diet of harp seal from Newfoundland, Canada, using classical diet analysis and using only the main prey (see text for details).

Figure 1.Comparaison des proportions de proies (en termes de poids) dans le régime alimentaire des phoques du Groenland de Terre-Neuve (Canada), en utilisant l'analyse de régimes classique et en ne tenant compte que de la proie principale (voir le texte pour plus de détails).

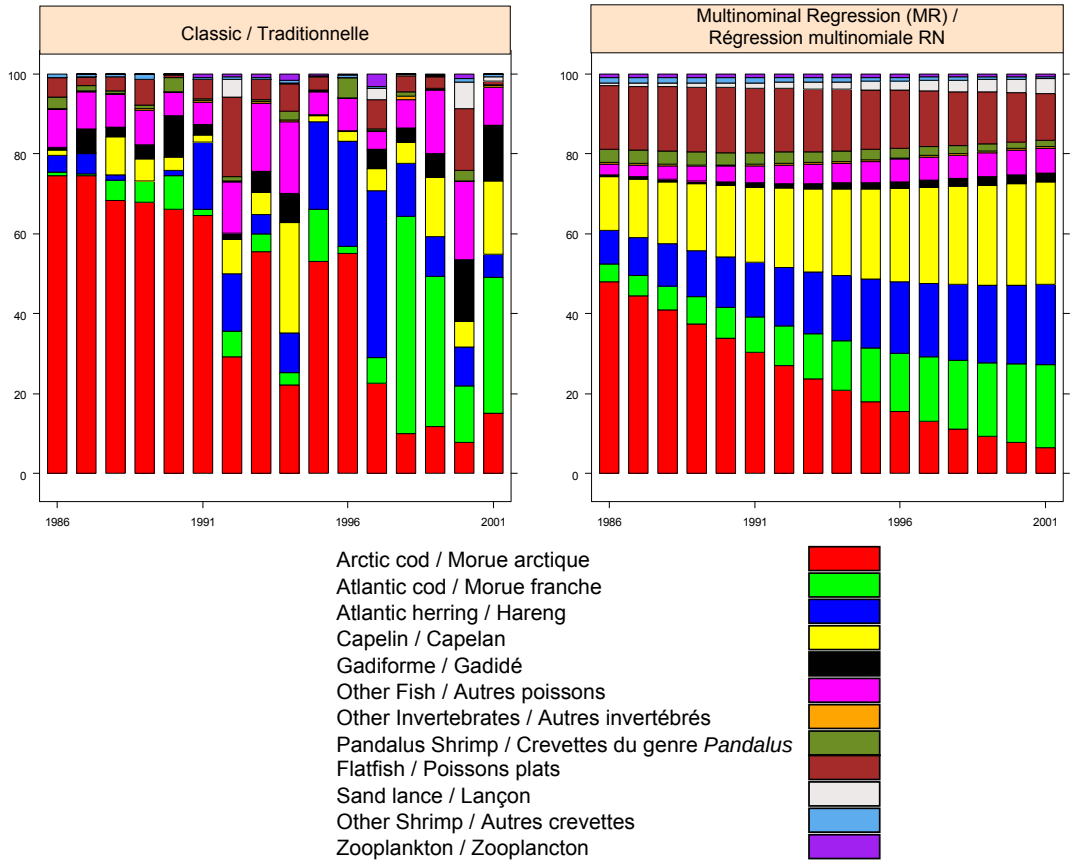

Figure 2. Predicted change over time for adult harp seals in the inshore waters of Newfoundland as estimated using the multinomial regression approach (MR) in comparison with the classic diet analysis.

Figure 2. Changements au cours du temps du régime alimentaire des phoques du Groenland adultes des eaux côtières de Terre-Neuve, prédits par régressions multinomiales (RM) en comparaison avec l'analyse classique du régime alimentaire.

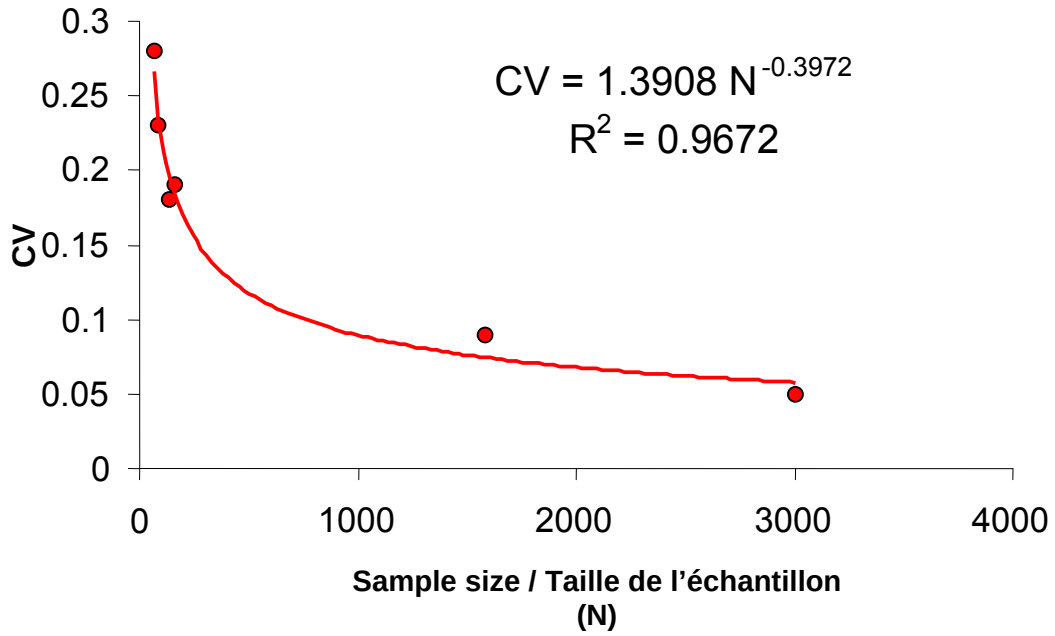

Figure 3. Relationship between the sample size and the minimum coefficient of variation (CV) in the diet required to result in non-significant differences between classical analysis and multinomial regression estimates of diet composition. In this graph, each point corresponds to a predator subset defined by area and age group (e.g., adults-inshore) within the harp seal example used here. The corresponding CV values were obtained from tailor made randomization tests. The line, equation, and R^2 correspond to the regression line through these points. All these values are strictly valid only for the harp seal example considered here, but they are expected to be a useful guideline for other cases.

Figure 3. Relation entre la taille d'échantillon (N) et le coefficient de variation (CV) minimal requis afin d'obtenir des différences non-significatives entre l'analyse traditionnelle du régime alimentaire et les estimations obtenues par régressions multinomiales. Ce graphique utilise le phoque du Groenland comme exemple et chaque point correspond à un sous-ensemble défini selon la zone et le groupe d'âge (p. ex. : adultes-côtiers). Les valeurs de CV correspondantes ont été obtenues grâce à tes tests de randomisation sur mesure. La courbe, son équation et la valeur de R^2 correspondent à la régression passant parmi ces points. Ces résultats ne sont strictement valides que dans le cas présenté ici du phoque du Groenland, mais peuvent être utiles à titre indicateur pour les autres cas.

Comparative Analysis of the Diet of Cod, Greenland Halibut, and Harp Seal in Newfoundland Waters (1986-1996)

A.D. Buren, M. Koen-Alonso, K.S. Dwyer, and G.B. Stenson

The northern cod *Gadus morhua* stock off Newfoundland (NAFO Div. 2J3KL) collapsed in the early 1990s and has not recovered. Direct predation by harp seals *Pagophilus groenlandicus* is one of the proposed mechanisms to explain this lack of recovery (DFO 2003a, DFO 2003b). Another less explored mechanism by which harp seals may be indirectly affecting cod recovery is the potential of competition for food resources. This paper is a preliminary attempt to explore this

Analyse comparative des régimes alimentaires de la morue, du flétan du Groenland et du phoque du Groenland dans les eaux de Terre-Neuve (1986-1996)

A.D. Buren, M. Koen-Alonso, K.S. Dwyer et G.B. Stenson

Le stock de morues du nord (*Gadus morhua)* au large de Terre-Neuve (division 2J3KL de l'OPANO) s'est effondré au début des années 1990 et ne s'est pas rétabli. L'échec du rétablissement peut s'expliquer par la prédation directe par les phoques du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) (MPO 2003a, MPO 2003b). Un autre mécanisme, moins étudié, par lequel les phoques du Groenland pourraient affecter indirectement le rétablissement des

possibility by comparing the diet composition among 3 high trophic level predators of this system: cod, Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides,* and harp seals. Diet composition of these predators in the offshore waters of NAFO Div. 2J3KL were compared for the pre-collapse (1986-1991) and post-collapse (1992-1996) periods. Diet composition was reconstructed using a multinomial regression model (Buren et al., this meeting) considering ontogenic and spatio-temporal sources of variation (Table 1). Multi-dimensional scaling (MDS) was used to visualize the similarities among predators based on their predicted diets. Similarities among groups were calculated using the Bray-Curtiss index. Cluster analysis was used to classify trophic groups based on their diet similarity. Although the 3 predators relied heavily on capelin, Greenland halibut and harp seals changed their diets in the period following the collapse, adopting different strategies, while cod's diet remained virtually unchanged (Figure 4). Diets of medium-sized Greenland halibut and cod and adult seals presented similarities >50% (Figure 5). Considering that these size groups represent the major proportion (in biomass) of their respective populations, the observed level of diet overlap suggests there is potential for competition for food resources among these predators. Medium Greenland halibut and cod's diets presented the highest similarity (>60%). Therefore, and from a purely diet composition perspective (i.e., without factoring the magnitude of the consumptions), these 2 fish predators are more likely to be competitors than any one of them and harp seals. Considering that availability of capelin has been reduced in the more recent period as suggested by some acoustic indices (DFO 2001), the consistency in the diet of cod between periods could indicate that it has less trophic plasticity than Greenland halibut and harp seals. This lower plasticity could not only be a contributing factor in the lack of recovery of cod, but also suggests that other generalist predators like Greenland halibut, and possibly seals, may be better positioned for utilizing a changing resource base.

stocks de morue, est le potentiel de compétition pour les ressources alimentaires. Cet article est une tentative préliminaire d'envisager cette proposition: il s'agit de comparer la composition du régime alimentaire des trois prédateurs de niveau trophique élevé que sont la morue, le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides)* et le phoque du Groenland. La comparaison de la composition du régime alimentaire de ces trois prédateurs dans les eaux de la division 2J3KL (selon l'OPANO) a été effectuée entre la période précédant l'effondrement des stocks de morue (1986-1991) et celle suivant l'effondrement (1992-1996). La composition du régime alimentaire a été reconstituée par des modèles de régressions multinomiales (Buren et al., lors de la présente conférence) en prenant en compte des sources de variation ontogéniques et spatio-temporelles (tableau 1). L'utilisation de l'échelonnement multidimensionnel a permis la visualisation des similarités parmi les prédateurs à partir des prédictions des régimes alimentaires. Les similarités entre les groupes ont été calculées en utilisant l'indice de Bray-Curtiss. L'analyse de groupement a permis de classer les groupes trophiques selon les similarités de régimes. Bien que les trois prédateurs se nourrissaient essentiellement de capelans, les phoques du Groenland et les flétans ont modifié leurs régimes alimentaires dans la période suivant l'effondrement, en adoptant des stratégies différentes; le régime de la morue, lui, est demeuré pratiquement inchangé (figure 4). Les régimes alimentaires des morues et des flétans de tailles moyennes ainsi que celui du phoque du Groenland ont montré des similarités supérieures à 50% (figure 5). Si on considère que ces groupes de tailles représentent la plus grande porportion en biomasse de leurs populations respectives, alors le niveau de chevauchement observé entre ces régimes prouve qu'il y a un grand potentiel pour la compétition de ressources alimentaires entre ces prédateurs. Les régimes alimentaires des morues et des flétans du Groenland de tailles moyennes ont présenté des similarités supérieures à 60%. Par conséquent, et en ne prenant en considération que la composition du régime alimentaire (c.-à-d., sans tenir compte de la quantité des aliments consommés), il est plus probable que ces deux espèces de poissons soient en compétition entre eux que l'un ou l'autre avec le phoque du Groenland. La disponibilité du capelan ayant baissé lors de la période la plus récente, comme l'indiquent les indices acoustiques (MPO 2001), l'invariabilité du régime alimentaire de la morue entre ces périodes

pourrait indiquer qu'elle dispose d'une moins bonne plasticité trophique que le flétan ou le phoque du Groenland. Non seulement cette faible plasticité pourrait contribuer directement à l'absence de rétablissement du stock de morue, elle permet aussi de supposer que d'autres prédateurs généralistes tels que le flétan du Groenland, et éventuellement les phoques, seraient mieux positionnés pour utiliser une ressource de base en pleine évolution.

Table 1. Sources of variation considered in the MR model to predict diet composition.

Factor	*Cod*	*Greenland Halibut*	*Harp Seal*
Ontogeny	Small Medium Large		Pup Juvenile Adult
NAFO Div.	2J 3K 3L		2J3K 3LO
Depth	Shelf (<400 m) Deep (>400 m)		Inshore Offshore
Season	NA		W (Oct.-Mar.) S (Apr.-Sept.)
Sex	NA	Male Female	NA
Year	1986-1996		1986-2001

Tableau 1. Sources de variations utilisées dans le modèle de RM pour prédire la composition du régime alimentaire

Facteur	*Morue*	*Flétan du Groenland*	*Phoque du Groenland*
Ontogénèse	Petit Moyen Grand		Jeune Juvénile Adulte
Division de l'OPANO	2J 3K 3L		2J3K 3LO
Profondeur	Plateau (<400 m) Profond (>400 m)		Zone côtière Hauturière
Saison	S/O		H (oct.-mar.) É (avr.-sept.)
Sexe	S/O	Mâle Femelle	S/O
Année	1986-1996		1986-2001

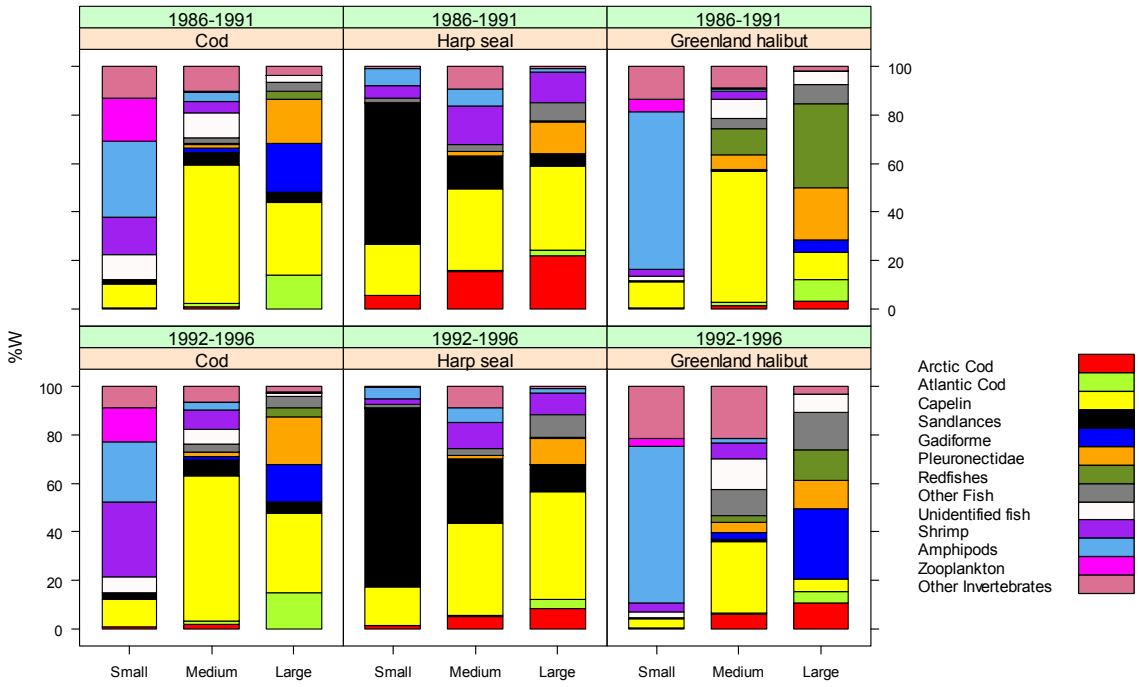

Figure 4. Diet description of cod, Greenland halibut, and harp seals. Top panels represent the pre-collapse period and bottom panels represent the post-collapse period.

Figure 4. Description du régime alimentaire de la morue, du flétan du Groenland et du phoque du Groenland. La partie supérieure du tableau représente la période avant l'effondrement; la partie inférieure, représente la période après l'effondrement.

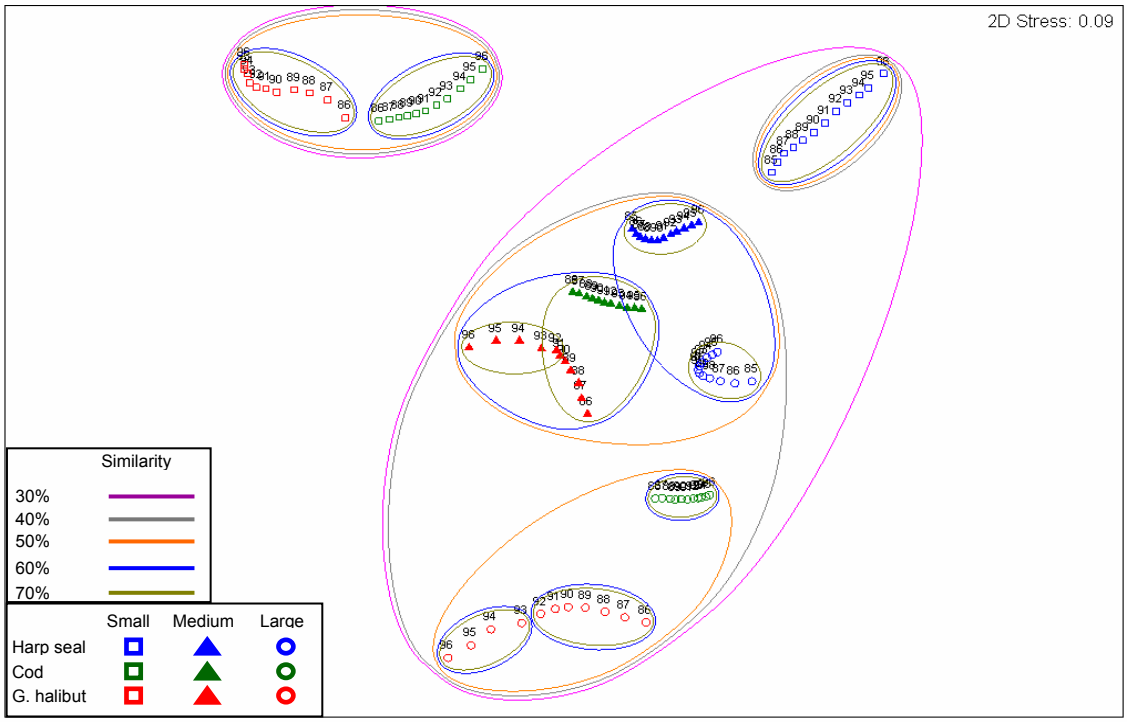

Figure 5. Ordination plot based on the predators' diets. Each point represents the diet of a trophic group (combination of species-size) in a given year (indicated in the labels).

Figure 5. Ordination des régimes alimentaires des prédateurs. Chaque point représente le régime alimentaire d'un groupe trophique (combinaison espèces-taille) à une année donnée (indiquée sur les étiquettes)

References

DFO, 2001. Capelin in Subarea 2 + Div. 3KL - Update. DFO Sci. Stock Status Rep. B2-02 (2001).

DFO, 2003a. Northern (2J+3KL) cod stock status update. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Status Rep. 2003/018.

DFO, 2003b. Proceedings of the zonal assessment meeting - Atlantic cod. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2003/021.

Références

MPO, 2001. Capelan en Subarea 2 + Div. 3KL – Mise à jour. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapport sur l'état des stocks 2001/B2-02.

MPO, 2003a. Morue du Nord (2J+3KL). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapport sur l'état des stocks 2003/018

MPO, 2003b. Compte rendu de la réunion sur le processus d'évaluation zonale - Morue franche. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), Doc. rech., 2003/021.

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

H. Benoît

Natural mortality (M) in southern Gulf of St. Lawrence cod (age 3+), white hake (age 3+), and adult winter skate (defined as >42 cm) has been at an elevated level for almost 20 years. Trends in M for these ages/sizes of these 3 species are correlated with increases in grey seal abundance. However, the most recent diet estimates suggest that grey seals in the Gulf do not eat skates and consume mainly younger cod and white hake, for which survival rates have been average to elevated over the same period. This is inconsistent with a direct effect of seals. However, considerable uncertainty exists in the composition of grey seal diets in the sGSL. These diets have generally been inferred from the hard parts of fish found in seal stomachs, typically taken when seals are onshore. The diets are potentially biased owing to spatial/temporal unrepresentative sampling and poor representation of feeding on soft tissues, such as cartilage (e.g., skates) or selective consumption of fish bellies. Because previous analyses of seal consumption have taken diet composition at face value (± some uncertainty), these potential biases have generally been overlooked.

The simulations take an inverse approach, by estimating the diet composition required to explain M for the three fish species rather than assuming a diet for seals. Spatio-temporal overlap between prey and seal predators, a key element in calculating potential predation, was estimated using seasonal surveys of fish distribution and satellite telemetry data for seals. Monte Carlo simulations that included the variability in overlap and the various other parameters required to estimate consumption were used to simulate three predation scenarios:

Incertitude des estimations concernant la consommation des phoques gris: comment expliquer la mortalité naturelle élevée de la morue, de la merluche blanche et de la raie tachetée?

H. Benoît

Dans le sud du golfe du Saint-Laurent, la mortalité naturelle (M) de la morue (> 3 ans), de la merluche blanche (> 3 ans) et de la raie tachetée adulte (> 42 cm) est à un niveau élevé depuis près de 20 ans. La tendance de la mortalité naturelle pour ces trois espèces et pour ces caractéristiques de taille et d'âge est corrélée avec l'augmentation de l'abondance des phoques gris. Cependant, les estimations les plus récentes des régimes alimentaires suggèrent que les phoques gris du golfe ne se nourrissent pas de raies et consomment principalement des morues et des merluches plus jeunes et pour lesquelles les taux de survie vont de moyen à élevé sur cette même période. Ce qui contredit l'hypothèse d'un effet direct des phoques. Ceci dit, il y a beaucoup d'incertitudes quant à la composition des régimes alimentaires de phoques gris dans le sGSL. Celle-ci est déduite à partir des morceaux durs de poissons trouvés dans les estomacs des phoques, généralement recueillis lorsque les phoques sont sur le rivage. Les régimes sont potentiellement biaisés, en raison d'un échantillonnage spatio-temporel non représentatif et de la faible représentation d'une alimentation sur les tissus mous tels que les cartilages (par ex.: les raies) ou la consommation sélective des abdomens de poissons. Les analyses antérieures sur la consommation des phoques ayant pris la composition des régimes alimentaires sans les remettre en question (± quelques incertitudes), ces biais potentiels ont généralement été ignorés.

Les simulations utilisent l'approche inverse en estimant la composition du régime alimentaire des phoques qui est requise pour expliquer la mortalité naturelle des trois espèces de poissons, plutôt qu'en partant d'un régime alimentaire hypothétique. Elément-clé dans le calcul de la prédation potentielle, le chevauchement spatio-temporel entre les proies et leurs prédateurs phoques a été estimé en utilisant des relevés saisonniers de la distribution des poissons ainsi que des suivis télémétriques de phoques par satellite. Les simulations de Monte-Carlo, qui incluaient la variabilité du chevauchement et d'autres paramètres requis pour estimer la consommation, a été utilisée afin de simuler trois scénarios de prédation:

I. Grey seals ate only whole cod and white hake of the sizes observed in stomachs (based on reconstructions using otoliths recovered).

II. Grey seals ate whole fish in proportion to their availability at a given size.

III. Grey seals ate whole cod of the sizes observed in stomachs and then selectively fed on the bellies of remaining cod and white hake.

I. Les phoques gris se sont nourris seulement de morues et de merluches blanches entières et de la taille observée dans les contenus stomacaux (en utilisant les méthodes de reconstitution à partir des otolithes retrouvés).

II. Les phoques gris se sont nourris de poissons entiers, en proportion de leur disponibilté à une taille donnée.

III. Les phoques gris se sont nourris de morues entières de la taille observée dans les contenus stomacaux et ensuite se sont nourris sélectivement des abdomens des morues et des merluches restantes.

Winter skate were consumed whole in all 3 scenarios and the 3 fish species were consumed in proportion to their local abundance where they overlapped with each other and with seals. Simulations were undertaken for different proportions of M ranging from 0.1 to 1.0 (i.e., all natural mortality is due to seal predation). Specific metrics included the probability that seal predation explained the removals associated with a given proportion of M and the proportion composition of seal diet that is required to do so.

Les raies tachetées ont été consommées en entier dans les trois scénarios et les trois espèces de poissons ont été consommées en proportion de leur abondance dans les zones où il y avait chevauchement entre les espèces ainsi qu'avec les phoques. Des simulations ont été entreprises pour différentes proportions de mortalité naturelle, allant de 0,1 à 1,0 (c.-à-d. toute la mortalité naturelle est le fait de la prédation par les phoques). Les différentes métriques incluaient la probabilité que la prédation par les phoques puisse expliquer les retraits associés à une proportion donnée de la mortalité naturelle ainsi que la proportion requise du régime alimentaire des phoques dans chaque cas.

Results for *Scenario I* suggest that if seals consume the sizes of cod and white hake indicated by diet analyses, predation can at best explain M for 3 to 5 year-old cod, but not older fish. Most of the natural mortality in adult cod and nearly all of it in age 3+ white hake occurs at ages that correspond to body sizes that are larger than those consumed by seals. In contrast, in this scenario and the 2 others, it is very likely that a large fraction of winter skate M could be explained by seal predation, if the skates compose as little as 0.1-0.4% of the average Gulf grey seal's diet.

Les résultats du *Scénario I* suggèrent que si les phoques se nourrissent de morues et de merluches de la taille indiquée par les analyses du régime alimentaire, alors la prédation peut au mieux expliquer la mortalité naturelle des morues de 3 à 5 ans, mais pas celle de poissons plus âgés. La grande partie de la mortalité naturelle de la morue adulte et de presque la totalité de celle des merluches de plus de 3 ans a lieu à des âges qui correspondent à des tailles plus grandes que celles des poissons consommés par les phoques. Pour ce scénario ainsi que pour les deux autres, il est très probable que la prédation par les phoques explique une partie importante de la mortalité naturelle de la raie tachetée si celle-ci compose entre 0,1 et 0,4% de la moyenne du régime alimentaire des phoques gris du golfe.

For *Scenario II*, there was a 50% probability that consumption levels of cod and white hake could result in mortalities equivalent to 30-40% of total M. These levels translate to approximately 65-75% of the difference in M compared to the levels of mortality experienced by the 2 fish species during the late 1970s, when grey seals

Pour le *Scénario II*, la probabilité était de 50% que les niveaux de consommation de la morue et de la merluche résultent en un taux de mortalité équivalant à 30-40% du total de la mortalité naturelle. Ces niveaux correspondent approximativement à 65-75% de la différence entre la mortalité naturelle actuelle et la mortalité

were considerably less abundant. The probability that seal predation could explain higher fractions of M decreased rapidly as the fraction increased, the converse being true for lower fractions of M. To explain 30-40% of M, the composition of herd-wide average diets required was 7% cod and 2% white hake for the Gulf herd, and 1% cod and 0.1% white hake for the Sable Island herd.

naturelle de ces deux espèces de poissons durant les années 1970, lorsque les phoques gris étaient considérablement moins abondants. La probabilité que la prédation par les phoques explique de plus grandes fractions de mortalité naturelle a rapidement baissé en même temps que cette fraction augmentait; le contraire serait vrai si la mortalité naturelle décroissait. Afin d'expliquer 30-40% de la mortalité naturelle, la composition de régimes moyens à l'échelle des troupeaux entiers, devrait être de 7% de morue et 2% de merluche pour le troupeau du golfe, et 1% de morue et 0,1% de merluche pour le troupeau de l'île de Sable.

Simulations for *Scenario III* suggest that the probability that seal consumption could explain natural mortality of cod and white hake was close to 1.0 for fractions of M ≤40% and about 0.75 to explain all of M. Results suggest that about 60% of the kilojoules (kJ) seals obtain from cod and >90% of kJ obtained from white hake were from belly-biting. This translates to approximately 75% of individual cod and >98% of white hake dying from belly-biting rather than by being consumed whole. However, given the manner in which the simulations were implemented for this scenario, these results reflect largely an upper level of belly-feeding required to explain M. Additional simulations are planned to explore the probabilities of explaining M for lower levels of belly-feeding. However, because the frequency of belly-feeding by grey seals is unknown, it is unknown whether *Scenario III* is a plausible representation of reality.

Les simulations pour le *Scénario III* suggèrent que la probabilité que la consommation des phoques explique la mortalité naturelle de la morue et de la merluche était proche de 1,0 pour des fractions de la mortalité naturelle inférieures ou égales à 40% et d'environ 0,75 pour expliquer toute la mortalité naturelle. Les résultats suggèrent que 60% des apports en kilojoules (kJ) que les phoques obtiennent de la morue et plus de 90% des kJ obtenus de la merluche proviennent des morsures ventrales. De là on obtient qu'environ 75% des morues et plus de 98% des merluches meurent de morsures à l'abdomen plutôt que d'être consommées en entier. Cependant, vu la manière dont les simulations ont été réalisées pour ce scénario, ces résultats reflètent surtout le besoin d'une haute fréquence de morsures ventrales pour expliquer la mortalité naturelle. Des simulations supplémentaires sont prévues afin d'étudier la possibilité d'expliquer la mortalité naturelle à de plus basses fréquences de morsures ventrales. Cependant, la fréquence de morsures ventrales par les phoques gris étant inconnue, il est impossible de savoir si le *Scénario III* est une représentation plausible de la réalité.

In summary, results to date suggest that: 1) to explain elevated M seals must consume cod and white hake that are larger than indicated by the available stomach contents data; 2) if spatio-temporal estimates fish and seal overlap are accurate, whole fish consumption by seals is likely to explain less than 40% of M in white hake and cod, though it is very plausible that a large proportion of M in winter skate could be explained by grey seal predation; and 3) if seals consume some groundfish by belly-feeding, the probability that seal predation explains a substantial component of M becomes much more likely.

En résumé, à ce jour, les résultats suggèrent que: 1) afin d'expliquer la mortalité naturelle élevée, les phoques devraient consommer des morues et des merluches de plus grande taille que ce qu'indiquent les données disponibles de contenus stomacaux; 2) si les estimations spatio-temporelles de chevauchement entre phoques et poissons sont exactes, alors la consommation du poisson entier par les phoques expliquerait moins de 40% de la mortalité naturelle de la merluche et de la morue; il est pourtant très vraisemblable qu'une forte proportion de la mortalité naturelle de la raie tachetée soit expliquée par la prédation des phoques; 3) si les phoques consomment certains poissons de fond par morsures ventrales,

il est alors plus probable que la prédation par les phoques explique une composante substantielle de la mortalité naturelle.

Diet and Consumption by Grey Seals in 4T

M. Hammill

Information on individual energy requirements, the distribution of seals, and diet composition are needed to determine cod consumption by seals. Energy requirements can be described using the allometric relationships, where food consumption can be described by the food intake:

$$\text{Intake} = \frac{\text{Growth} * \text{Activity} * \text{Maintenance} + \text{season}}{\text{Metabolizable Energy (ME)}},$$

where $\text{Maintenance} = 293 * \text{Mass}^{0.75}$

and the premiums for growth can be described by: Growth=1.8, 1.6, 1.4, 1.3, 1.1, and, 1.0 for ages 0 to 5+ years. Activity can be described using a multiplier equal to 2 and ME=0.83 (Hammill and Stenson 2000). Energy intake throughout the season varies, with grey seals showing reduced energy intake during breeding (weeks 0-5) and moult (weeks 18-26) (Figure 6).

Régime alimentaire et consommation par les phoques gris en 4T

M. Hammill

Afin de déterminer la consommation de morues par les phoques, il est nécessaire de connaître les besoins énergétiques individuels , la distribution des phoques, ainsi que la composition de leur régime alimentaire. Les besoins énergétiques peuvent être décrits grâce aux relations allométriques selon lesquelles la consommation de nourriture est qualifiée par l'ingestion de nourriture:

$$\text{Apport} = \frac{\text{Croissance} * \text{Activité} * \text{Maintenance} + \text{saison}}{\text{Energie métabolisable (EM)}},$$

Où $\text{Maintenance} = 293 * \text{Masse}^{0.75}$

Et où les majorations pour la croissance (représentant l'énergie supplémentaire requise par les jeunes phoques) peuvent être décrites par: Croissance=1,8, 1,6, 1,4, 1,3, 1,1, et 1,0 pour les âges de 0 à 5 ans et plus respectivement. Activité peut être décrite par un multiple égal à 2 et EM=0.83 (Hammill and Stenson 2000). L'apport d'énergie varie au fil de la saison: il est réduit chez les phoques gris pendant la reproduction (semaines 0 à 5) et la mue (semaines 18 à 26) (figure 6).

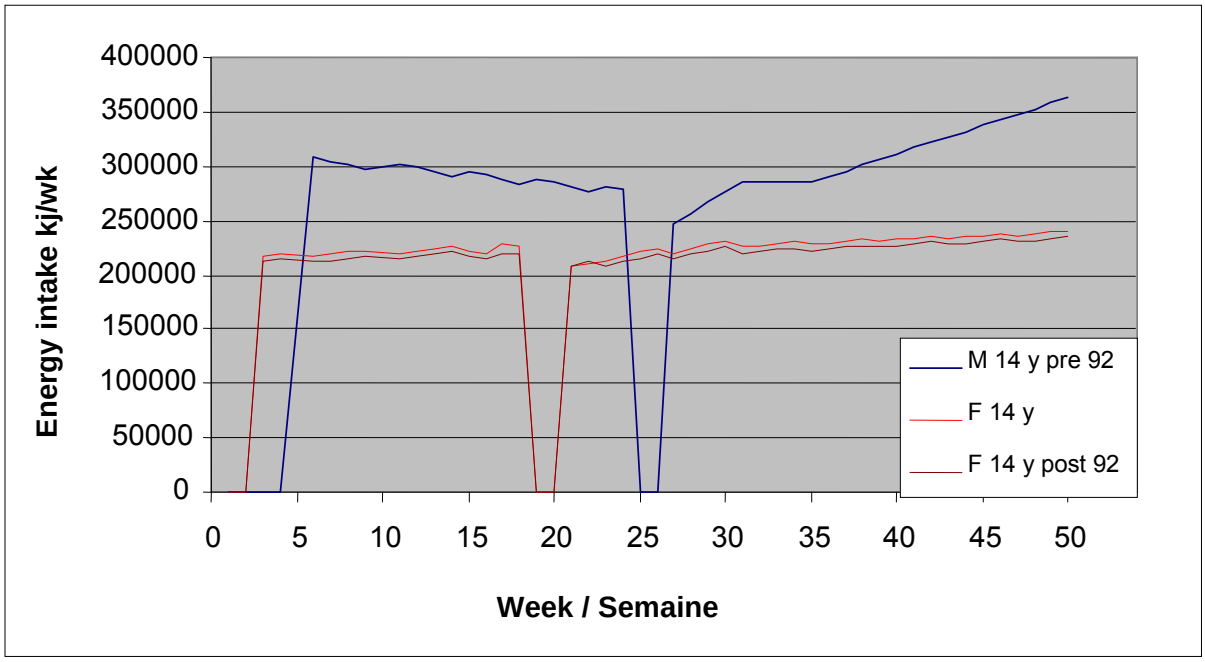

Figure 6. Seasonal changes in energy intake of male (M) and female (F) grey seals. There has been some decline in the size-at-age of grey seals, but this has had minimal impact on energy requirements.

Figure 6. Changements saisonniers en apport d'énergie chez les phoques gris mâle (M) et femelle (F). Le déclin de la taille selon l'âge des phoques gris n'a eu que des répercussions minimales sur les besoins d'énergie.

Grey seal diet composition in the southern Gulf of St Lawrence has been based on hard part identification and measurement of digestive tract contents (N=443). A total of 37 prey species have been identified with white hake, Atlantic cod, Atlantic herring, sand lance, and cunner accounting for 74% of the total diet (Table 2). Diet from 13 animals collected in the fall from the Sydney Bight area were dominated by mackerel (23%), hake (21%), sand lance (20%), herring (9%), flatfish (95%), and *Gadus* sp (5%). The northwest Atlantic grey seal population has increased from approximately 20,000 animals in the early 1970s to just over 300,000 animals in 2007 (Figure 7; Thomas et al. 2007).

L'identification de parties dures et la mesure du contenu du système digestif (N=443) des phoques gris du sud du golfe du Saint-Laurent a permis de déterminer la composition de leur régime alimentaire. Au total, 37 espèces de proies ont été identifiées. La merluche blanche, la morue franche, le hareng, le lançon et la tanche-tautogue comptent pour 74% du régime alimentaire total (tableau 2). Le régime alimentaire de 13 animaux recueillis à l'automne dans la baie de Sydney se composait principalement de maquereau (23%), de merluches (21%), de lançon (20%), de hareng (9%), de poissons plats (95%) et de gadidés (5%). La population de phoques gris du Nord-Ouest de l'Atlantique est passée d'environ 20 000 individus au début des années 1970 à un peu plus de 300 000 têtes en 2007 (figure 7; Thomas et al. 2007).

Table 2. Diet composition of grey seals in the southern Gulf of St. Lawrence (proportion by weight).

Species	***Mean***	***SE****	***Species***	***Mean***	***SE***
Sand lance	0.18	0.029	Windowpane	0.01	0.002
Herring	0.09	0.019	Redfish	trace	
Sculpins	trace		Cunner	0.18	0.081
Wrymouth	0.01	0.009	Unidentified	0.03	0.005
Rockling	trace		W. Hake	0.18	0.029
Gadid	**0.02**	**0.007**	Pouts	trace	
Cod	**0.11**	**0.022**	Haddock	0.00	0.001
A. Plaice	0.03	0.011	Mackerel	0.01	0.004
Y-T flounder	0.02	0.010	Hookear sculpin	trace	
Snakeblenny	0.01	0.004	Capelin	trace	
Shanny	trace		Am. Butterfish	0.01	0.004
Eelpout	trace		Barracudina	trace	
Ocean pout	0.00	0.001	Blennies	trace	
L-h. Sculpin	0.01	0.003	Amphipod	trace	
S.-h. Sculpin	0.00	0.000	Decapod	0.00	0.001
Smelt	0.00	0.000	Euphausid	trace	
Flatfish	0.04	0.009	Cephalopod	trace	
Winter flounder	0.04	0.007			

*SE = Standard Error

Tableau 2. Composition du régime alimentaire des phoques gris dans le sud du Golfe du Saint-Laurent (proportions basées sur le poids)

Espèces	***Moyenne***	***SE****	***Espèces***	***Moyenne***	***SE***
Lançon	0.18	0.029	Turbot de sable	0.01	0.002
Hareng	0.09	0.019	Sébaste	trace	
Chabochaboisseaux	trace		Tanche-tautogue	0.18	0.081
Terrassier tacheté	0.01	0.009	Non identifiée	0.03	0.005
Motelles	trace		Merluche blanche	0.18	0.029
Gadidés	**0.02**	**0.007**	Mollasses	trace	
Morue	**0.11**	**0.022**	Aiglefin	0.00	0.001
Plie canadienne	0.03	0.011	Maquereau	0.01	0.004
Limande à queue jaune	0.02	0.010	Hameçons	trace	
Lompénie-serpent	0.01	0.004	Capelan	trace	
Stichées et autres lompénies	trace		Stromatée	0.01	0.004
Lycodes	trace		Lussion	trace	
Loquette	0.00	0.001	Autres blennies	trace	
Chaboisseau à 18 épines	0.01	0.003	Amphipodes	trace	
Chaboisseau à épines courtes	0.00	0.000	Décapodes	0.00	0.001
Éperlan	0.00	0.000	Euphausiacés	trace	
Pleuronectes	0.04	0.009	Cephalopodes	trace	
Plie rouge	0.04	0.007			

*SE = Erreur-type

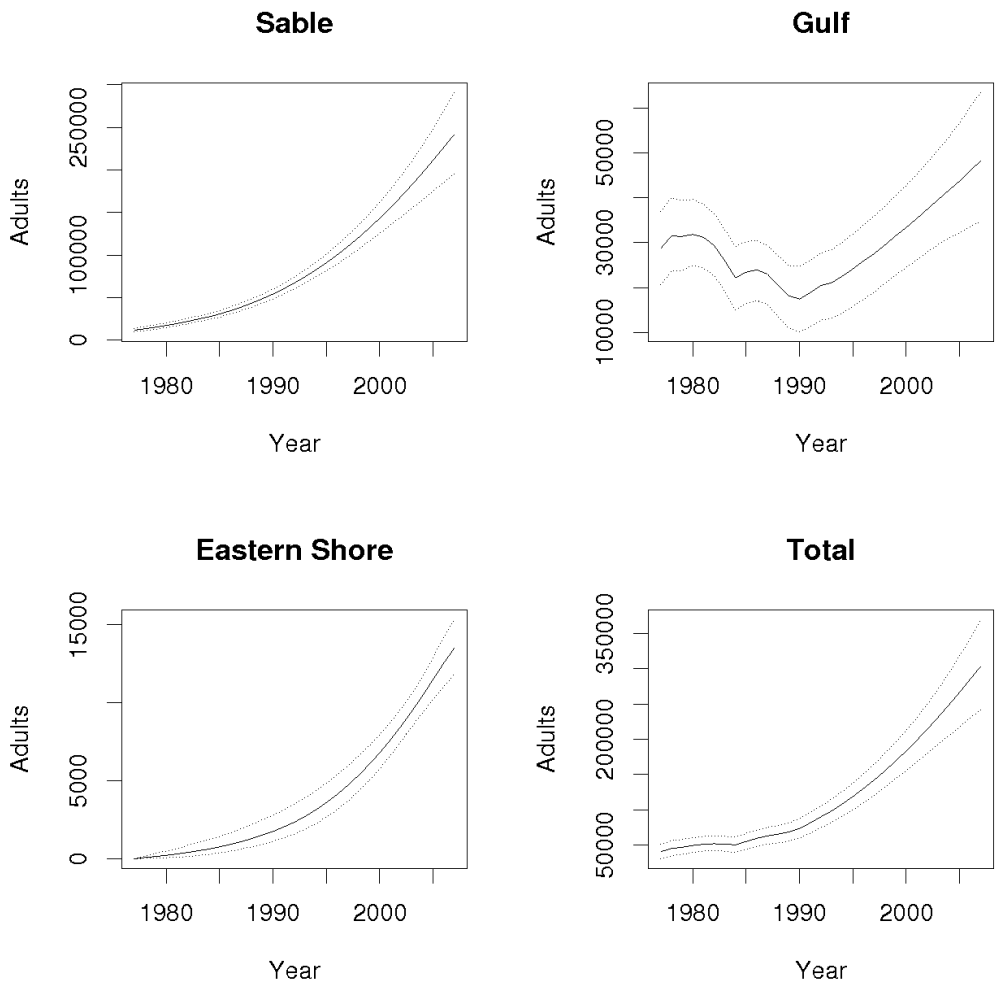

Figure 7. Changes since 1980 in abundance of different herds and total population of northwest Atlantic grey seals.

Figure 7. Changements de l'abondance de différents troupeaux et de la population totale de phoques gris du Nord-Ouest de l'Atlantique depuis 1980.

Although distributed throughout the Gulf of St. Lawrence and along the Atlantic coast from northern Labrador to the New England States, most animals occur on the Scotian Shelf. However, the proportion varies seasonally as some animals distribute throughout the Gulf of St. Lawrence during spring, summer, and fall, then return to the Sable Island area during the January breeding season. In the southern Gulf, the number of grey seals may vary seasonal from as few as about 20,000 animals (Janunary-February) to as many as 60,000 animals (July-September).

Bien que les phoques gris soient présents à l'échelle du Golfe du Saint-Laurent et le long de la côte Atlantique, du nord du Labrador aux états de Nouvelle-Angleterre, la majorité des animaux se retrouvent sur le plateau néo-écossais. Cependant, les proportions varient de manière saisonnière car certains animaux se répartissent d'un bout à l'autre du golfe du St-Laurent pendant le printemps, l'été et l'automne puis retournent vers l'île de Sable en janvier pendant la saison de reproduction. Dans la partie sud du golfe, le nombre de phoques gris varie aussi suivant les saisons: il passe d'environ 20 000 individus en janvier-février, à 60 000 entre juillet et septembre.

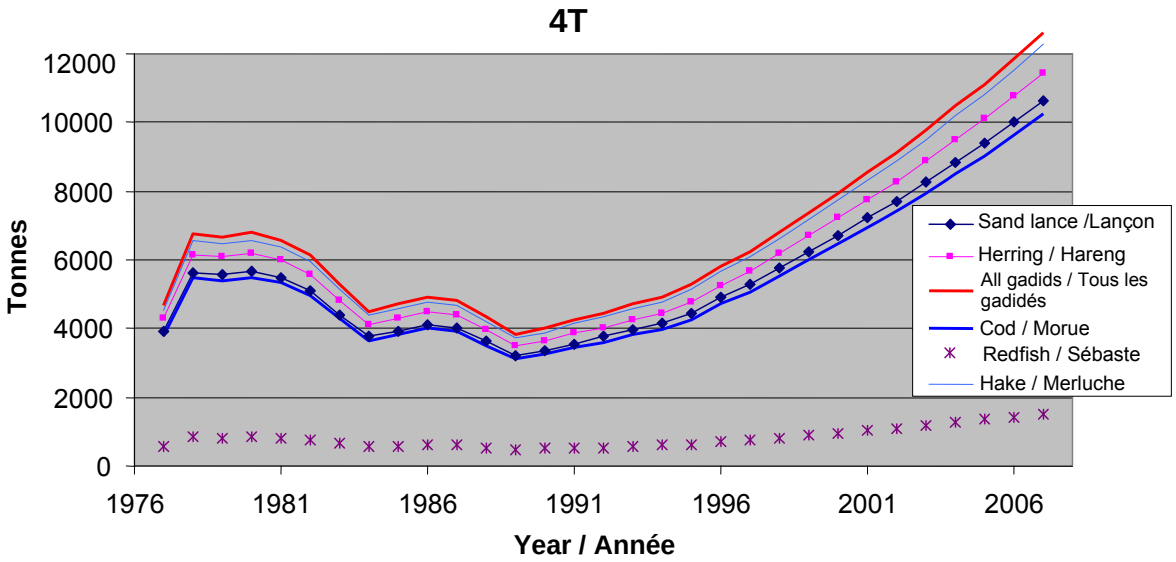

Figure 8. Fish consumption by grey seals in NAFO 4T.

Figure 8. Consommation de poissons par les phoques gris (Div. 4T OPANO)

Total consumption of cod in 4T is approximately 10,000 (SE=1500) tonnes in 2007 (Figure 8). Adding in winter consumption of 4T cod from 4Vn, using the diet based on a sample of 13 animals, would add another 2,000 t, if all gadids in the diet were cod. Grey seals feed primarily on smaller fish, with 72% of the cod consumed (by frequency of otoliths) fish between 25 and 45 cm in length (Figure 9).

La consommation totale de morue en 4T a été d'approximativement 10 000 tonnes en 2007 (figure 8). Si on ajoute à la consommation hivernale de 4T, la morue de 4Vn (en se basant sur le régime alimentaire provenant d'un échantillon de 13 animaux), on ajoute alors 2 000 tonnes supplémentaires, si on considère que tous les gadidés retrouvés dans ce régime alimentaire sont des morues. Les phoques gris se nourrissent essentiellement de petits poissons: en effet, 72% des morues consommées (selon la fréquence d'otolithes retrouvés) sont des poissons dont la taille est comprise entre 25 et 45 cm (figure 9).

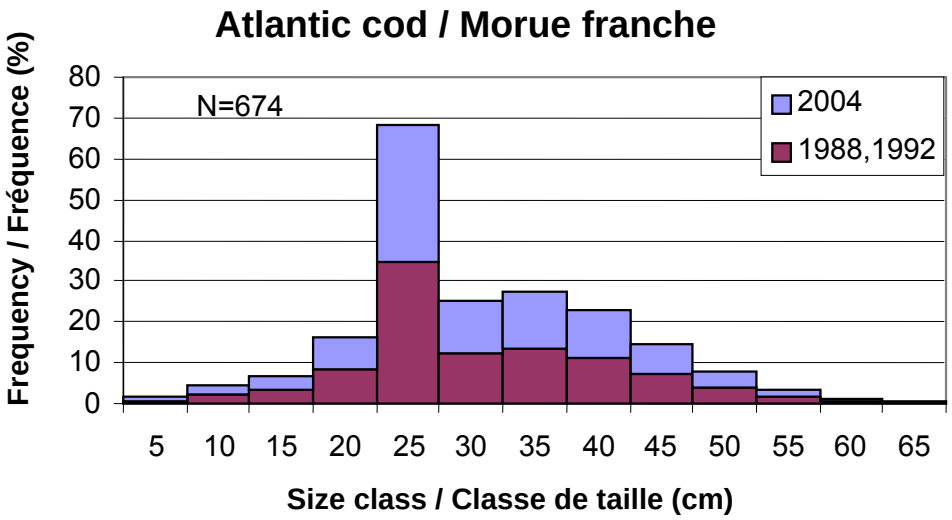

Figure 9. Frequency distribution of cod otoliths identified and measured in stomach contents from grey seals.

Figure 9. Fréquence de distribution des otolithes de morues identifiés et mesurés à partir de contenus stomacaux de phoques gris.

Cod in 4T may also be consumed by other marine mammals. Diet and abundance information are more limited than that available for seals, but suggests that cetaceans, including minke whales and harbour porpoise, may consume on the order of several tonnes.

La morue en 4T peut aussi être la proie d'autres mammifères marins. Les données sur l'abondance et les régimes alimentaires sont plus restreintes que pour les phoques, mais suggèrent que des cétacés, tels que le petit rorqual et le marsouin commun, pourraient contribuer à la consommation de morue à hauteur de plusieurs tonnes.

References

Hammill, M.O., and G.B. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), grey seals (*Halichoerus grypus*), harbour seals (*Phoca vitulina*), and hooded seals (*Cystophora cristata*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23.

Thomas, L, M.O. Hammill, and W.D. Bowen. 2007. Estimated size of the northwest Atlantic grey seal population 1977-2007. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res Doc. 2007/082.

Références

Hammill, M.O., et G.B. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), grey seals (*Halichoerus grypus*), harbour seals (*Phoca vitulina*), and hooded seals (*Cystophora cristata*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23

Thomas, L, M.O. Hammill, et W.D. Bowen. 2007. Évaluation de la population de phoques gris de l'Atlantique Nord-Ouest, 1977 - 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2007/082.

Cod-seal Interactions on Eastern Scotian Shelf Consideration of Modeling Assumptions

M. Sinclair and B. O'Boyle

Subsequent to the closure of the cod fishery on the eastern Scotian Shelf in 1993, it is estimated that natural mortality of cod has remained high,

Interactions phoque-morue sur la partie orientale du plateau néo-écossais. Réflexion sur les présuppositions du modèle.

M. Sinclair et B. O'Boyle

Après la fermeture de la pêche à la morue sur la partie orientale du plateau néo-écossais en 1993, il a été estimé que la mortalité naturelle de la

both for juveniles (ages 2-4) and adults (ages 5 and older). The purpose of this paper is to explore the implications of 2 assumptions that have been used in modeling the potential impacts of grey seals on cod stocks on the Scotian Shelf: 1) the proportion of cod in the diet of grey seals; and 2) the age/size composition of cod in the grey seal diets. Based on consideration of these 2 assumptions, the role of grey seals in the lack of cod stock recovery since the closure are re-evaluated. The published literature ([e.g., Mohn and Bowen (1996); Trzcinski et al. 2006; and Bundy et al. (2009) concludes that grey seal predation on the cod population complex in 4VsW (eastern Scotian Shelf) was not important to the collapse, and cannot explain either the continued high natural mortality since the late 1980s or the lack of recovery of the stock.

Three methods have been used in the literature to estimate the percentage of cod in the diet of grey seals. The first method involves the analyses of fragments of diverse species in the stomachs of grey seals (the "stomach analysis" method). The second method involves the analysis of otoliths in the scat of grey seals from samples collected on land (the "scat" method). The third method involves the analysis and interpretation of the composition of fatty acids in the blubber of seals (the "QFASA" method). Regarding the "stomach analysis" method, sample numbers are limited, due to the intrusive method (i.e., killing of seals). Also, the digestion process limits identification of items in the diet and the stomach contents only reflects recent feeding (about 24 hours). The "scat" method is compromised to some degree by the dissolution of otoliths, which also influences estimation of the age and size composition of the prey items. The samples again represent recent feeding and are limited to seals defecating on land. The method may under-estimate consumption of prey items if "belly-biting" is significant (i.e., if the head of the fish is not eaten, and thus the otolith is not consumed). The "QFASA" method assumes that ingested fatty acids provide a readily identifiable signature of the prey ingested. This implies that ingested fatty acids are modified in predictable ways and that there is limited de nova synthesis and utilization. It is not clear how robust prey identification is to

morue est restée élevée, à la fois pour les juvéniles (2 à 4 ans) et pour les adultes (5 ans et plus). L'objectif de cet article est d'évaluer les implications de deux présuppositions qui ont été utilisées lors de la modélisation des répercussions potentielles des phoques gris sur les stocks de morue du plateau néo-écossais, à savoir: 1) la proportion de morue dans le régime alimentaire des phoques gris; et 2) la composition âge/taille des morues présentes dans le régime alimentaire des phoques gris. Suite à la prise en considération de ces deux présuppositions, le rôle des phoques gris sur l'absence de rétablissement des stocks de morue depuis la fermeture de la pêche, a été réévalué. Les différentes publications (par ex.: Mohn et Bowen (1996), Trzcinski et al. 2006, et Bundy et al. (2009)) ont conclu que la prédation des phoques gris sur l'ensemble des populations de morues en 4VsW (partie orientale du plateau néo-écossais) n'a pas joué une grande part dans l'effondrement et ne peut non plus expliquer la persistance de la forte mortalité naturelle depuis la fin des années 1980 ni/ou même l'absence de rétablissement des stocks.

Trois méthodes ont été utilisées dans la littérature pour donner une estimation du pourcentage de morues présentes dans le régime alimentaire des phoques gris. La première méthode, aussi appelée "la méthode d'analyse stomacale", consiste à analyser des fragments de différentes espèces présentes dans l'estomac des phoques gris. La seconde, "la méthode d'analyse des fèces", consiste en l'analyse d'otolithes retrouvés dans les fèces des phoques gris recueillis à terre. La troisième, "la méthode QFASA" consiste en l'analyse et l'interprétation de la composition en acides gras de la graisse des phoques. Le nombre d'échantillons pour la méthode d'analyse stomacale est limité car cette méthode est intrusive et nécessite la mort des phoques. Sans compter que le processus de digestion limite l'identification des éléments du régime alimentaire; le contenu des estomacs ne reflète en plus que la nourriture ingérée récemment (environ 24 heures). La réalisation de la méthode d'analyse des fèces est compliquée à un certain point par la dissolution des otolithes, ce qui influe aussi sur l'estimation de la composition en âge et en taille des éléments de proie. Les échantillons ne représentent là aussi que la nourriture récemment ingérée. Sans compter qu'ils ne peuvent provenir que de phoques déféquant sur terre. Cette méthode pourrait entre autres sous-estimer la consommation de certaines proies, si les morsures ventrales sont en proportion

metabolic processes within the seal. Differences in prey fatty acid compositions would likely need to be large to detect characteristic signatures in the seal's body lipid. While fatty acid signatures have been proposed for a range of grey seal prey species, experimental support for the method is limited. In summary, each of the three methods has weaknesses.

The literature on the percent (by weight) of cod in the diet of grey seals was summarized. For the northeast Atlantic (i.e., Iceland, North Sea, and west coast of Scotland), percent cod in grey seal diet ranges from 7% to 22% by weight. For the northwest Atlantic (Scotian Shelf, Gulf of St. Lawrence, and coastal Newfoundland), based on the "stomach analysis" and "scat" methods, the range is from 4% to 44% (both % frequency and % weight). For a comparable time period, the QFASA method estimates that about 1% of the grey seal diet is cod (by weight). When percent cod in the diet is examined in relation to the relative abundance of cod at the time of sampling, there is no evidence for density dependence (i.e., no reduction of percent cod in the grey seal diets during periods of lower cod abundance). From this, it is concluded that:

- There is high variability in the estimates of percent cod in grey seal diet, with the median being 18 and 13 percent for frequency and weight, respectively.
- Cod is a significant proportion of the grey seal diet in all areas and time periods when

significatives (c.-à-d. si la tête du poisson n'est pas mangée et donc l'otolithe non consommé). La méthode QFASA part du principe que les acides gras ingérés fournissent une signature facilement identifiable de la proie ingérée. Ceci implique que les acides aminés ingérés sont modifiés de manière prévisible et que l'utilisation et la synthèse *de novo* sont limitées. Il n'est pas encore clair à quel point l'identification des proies résiste aux processus métaboliques à l'intérieur du phoque. Les différences de composition des proies en acides aminés doivent probablement être suffisament grandes pour permettre la détection de signatures caractéristiques dans les lipides du phoque. Alors que les signatures en acides gras sont déterminées pour une bonne partie des espèces constituant les proies des phoques gris, le soutien expérimental pour cette méthode est limité. En résumé, chacune de ces trois méthodes a des faiblesses.

Une revue des données présentes dans la littérature sur le pourcentage de morue (en poids) retrouvé dans le régime alimentaire des phoques gris, est résumée ici. Dans le Nord-Est de l'Atlantique (c.-à-d. l'Islande, la mer du nord et la côte ouest de l'Écosse), le pourcentage de morues dans le régime alimentaire de phoques gris varie de 7% à 22% en poids. Dans le Nord-Ouest de l'Atlantique (le plateau néo-écossais, le golfe du Saint-Laurent et les côtes de Terre-Neuve), selon les méthodes d'analyses stomacale et des fèces, ce pourcentage varie de 4% à 44% (à la fois pourcentage en fréquence et pourcentage en poids). La méthode QFASA estime que, pour une période de temps comparable, environ 1% du régime alimentaire des phoques gris est constitué par de la morue (en poids). Si on examine le pourcentage de morues dans le régime alimentaire en relation avec l'abondance relative de morues au moment de l'échantillonage, on ne trouve pas de preuve de dépendance de la densité (c.-à-d. il n'y a pas de réduction du pourcentage de morues présentes dans les régimes alimentaires de phoques gris pendant les périodes de faible abondance de la morue). De là, on peut conclure que:

- On observe une grande variabilité dans les estimations du pourcentage de morues présentes dans le régime alimentaire des phoques gris. La médiane est de 18% en fréquence et 13% en poids.
- La morue représente une portion significative du régime alimentaire du phoque gris dans toutes

"stomach analysis" and "scat" methods are used, with cod often being the most frequent item in the diet.

- The proportion of cod in the seal diet does not appear to be related to the abundance of cod.
- The "QFASA" method estimates are outliers relative to the estimates from the other two methods.

Given the review of the literature on the percent cod in the diet of grey seals, it was concluded that it is useful to consider the mean/median estimates in modeling the impacts of grey seal predation on Scotian Shelf cod, in particular during the periods of moderate and low abundance of cod. It is recognized that at some low level of cod abundance, this species will be less frequent in the diet.

The age composition of cod in the diets of grey seals is difficult to estimate. The "scat" method, from aggregate samples on Sable Island, indicates that ages 1 to 3 are predominant. However, the overall literature from the northeast and northwest Atlantic, based on the "scat and stomach analysis" methods indicate that a broader size range of cod is consumed. The range being from 5 to 80 cm (with the mean size generally above 30 cm). The mean estimated from the Sable Island "scat" sampling (approximately 25 cm) is at the low end of the literature estimates. This suggests that scat samples likely represent feeding in the immediate vicinity of Sable Island where juvenile cod have been observed to occur. This is supported by the "QFASA" method, which estimates that grey seals consume mostly piscivorous feeding cod (i.e., cod greater than 35 cm). There are also anecdotal reports from the Scotian Shelf fishing industry that large cod have been observed in the mouths of seals. Thus, the estimates of age composition of cod in grey seal diet, which have been used in 4VsW models to date, may be biased towards smaller cod (due to the location of feeding of grey seals "hauling out" on the Island). It is useful to consider the implications of this in modeling cod-grey seal interactions.

les régions et sur toutes les périodes lorsque les méthodes d'analyses stomacale et des fèces sont utilisées. La morue est d'ailleurs souvent l'aliment le plus fréquent dans le régime.

- La proportion de morues dans le régime alimentaire des phoques ne semble pas lié à l'abondance de la morue.
- Les estimations fournies par la méthode QFASA sont des observations aberrantes en comparaison des estimations proposées par les deux autres méthodes.

La conclusion, suite à la revue de littérature sur le pourcentage de morues dans le régime alimentaire des phoques gris, est qu'il est utile de prendre en compte les estimations moyennes et médianes lors de la modélisation des répercussions de la prédation de phoques gris sur la morue du plateau néo-écossais, particulièrement pendant les périodes de faible ou de moyenne abondance des morues. Il a été établi que lors de périodes de très faible abondance, la morue est moins fréquemment retrouvée dans les régimes alimentaires.

Il est difficile de donner une estimation de la composition par âge de la morue dans les régimes alimentaires de phoques gris. La méthode des fèces utilisée sur des échantillons recueillis sur l'île de Sable, indique une prépondérance des morues âgées de 1 à 3 ans. Cependant, l'ensemble de la littérature du Nord-Ouest et du Nord-Est de l'Atlantique, basé sur les méthodes d'analyses stomacale et des fèces, indique que des morues dont le spectre de taille est plus étendu, sont consommées. La taille des morues va de 5 à 80 cm (la taille moyenne est généralement supérieure à 30 cm). La moyenne obtenue lors de l'étude des échantillons recueillis sur l'île de Sable (environ 25 cm) est dans la partie inférieure des estimations. Ceci suggère que les échantillons de fèces représentent vraisemblablement la consommation dans les environs immédiats de l'île de Sable où les morues juvéniles sont souvent observées. La méthode QFASA renforce cette idée: selon cette méthode, les phoques gris consomment principalement des morues ichtyophages (c.-à-d. des morues de taille supérieure à 35 cm). Des rapports anecdotiques par l'industrie de la pêche du plateau néo-écossais signalent que des morues de grande taille ont été vues dans la bouche de phoques. Ainsi, les estimations de la composition par âge des morues dans le régime alimentaire des phoques gris, qui ont été utilisées jusqu'à aujourd'hui dans les modèles en 4VsW,

The modeling approach used to explore the implications of changes to the 2 assumptions (percent and size composition of cod in seal diet) employed an ADAPT formulation, modified to include cod–seal predation dynamics. In the earlier 4VsW modeling, the size composition of cod in the diet was based upon the scat method from samples taken on Sable Island. In this paper, the cod age composition in seal diet was modeled using 2 approaches. The first used the summer research vessel (RV) survey data as a proxy for the cod age composition from the research vessel survey. In effect, it constructed a seal "fleet" catch-at-age based upon the survey data. This assumes that seals encounter cod in the same proportion as observed by the summer survey. The second approach estimated cod age composition as a consequence of an assumed selection pattern of the seal "fleet". In this latter approach, 3 assumed selection patterns were input – one assuming that seals eat cod in proportion to their abundance (Flat), one assuming a modest decline in selection with cod age (Dome), and one assuming a selection pattern which would produce the percent cod age composition as observed by the scat method (Scat). In all 4 models, the seal "fleet" consumed an annual "quota", which was estimated based upon an assumed percent cod in the diet and the total consumption of fish by grey seals in 4VsW during 1970–2000, this based upon seal energetics as described in earlier 4VsW models. Here, it was assumed that grey seals consume 13.5% by weight of total diet as cod for 1970 to 2000 (close to the median in the literature and the value used in the earlier models). Cod catch-at-age from the fishery for this period was the same as used in earlier models.

sont peut-être biaisées vers des morues de plus petite taille (à cause des endroits où s'alimentent les phoques gris qui fréquentent les échoueries de l'île). Il est utile de prendre ceci en considération lors de la modélisation des interactions morue-phoque gris.

L'approche de modélisation choisie pour explorer les conséquences des changements apportés aux deux présuppositions (pourcentage et composition en taille des morues dans le régime alimentaire des phoques) utilisait la formulation ADAPT, modifiée pour inclure les dynamiques de prédation phoque-morue. Lors d'une modélisation antérieure pour 4VsW, la méthode d'analyse des fèces a été utilisée sur des échantillons récoltés sur l'île de Sable afin d'étudier la composition de la taille des morues retrouvées dans le régime alimentaire. Dans le présent exposé, la distribution des différentes classes d'âge de la morue a été modélisée selon deux méthodes. La première a utilisé les données des relevés faits à partir du navire de recherche pendant l'été pour représenter la distribution par âge de la morue. Concrètement, il a été considéré qu'une "flottille" de phoques rencontrerait ses proies dans des proportions semblables aux prises selon l'âge rapportées par les données du relevé. La seconde approche a utilisé les estimations de la composition par âge des morues comme conséquence d'un shéma de sélection présupposé suivi par la "flottille" de phoques. Dans cette dernière approche, trois patrons de sélection possibles ont été introduits dans le modèle: l'un présumant que les phoques se nourrissent de morues proportionnellement à leur abondance ("Plat"), l'un supposant un déclin modeste dans la sélection en fonction de l'âge des morues ("Dome"), et le dernier utilisant un patron de sélection qui produisant le pourcentage de la composition par âge observé avec la méthode d'analyse des fèces ("Fèces"). Dans chacun des 4 modèles, la "flottille" de phoques a consommé un "quota" annuel, estimé selon le pourcentage de morues dans le régime alimentaire et la consommation totale de poissons par les phoques gris en 4VsW entre 1970 et 2000, calculée à partir des besoins énergétiques des phoques décrits dans les modèles antérieurs traitant de la zone 4VsW. Il a été présupposé que la morue représente 13,5% de la consommation en poids du régime alimentaire total des phoques gris, pour la période s'étendant de 1970 à 2000 (donnée proche de la médiane trouvée dans la littérature et valeur utilisée dans les modèles antérieurs). Les captures selon l'âge de morues

effectuées par l'industrie de la pêche pour cette période sont les mêmes que celles utilisées lors de modèles antérieurs.

Both approaches provided reasonable fits to the survey indices, except in the case of the Scat option, where model convergence was not achieved. While the remaining 3 models provided similar fits to the observation inputs, the best fit was achieved assuming a Flat selection pattern. The main difference between this and the RV option was that the former assumed that cod recruit to the seal diet at age 2, whereas the RV option assumed cod recruiting to the diet at age 3. Based upon goodness of fit criteria, these models imply that seals do not preferentially select for ages 1 to 3 cod (as indicated by the scat method using samples from Sable Island).

Les deux approches permettent un ajustement raisonable du modèle aux données, excepté dans le cas de l'analyse de fèces pour lequel la convergence du modèle n'a pas été atteinte. Bien que les trois modèles restants aient donné des résultats en accord avec les données observées; le meilleur ajustement a été atteint avec le patron de sélection "Plat". La principale différence avec l'option du navire de recherche ("NR") est que la sélection "Plat" partait du principe que les morues commençaient à faire partie du régime alimentaire du phoque à l'âge de 2 ans, contre 3 ans dans l'option "NR". En se basant sur ces critères de qualité d'ajustement, ces modèles impliquent que les phoques ne sélectionnent pas les morues de 1 à 3 ans (comme ce qui est indiqué par la méthode des fèces utilisant les échantillons de l'île de Sable).

All models estimate comparable trends in cod recruitment and adult abundance, the latter being marginally greater than estimated previously. Contrary to previous models, seal predation mortality represents an increasing proportion of total mortality across all cod age groups since the fishery closure in 1993. Assuming a residual natural mortality of 0.2, the trends in total mortality of both young cod (ages 2 to 4) and older cod (ages 5-7) produced by these models are consistent with estimates from the summer survey.

Tous les modèles produisent des tendances comparables pour le recrutement des morues et l'abondance des adultes, cette dernière étant marginalement plus grande que lors des estimations précédentes. Contrairement aux modèles précédents, la mortalité due à la prédation par les phoques représente une proportion en hausse de la mortalité totale, et ce au niveau de tous les groupes d'âge depuis la fermeture de la pêche en 1993. En se basant sur une mortalité naturelle résiduelle de 0,2, les tendances de la mortalité totale des morues jeunes (2 à 4 ans) et plus âgées (5 à 7 ans) produites par ces modèles sont en accord avec les estimations du relevé de l'été.

In conclusion, the literature on cod consumption by seals suggests that cod can be an important component of the diet even at low cod abundance. This literature also suggests that seals can consume a broad age/size range of cod. Application of these assumptions in a 4VsW cod–seal model for 1970 – 2000 produces a temporal pattern in cod total mortality across the full range of ages that is consistent with patterns observed in the surveys. Recognizing that these are initial explorations, if these conclusions are robust to further examination, they imply that seals are an important source of current cod mortality and are inhibiting stock recovery subsequent to closure of the fishery in 1993.

En conclusion, la littérature sur la consommation de morues par les phoques suggère que la morue peut constituer une partie importante de leur régime alimentaire, même lorsqu'elles sont peu abondantes. Cette littérature suggère également que les phoques peuvent consommer une vaste gamme de classes d'âge et de taille. L'application de ces hypothèses au modèle phoques-morues pour les années 1970-2000 produit pour la mortalité totale des morues de toutes les classes d'âge une série temporelle qui est en accord avec les observations des relevés. Tout en reconnaissant que ces explorations sont préliminaires, si ces conclusions résistent à des études plus approfondies, elles impliquent que les phoques sont une source importante de la mortalité présente des morues et empèchent la

References

Bundy, A., J.J. Heymans, L. Morissette, and C. Savenkoff. 2009. Seals, cod, and forage fish: A comparative exploration of variations in the theme of stock collapse and ecosystem change in four Northwest Atlantic ecosystems. Progr. Oceanogr. 81(2009): 188-206.

Mohn, R., and W.D. Bowen. 1996. Grey seal predation on the eastern Scotian Shelf: Modeling the impact on Atlantic cod. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2722–2738.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, and W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Estimating Prey Consumption by Northwest Atlantic Harp Seals in Newfoundland Waters

G.B. Stenson, M. Koen-Alonso, A. Buren, and D. McKinnon

Consumption of Atlantic cod by harp seals off the east coast of Newfoundland in NAFO divisions 2J3KL was estimates in 2001 using data available up to the late 1990s. Since that time, considerable efforts have been made to update data on abundance, movements, and diets in this area. Recent consumption by harp seals was estimated by integrating information on the numbers at age, age specific energy requirements, seasonal distribution, and diet of harp seals in the Newfoundland area. Abundance was estimated using a population model integrating pup production between the late 1970s and 2004, annual estimates of reproductive rates from 1954-1998, and data on age specific removals from 1952-2008. Energy requirements of the population were estimated using a simple allometric model based on body mass obtained from monthly, sex specific growth curves. The proportion of energy obtained in 2J3KL was estimated using data obtained from satellite telemetry and traditional tagging studies. The diet of harp seals in nearshore and offshore waters during winter (October–March) and spring (April–September) was determined by reconstructing the wet weight of stomachs collected in 1982 and 1986-2007. The impact of different diet determination methods was explored by estimating consumption based

récupération du stock depuis la fermeture de la pêche en 1993.

Références

Bundy, A., J.J. Heymans, L. Morissette, et C. Savenkoff. 2009. Seals, cod, and forage fish: A comparative exploration of variations in the theme of stock collapse and ecosystem change in four Northwest Atlantic ecosystems. Progr. Oceanogr. 81(2009): 188-206.

Mohn, R., et W.D. Bowen. 1996. Grey seal predation on the eastern Scotian Shelf: Modeling the impact on Atlantic cod. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2722–2738.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, et W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Estimation de la consommation de proies par les phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest dans les eaux de Terre-Neuve

G.B. Stenson, M. Koen-Alonso, A. Buren et D. McKinnon

La consommation de morues franches par les phoques du Groenland au large de la côte est de Terre-Neuve (division 2J3KL de l'OPANO) a été estimée en 2001 en utilisant des données disponibles qui englobaient jusqu'à la fin des années 1990. Depuis lors, des efforts considérables ont été fournis afin de mettre à jour les données sur l'abondance, les mouvements et les régimes alimentaires dans cette région. La consommation récente des phoques du Groenland a été estimée en combinant des informations sur le nombre de phoques selon l'âge, les besoins énergétiques spécifiques selon l'âge, la distribution saisonnière et le régime alimentaire des phoques du Groenland dans la région de Terre-Neuve. L'abondance a été estimée en utilisant un modèle de population intégrant la production de jeunes entre la fin des années 1970 et 2004, ainsi que des estimations annuelles de taux de reproduction entre 1954 et 1998 et des données sur les captures de phoques spécifiques à chaque âge entre 1952 et 2008. Les besoins énergétiques de la population ont été estimés en utilisant un simple modèle allométrique basé sur la masse corporelle obtenue grâce à des courbes de croissance mensuelles pour chaque sexe. La proportion d'énergie trouvée pour 2J3KL a été estimée en

upon the proportion of cod in the diet obtained using a multinomial regression approach and fatty acid signatures. Uncertainty in the consumption estimates was approximated by incorporating the uncertainty in the numbers at ages, diets, energy requirements, and seasonal distribution.

utilisant des données obtenues par télémétrie satellite ainsi que par des études traditionnelles par étiquetage. Le régime alimentaire des phoques du Groenland dans les eaux littorales et au large pendant l'hiver (octobre à mars) et le printemps (avril à septembre) a été déterminé en reconstituant le poids humide des estomacs recueillis en 1982 et entre 1986 et 2007. L'estimation de la consommation basée sur la proportion de morues dans le régime alimentaire, obtenue en utilisant une approche de régression multinomiale et les signatures d'acides gras a permis d'évaluer les effets de différentes méthodes de détermination de régimes alimentaires. L'incertitude des estimations de consommation a été prise en compte en intégrant l'incertitude relative au nombre de phoques selon l'âge, aux régimes alimentaires, aux besoins énergétiques et à la distribution saisonnière.

The total population of northwest Atlantic harp seals was estimated to be 5.6 million (95% Confidence Interval (CI) 3.9-7.2 m) in 2008. Of their total energy requirement, approximately 20% and 19% were obtained in the Newfoundland areas during the winter and spring periods, respectively. Although specific diets varied with season, location, year, and method of estimation, forage fish such as capelin, Arctic cod, sand lance, and herring were the primary prey consumed. Incorporating data obtained from the reconstruction of stomach contents collected up to 2007 resulted in significant changes in the average diet compared to previous estimates (Figure 10). Reduced proportions of American plaice and other pleuronectids were observed, along with lower proportions of Arctic cod in the nearshore diets and capelin in offshore diets. In contrast, higher proportions of shrimp were observed, particularly in the offshore, while the proportion of Atlantic cod was slightly higher. These changes were also observed when annual diets were estimated using a multinomial regression method. However, this method also resulted in estimates of significant proportions of Atlantic cod in the offshore diets. In contrast, diets estimates based on fatty acid signatures showed extremely low levels of Atlantic cod in the diet and none in offshore diets (Figure 11; Tucker et al. 2009). Diets of seals collected in different areas and seasons obtained from fatty acids were more similar than those estimated from reconstructed hard parts, likely as a result of the longer integration period represented by this method. This method also resulted in higher estimates of sand lance, redfish, and amphipods, and lower

La population totale de phoques du Groenland dans le Nord-Ouest de l'Atlantique a été estimée à 5,6 millions en 2008 (Intervalle de Confiance à 95%: 3,9-7,2 m). Environ 20% et 19% de leurs besoins énergétiques totaux ont été acquis respectivement pendant l'hiver et le printemps dans la région de Terre-Neuve. Bien que les régimes alimentaires spécifiques soient variables selon la saison, l'emplacement, l'année et la méthode d'estimation, les principales proies consommées étaient des poissons fourrages tels que le capelan, la morue arctique, le lançon et le hareng. L'intégration de données obtenues grâce à la reconstitution des contenus stomacaux recueillis jusqu'en 2007 a provoqué des changements significatifs dans le régime alimentaire moyen, en comparaison avec les anciennes estimations (figure 10). Des proportions réduites de plies canadiennes et d'autres pleuronectidés ont été observées, de même que moins de morues arctiques dans les régimes alimentaires des phoques recueillis dans les eaux littorales et moins de capelans dans ceux recueillis au large. En revanche, de plus grandes proportions de crevettes ont été observées, particulièrement dans les régimes alimentaires au large; et la proportion de morues franches, elle, était légèrement plus élevée. Ces changements ont de nouveau été observés lors de l'estimation de régimes annuels avec la méthode de régression multinomiale. De cette méthode ont résulté des estimations de proportions significatives de morues franches dans les régimes alimentaires au large. A l'opposé, les estimations de régimes alimentaires grâce aux signatures des acides gras ont montré de très bas

estimates of Arctic cod, capelin, and Atlantic herring.

niveaux de morues franches dans les régimes alimentaires et aucune trace dans ceux provenant du large (figure 11; Tucker et al. 2009). Les régimes alimentaires des phoques recueillis dans différentes zones, lors de saisons différentes par la méthode des acides gras, se sont révélés plus proches les uns des autres que ceux qui ont été reconstitués à partir de parties dures, probablement grâce à la période d'intégration plus longue offerte par cette méthode. Des estimations plus élevées de lançons, de sébastes et d'amphipodes ainsi que des estimations moins élevées de morues arctiques, de capelans et de harengs atlantiques ont aussi été mises en évidence par cette méthode.

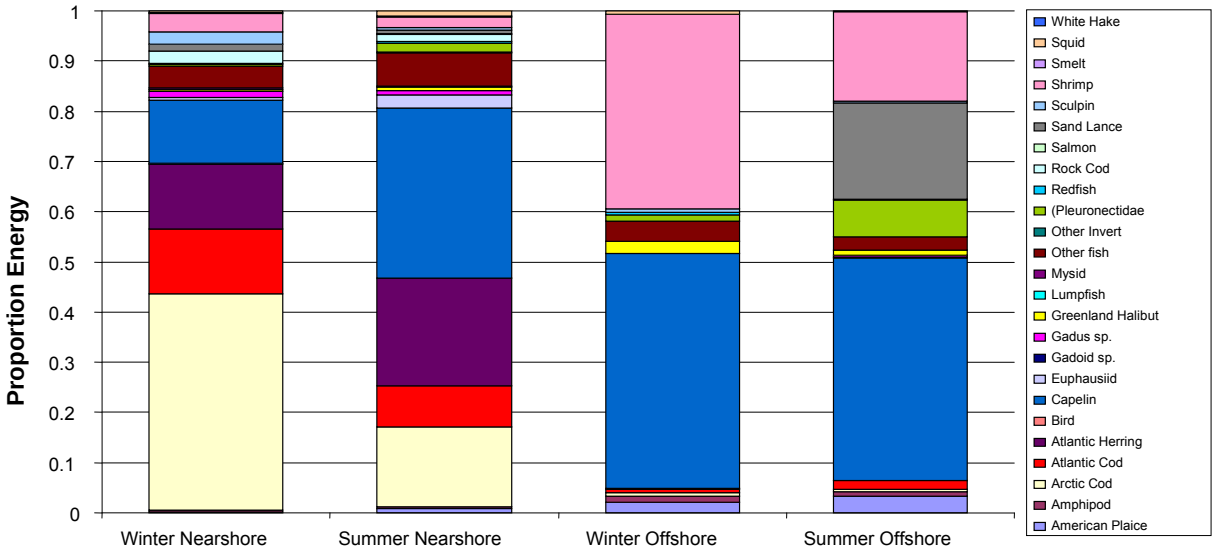

Figure 10. Diet of harp seals in 2J3KL determined from reconstruction of stomach contents of seals collected between 1986 and 2007.

Figure 10. Régime alimentaire des phoques du Groenland de 2J3KL établi suite à la reconstitution de contenus stomacaux recueillis entre 1986 et 2007.

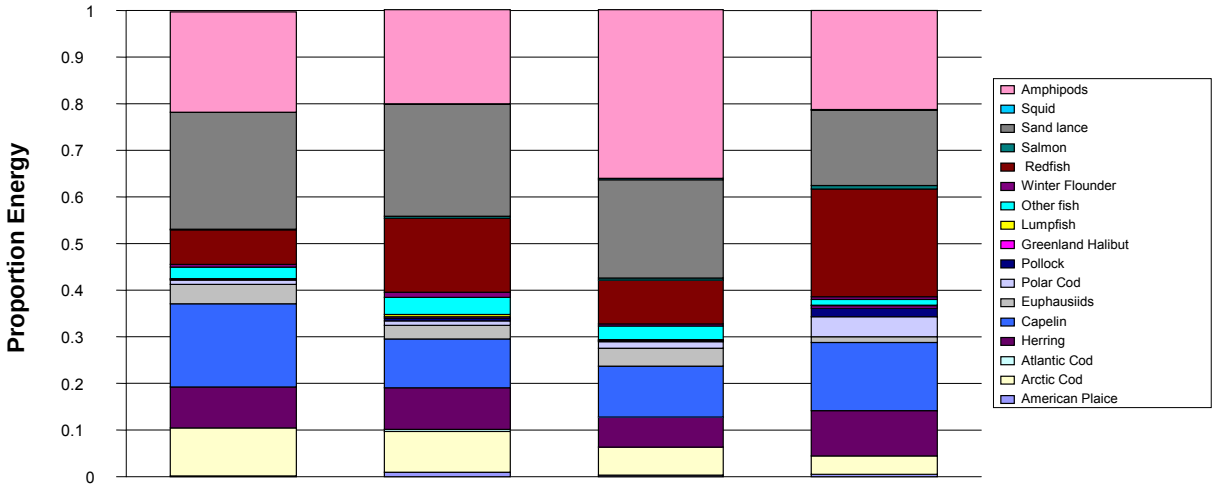

Figure 11. Diet of harp seals in 2J3KL determined from analysis of fatty acid signatures of blubber (from Tucker et al. 2009).

Figure 11. Régime alimentaire des phoques du Groenland de 2J3KL établi suite à l'analyse des signatures des acides gras de la graisse (de Tucker et al. 2009).

Using these 3 methods of estimating diets resulted in very different estimates of cod consumption, although all were highly imprecise. Based upon the average diet obtained from reconstructed hard parts in the stomachs, consumption of Atlantic cod increased from approximately 40,000 t in 1960 to over 80,000 t by the mid-1990s (Figure 12). Since then, it has remained relatively constant. Dividing the diet into northern and southern areas resulted in slightly higher estimates. Using the diet estimated by the multinomial regression method resulted in estimates of cod consumption approximately 3 times higher, primarily due to the higher proportion of cod in all components of the diet (Figure 13). Unlike the average diet, cod consumption was estimated to be increasing in recent years. In contrast to diets based on hard part analysis, only 1,000 t of Atlantic cod are estimated to have been consumed by harp seals, based upon the diets obtained from the fatty acid signatures (Figure 14). The length of cod consumed was estimated from the otoliths; samples collected in the 1980s and 1990s indicated that the vast majority of cod consumed were between 5 and 15 cm in length. Samples collected since 2000, however, indicate that larger cod have been consumed in recent years. Although these estimates indicate that substantial amount of cod are consumed, the impact of this consumption is unknown (but see below).

Des estimations très différentes sur la consommation de morues ont résulté de l'utilisation de ces trois méthodes, toutes ayant été grandement imprécises. Si on se base sur le régime alimentaire moyen reconstitué grâce aux parties dures retrouvées dans les estomacs, alors la consommation de morues franches a augmenté d'environ 40 000 t en 1960 à plus de 80 000 t au milieu des années 1990 (figure 12). Elle est depuis restée relativement constante. Des estimations légèrement plus élevées ont été obtenues en divisant les zones d'études des régimes alimentaires en région nord et sud. L'étude du régime alimentaire obtenu avec l'approche de régression multinomiale a indiqué une consommation de morues trois fois plus élevée essentiellement à cause de la proportion plus élevée de morues dans le régime alimentaire (figure 13). Contrairement aux résultats obtenus avec le régime alimentaire moyen, l'approche de régression multinomiale donne une estimation de la consommation de morues en augmentation ces dernières années. A l'opposé des régimes alimentaires dont l'étude est faite par l'analyses des parties dures, il a été estimé, par l'étude des signatures des acides gras, que seulement 1 000 tonnes de morues franches ont été consommées par les phoques du Groenland (figure 14). La taille des morues consommées a été estimée grâce aux otolithes: des échantillons recueillis dans les années 1980 et 1990 ont montré que la vaste majorité des morues consommées mesuraient entre 5 et 15 cm de long. Les échantillons

recueillis depuis 2000 montrent en revanche que des morues de plus grande taille ont été consommées ces dernières années. Bien que ces estimations indiquent qu'une quantité importante de morues ont été consommées, les répercussions de cette consommation sont inconnues (mais voir ci-dessous).

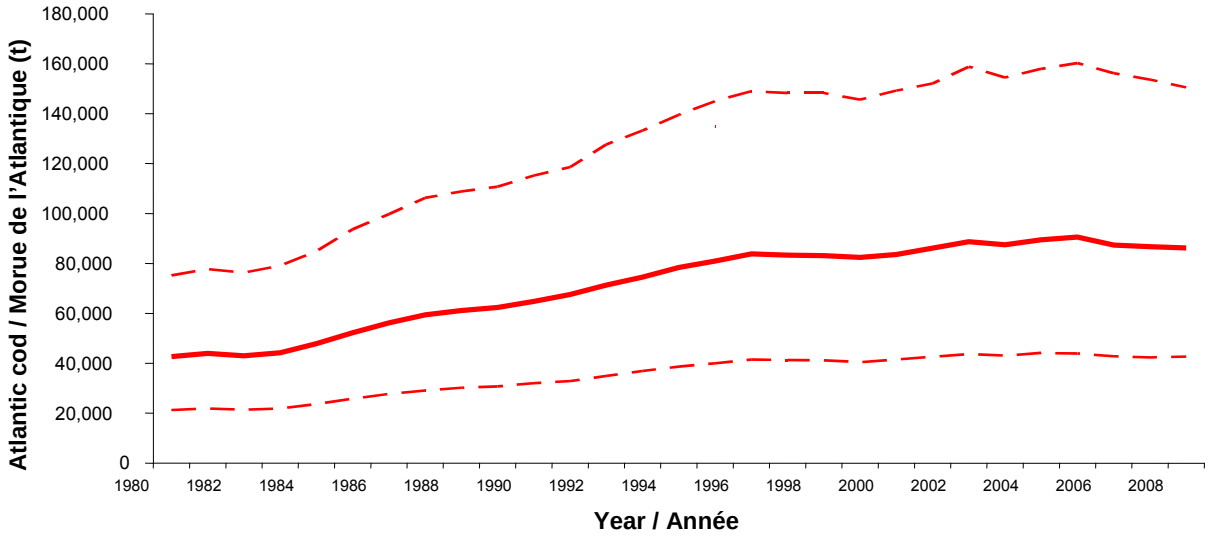

Figure 12. Estimated consumption of 2J3KL Atlantic cod by harp seals based upon the average proportion of cod in the diet from reconstructed stomach contents.

Figure 12. Estimation de la consommation de morues franches par des phoques du Groenland dans la zone 2J3KL, basée sur la proportion moyenne de morues retrouvée dans le régime alimentaire suite à la reconstitution de contenus stomacaux.

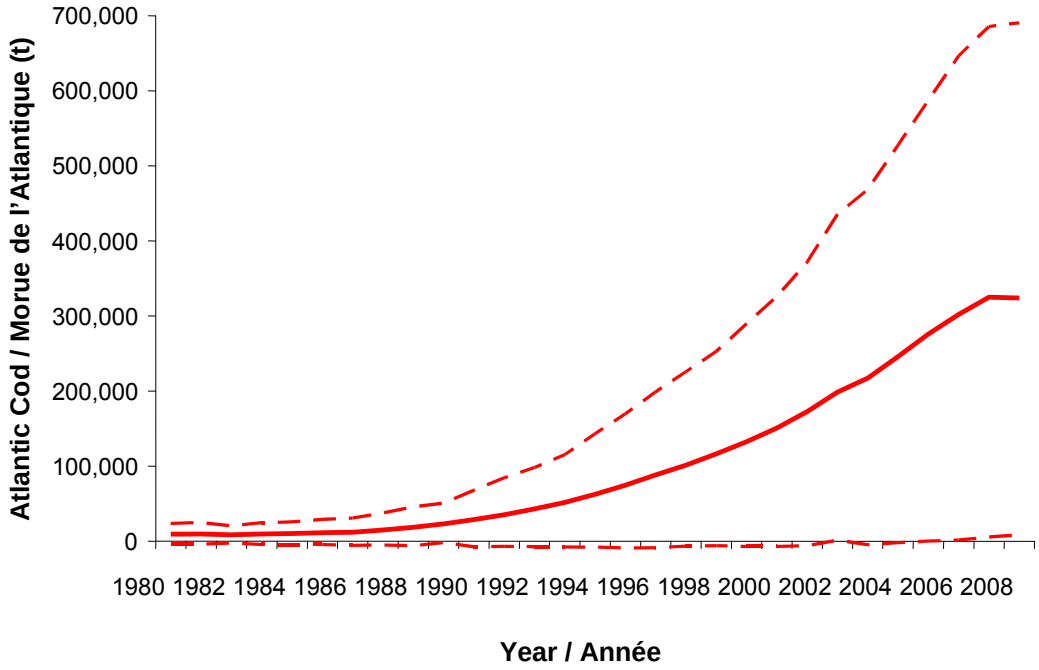

Figure 13. Estimated consumption of 2J3KL Atlantic cod by harp seals based upon the average proportion of cod in the diet using a multinomial regression technique.

Figure 13. Estimation de la consommation de morues franches par des phoques du Groenland dans la zone 2J3KL, basée sur la proportion moyenne de morues retrouvée dans le régime alimentaire selon la technique de régression multinomiale.

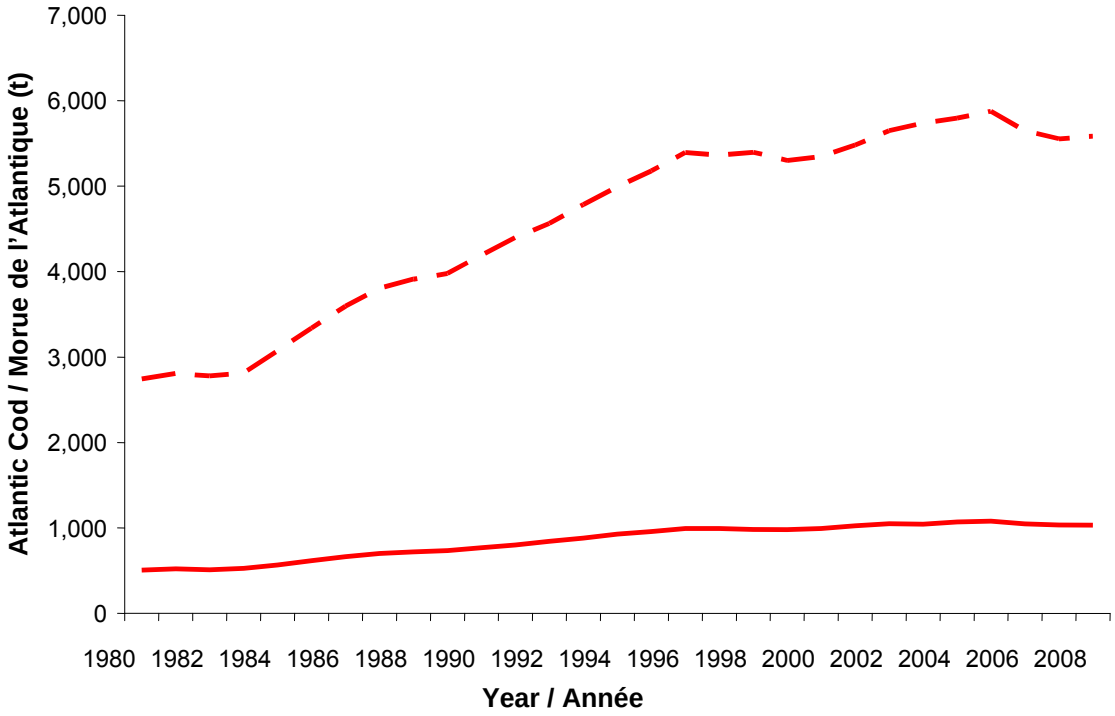

Figure 14. Estimated consumption of 2J3KL Atlantic cod by harp seals based upon the average proportion of cod in the diet using fatty acid signatures.

Figure 14. Estimation de la consommation de morues franches par des phoques du Groenland dans la zone 2J3KL, basée sur la proportion moyenne de morues retrouvée dans le régime alimentaire suite à l'analyse des signatures des acides gras.

References

Tucker, S., W.D. Bowen, S.J. Iverson, W. Blanchard, and G.B. Stenson. 2009. Sources of variation in diets of harp (*Pagophilus groenlandicus*) and hooded (*Cystophora cristata*) seals estimated from quantitative fatty acid signature analysis (QFASA). Mar. Ecol. Prog. Ser. 384: 287-302.

Références

Tucker, S., W.D. Bowen, S.J. Iverson, W. Blanchard, et G.B. Stenson. 2009. Sources of variation in diets of harp (*Pagophilus groenlandicus*) and hooded (*Cystophora cristata*) seals estimated from quantitative fatty acid signature analysis (QFASA). Mar. Ecol. Prog. Ser. 384: 287-302.

Trophodynamic Modeling of Core Species of the Eastern Scotian Shelf Marine Community

M. Koen-Alonso and A. Bundy

The eastern Scotian Shelf ecosystem has undergone dramatic changes since the early 1990s. These changes include the collapse of Atlantic cod (*Gadus morhua*), declines of many other groundfish including silver hake (*Merluccius bilinearis*), a quasi-exponential increase in grey seals (*Halichoerus grypus*), and large increases in forage species such as shrimp *Pandalus borealis* and sand lance *Ammodytes* sp. Although these signals were strong and, together with other

Modélisation trophodynamique des espèces clés de la communauté marine de l'est du plateau néo-écossais

M. Koen-Alonso et A. Bundy

L'écosystème de l'est du plateau néo-écossais a subi des changements radicaux depuis le début des années 1990. Parmi ces changements, on trouve l'effondrement des stocks de morues franches (*Gadus morhua*), le déclin de nombreux autres poissons de fond tels que le merlu argenté (*Merluccius bilinearis*), l'augmentation quasi-exponentielle de la population de phoques gris (*Halichoerus grypus*) et une forte augmentation des espèces fourragères telles que la crevette

changes constitute a trophic cascade through the system, attempts to model them through time using the tropho-dynamic modeling framework Ecopath with Ecosim (EwE) were only partially successful; most notably, the increase in forage species was not adequately simulated by the EwE model (Bundy 2005). This lack of complete success is not entirely unexpected, since the system has moved considerably from the mass balance assumed at the beginning of the simulation period (early 1980s).

nordique (*Pandalus borealis*) et le lançon (*Ammodytes sp*). Bien que ces signaux soient forts et, en conjonction avec d'autres changements, aient constitué une véritable cascade trophique à travers le système, les tentatives de les modéliser en fonction du temps en utilisant un cadre de modélisation trophodynamique de type Ecopath avec Ecosim (EwE) n'ont été que partiellement couronnées de succès; la simulation de l'augmentation des espèces fourragères n'a notamment pas été reproduite adéquatement avec le modèle EwE (Bundy 2005). Cette insuffisance n'était pas complètement inattendue car le système s'était considérablement éloigné de l'état d'équilibre présupposé au début de la période de simulation (début des années 1980).

A basic premise in ecosystem modeling is the development of alternative models to explore system dynamics. An alternative bioenergetic-allometric modeling framework (Yodzis and Innes 1992; Koen-Alonso and Yodzis 2005) was used to explore the changes outlined above, and focused the modeling exercise on some key trophic interactions (Figure 15). Three different model configurations were explored, 2 of them with bioenergetic-allometric parameterizations (S1 and S2), and a third one where no bioenergetic-allometric constraints were assumed (S3). The difference between S1 and S2 was the inclusion in the latter of a time-series of grey seal catches from Sable Island, which only recently became available. S1 and S3 did not include this data series.

Une prémisse de base dans la modélisation d'écosystème est le développement de modèles alternatifs permettant d'explorer leur dynamique. Un cadre alternatif de modélisation bioénergétique-allométrique (Yodzis et Innes 1992; Koen-Alonso et Yodzis 2005) a donc été utilisé afin d'explorer les changements mentionnés ci-dessus; l'exercice de modélisation s'est concentré sur certaines interactions trophiques clés (figure 15). Trois configurations de modèles différentes ont été étudiées: deux avec des paramétrages bioénergétiques-allométriques (S1 et S2) et la troisième sans contrainte bioénergétique-allométrique (S3). S1 et S2 différaient par l'inclusion dans S2 d'une série temporelle, disponible depuis peu, de captures de phoques de l'île de Sable. Ces données n'étaient pas comprises dans S1 ni dans S3.

All models were fitted to the biomass time-series (for grey seals, cod, silver hake, sand lance, and shrimp) by maximum likelihood and assuming lognormal errors. The fitting process was done using the enhanced simulated annealing (ESA) algorithm (Siarry et al. 1997). Due to running time limitations and given the exploratory nature of this exercise, ESA was not allowed to fully converge, but was given enough running time to approach, at least in principle, the area in parameter space where the maximum likelihood should be located (Figure 16). For each model, this fitting process was repeated 100 times from different starting points in parameter space and all results were examined. Even though this procedure does not render any single parameter set that can be identified as the maximum likelihood estimate (MSE), the examination of multiple sufficiently-long fitting runs can provide a general perspective

Tous les modèles ont été ajustés à la série temporelle de la biomasse (pour les phoques gris, morues, merlus argentés, lançons et crevettes) en utilisant la méthode de vraisemblance maximale et en supposant des erreurs log-normales. L'ajustement du modèle s'est fait grâce à l'algorithme de recuit simulé amélioré ESA (Siarry et al. 1997). À cause des limites dues au temps d'exécution de l'algorithme et comme ceci était un exercice exploratoire, le ESA ne s'est pas vu donné le temps nécessaire pour atteindre une convergence complète mais a eu assez de temps pour se rapprocher, du moins en principe, de la zone dans l'espace paramétrique où est censée se situer la vraisemblance maximale (figure 16). Pour chaque modèle, le processus d'ajustement a été répété 100 fois en utilisant différents points de départ dans l'espace paramétrique. Bien que cette méthode ne permette pas d'obtenir

of the behaviour of the model and some first approximation of its uncertainty (Figure 16). The general consistency in the results from each model configuration indicated that the corresponding MSE regions were reasonably bounded.

l'ensemble particulier de paramètres qui correspond au maximum de vraisemblance, l'examen d'un grand nombre d'exécutions suffisamment longues de l'algorithme peut fournir une idée générale du comportement du modèle et une première approximation de son incertitude (figure 16). La cohérence générale des résultats de chaque configuration du modèle indique que les régions de vraisemblance maximale correspondantes sont raisonnablement bien délimitées.

The examination of these results allowed some preliminary conclusions to be drawn. All model configurations captured the decline and lack of recovery of cod and the increase in forage species; all models predicted an increase in cod consumption by grey seals until the mid-1990s (driven by the increase in the seal population), with a sharp decline afterwards (driven by the collapse of the cod stock). Even though there was a great variability in the predicted proportions of cod in the diet (e.g., Figure 17), all 3 model configurations showed large changes in the proportion of cod in the seal diet over time. They tended to predict medium to high proportions of cod in the seal diet in the early part of the time-series and a clear decline during the last 20 years (e.g., Figure 17). Overall, all models predicted that the consumption of cod by grey seals was a significant factor in preventing cod recovery. Furthermore, with only a few exceptions in the S1 model configuration, the predicted equilibrium biomasses from most runs suggested that a system configuration with both seals and cod in high abundance appears unlikely; the most frequent predicted equilibrium output was a system with low cod and high seal biomass. Model configurations using the bioenergetic-allometric parameterizations (S1 and S2) tended to predict consumption levels which were higher than the ones predicted by other modeling exercises (Trzcinski et al. 2006). The S3 configuration produced a total consumption closer to other models (e.g., Trzcinski et al. 2006), but still predicted higher cod consumption than expected *a priori*.

L'examen de ces résultats a permis de tirer quelques conclusions préliminaires. Toutes les configurations du modèle ont décelé le déclin et l'échec du rétablissement des stocks de morue ainsi que l'augmentation des espèces fourragères; tous les modèles ont prédit une augmentation de la consommation de morue par les phoques gris jusqu'au milieu des années 1990 (encouragée par l'augmentation de la population de phoques) suivie d'un déclin brutal (suite à l'effondrement des stocks de morue). Les trois configurations ont mis en évidence de grands changements dans la proportion de morues retrouvées dans le régime alimentaire des phoques, même si les proportions prédites par chaque modèle étaient très variable (par ex. figure 17). Ces proportions allaient de moyennes à élevées dans la première partie de la série temporelle, suivi par un net déclin pendant les 20 dernières années (par ex. figure 17). Dans l'ensemble, tous les modèles s'entendaient sur le fait que la consommation de morue par les phoques gris était un facteur significatif pouvant empêcher le rétablissement des stocks. De plus, malgré quelques exceptions obtenues dans la configuration S1, les biomasses prédites à l'équilibre suggèrent qu'un système avec à la fois des phoques et des morues en forte abondance est peu probable. L'équilibre le plus fréquemment prédit est un système avec une faible biomasse de morue, et une forte biomasse de phoques. Les configurations de modèles qui utilisent les paramétrages bioénergétiques-allométriques (S1 et S2) ont tendance à prévoir des niveaux de consommation plus élevés que ceux prévus avec d'autres exercices de modélisations (par ex. Trzcinski et al. 2006). La configuration S3 a généré une consommation totale plus proche de celle donnée par d'autres modèles (par ex. Trzcinski et al. 2006), mais prévoyait toujours une consommation de morue plus élevée que celle à laquelle on pouvait s'attendre *a priori*.

These results are only a first approximation and require further investigation and analysis before firm conclusions can be made. In general terms, this model structure can simulate the observed trends for the species included in the model. In all its variants, it suggests that: a) grey seals are a significant factor preventing cod recovery, and b) a system configuration with high biomasses of both seal and cod seems unlikely. The latter is a surprising result and is not consistent with anecdotal reports of high cod and seal biomass in the past. The model also predicted a heavy reliance of seals on cod during the early part of the time-series, as well as the relatively high predicted proportions of cod in the diet during the more recent period. These predictions do not match, for example, available information of diet composition during the 1980s or more recent diet studies based on fatty acid analysis. Further examination of this model in all its variants is required. Additional expansions of this model structure by including other ecosystem components like redfish and zooplankton, and the inclusion of longer time-series of biomass data for the key components may help to shed more light on the history, current, and future states of the eastern Scotian Shelf ecosystem.

Ces résultats constituent seulement une première approximation: des études et des analyses plus approfondies seront nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions finales. De manière générale, cette structure de modèle réussit à simuler les tendances observées pour les espèces incluses. Toutes les variantes suggèrent que: a) les phoques gris sont un facteur significatif empêchant le rétablissement de la morue, et b) une configuration de système selon laquelle on trouverait à la fois des biomasses élevées de phoques et de morues semble impropable. Ce dernier résultat est surprenant et ne concorde pas avec les rapports anecdotiques décrivant des biomasses élevées de morues et de phoques dans le passé. Le modèle a aussi prévu une forte dépendance des phoques envers les morues pendant la première partie de la série temporelle, ainsi que des proportions relativement élevées de morues dans le régime alimentaire des phoques lors de la période récente. Ces prévisions contredisent, par exemple, les informations disponibles sur la composition du régime alimentaire pendant les années 1980 ainsi que les études de régime alimentaire basées sur l'analyse d'acides gras faites plus récemment. Un examen plus complet de toutes les variantes de ce modèle est requis. L'inclusion d'autres composantes de l'écosystème (par ex. sébaste et zooplancton) et l'insertion de séries temporelles plus longues sur les données de biomasse pour les composants clés, pourraient améliorer les connaissances sur les états passé, présent et futur de l'écosystème de l'est du plateau néo-écossais.

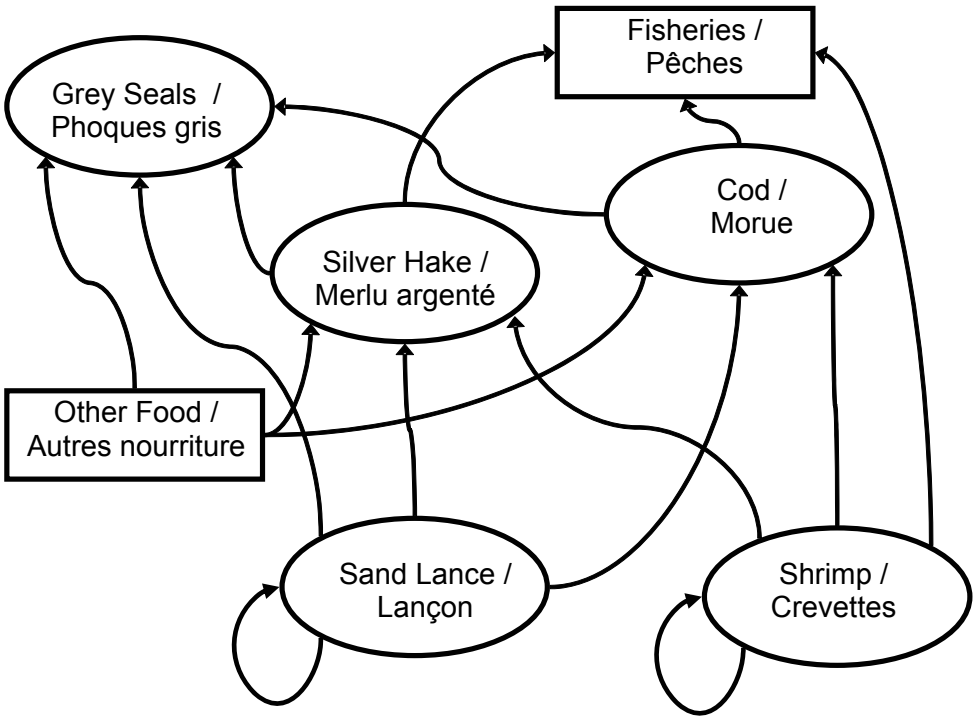

Figure 15. Basic structure of the eastern Scotian Shelf model. Sand lance and shrimp were modeled as basal species (basic logistic growth), silver hake, cod, and grey seals were modeled using consumer equations (see Yodzis and Innes 1992 and Koen-Alonso and Yodzis 2005, for general details on the modeling approach).

Figure 15. Structure de base du modèle représentant la côte est du plateau néo-écossais. Le lançon et la crevette nordique ont été modélisés comme espèces de base (croissance logistique basique), alors que le merlu argenté, la morue et les phoques gris ont été modélisés grâce à des équations de consommateur (voir Yodzis et Innes 1992 ainsi que Koen-Alonso et Yodzis 2005, pour les détails sur cette approche de modélisation).

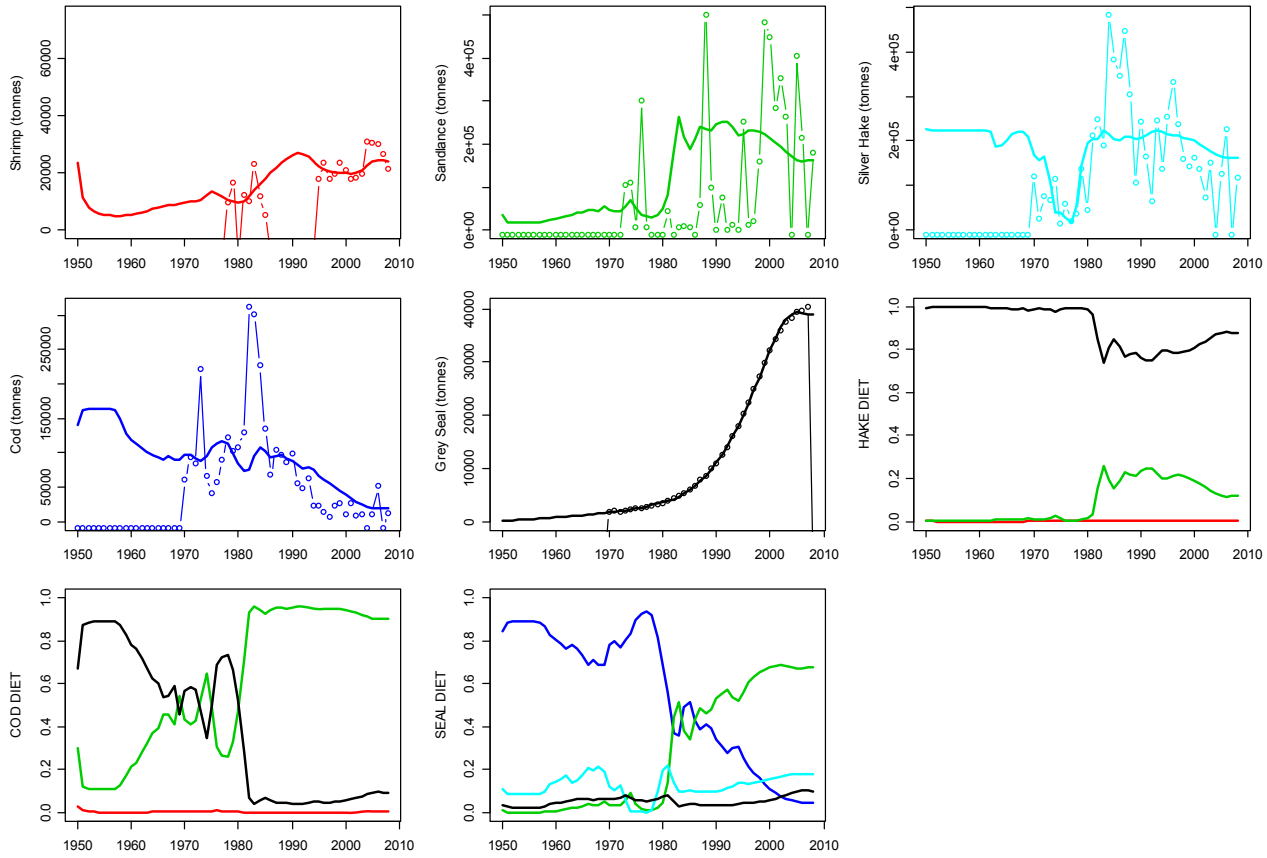

Figure 16. Example of a "good fitting run" from model configuration S1. The first 5 graphs (left to right, top to bottom) show the model fit (thick lines) to the time-series (thin lines with circles), the last 3 show the model-predicted diet composition for the 3 consumers in the model (silver hake, cod, and grey seals). These diet proportions reflect the changes in diet over time for the prey groups identified in the model. In the diet plots, the colours are matched with the stock trends plots (e.g., the blue line in the seal diet plot correspond to cod, while the green one is sand lance); since no predator in the model eats grey seals, the colour black is used to indicate "other prey".

Figure 16. Exemple d'une exécution du modèle dans sa configuration S1 avec un ajustement satisfaisant. Les 5 premiers graphiques (de gauche à droite et de haut en bas) montrent l'ajustement du modèle (lignes épaisses) à la série temporelle (lignes fines avec cercles), les 3 derniers montrent la composition du régime alirmentaire prédite par le modèle pour les 3 consommateurs (merlu argenté, morue et phoques gris). Ces proportions reflètent les changements de régime alimentaire au cours du temps pour les groupes de proies identifiés dans le modèle. Les couleurs des graphiques de régime alimentaire correspondent à celles des tendances de stock (par ex. la ligne bleue dans le régime du phoque correspond aux morues). Puisqu'aucun prédateur dans le modèle ne mange de phoque gris, la couleur noire indique les "autres proies".

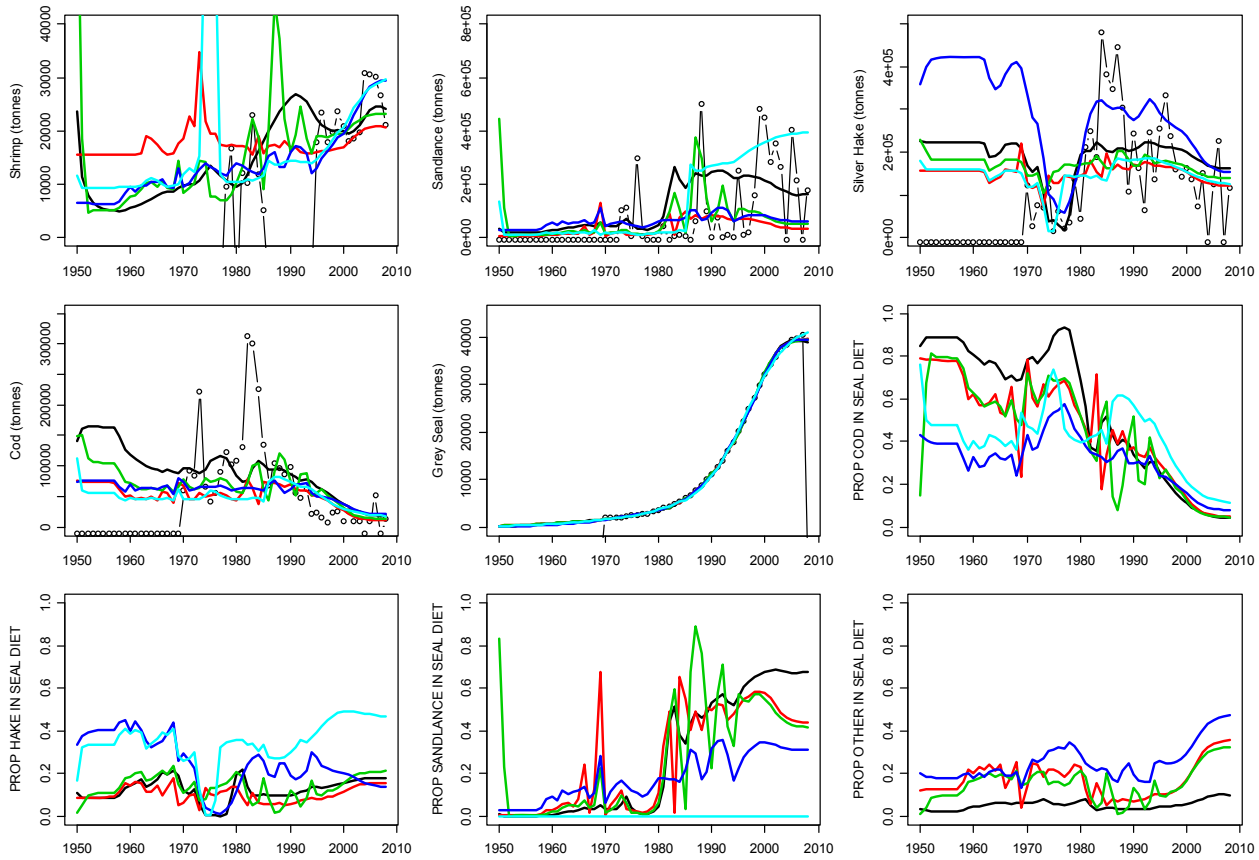

Figure 17. Best 5 fitting runs from model configuration S1. The first 5 graphs (left to right, top to bottom) show the model fits (thick lines) to the time-series (thin black lines with circles), the last 4 plots show the model-predicted diet composition for grey seals, where each plot correspond to a prey category. In all plots within this figure, the 5 colours always represent the same best fitting run (e.g., the black thick lines always correspond to best fitting run 1).

Figure 17. Les 5 meilleures exécutions du modèle dans sa configuration S1. Les 5 premiers graphiques (de gauche à droite et de haut en bas) montrent l'ajustement du modèle (lignes épaisses) à la série temporelle (lignes fines avec cercles), les 4 derniers montrent la composition du régime alirmentaire prédite par le modèle pour les phoques gris pour chaque catégorie de proie. Dans tous ces graphiques, les 5 couleurs représentent toujours les mêmes exécutions (par ex. les lignes noires épaisses correspondent toujours à l'exécution 1).

References

Bundy, A. 2005. On fishing and forcing: Gauging the role of environmental and anthropogenic forces on the ecosystem dynamics of the eastern Scotian Shelf, Canada. ICES CM 2005/M: 11.

Koen-Alonso, M., and P. Yodzis. 2005. Multi-species modeling of some components of the northern and central Patagonia marine community, Argentina. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62**:** 1490-1512.

Siarry, P., G. Berthiau, F. Durbin, and J. Haussy. 1997. Enhanced simulated annealing for

Références

Bundy, A. 2005. On fishing and forcing: Gauging the role of environmental and anthropogenic forces on the ecosystem dynamics of the eastern Scotian Shelf, Canada. ICES CM 2005/M: 11.

Koen-Alonso, M., et P. Yodzis. 2005. Multi-species modeling of some components of the northern and central Patagonia marine community, Argentina. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62**:** 1490-1512.

Siarry, P., G. Berthiau, F. Durbin, et J. Haussy. 1997. Enhanced simulated annealing for

globally minimizing functions of many-continuous variables. ACM Trans. Math. Softw. 23: 209-228.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, and W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Yodzis, P., and S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

Estimating the Impact of Grey Seals on Eastern Scotian Shelf Cod: An Update

globally minimizing functions of many-continuous variables. ACM Trans. Math. Softw. 23: 209-228.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, et W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Yodzis, P., et S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

Mise à jour de l'estimation des répercussions des phoques gris sur la morue de l'est du plateau néo-écossais

K. Trzcinski, R. Mohn, and W.D. Bowen

The Atlantic cod-seal predator-prey model of Trzcinski et al. (2006) was used to estimate the total consumption of grey seals on the eastern Scotia Shelf (4VsW) and impact of grey seals on cod recovery up to 2007. New data included the 2007 estimate of Gulf and Sable pup production and cod catch-at-age data to 2007. The proportion of cod at age was recalculated which resulted in more 1 year olds being eaten. Data on hunting removals on Sable Island in the 1960s were incorporated, which put a lower bound on the early population size and increased the estimate of abundance for that period. Data from satellite tracking was updated, but there was little change on the estimate of the proportion of grey seals on the eastern Scotian Shelf. Data from fat samples collected in 2003 and 2004 and used to estimate grey seal diet from fatty acid signature analysis was incorporated. A model constraint was added so that cod removals at age could not exceed the estimate of cod abundance at age. On the eastern Scotian Shelf, cod comprised on average <2% of a grey seals diet. This model run produced significantly lower estimates of natural mortality than Trzcinski et al. (2006). The updated model showed that in 2007 grey seals imposed a low level of instantaneous mortality (0.08), which is approximately 11% of the mortality due to all sources except fishing (0.74).

References

Trzcinski, K.M., R. Mohn, and W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Estimating the Impact of Grey Seals on Western Scotian Shelf Cod

K. Trzcinski, R. Mohn, and W.D. Bowen

K. Trzcinski, R. Mohn et W.D. Bowen

Le modèle de Trzcinski et al. (2006) sur les rapports prédateur-proie de la morue franche et du phoque gris a permis d'estimer la consommation totale des phoques gris de l'est du plateau néo-écossais (4VsW) ainsi que d'évaluer les répercussions des phoques gris sur le rétablissement des stocks de morue jusqu'en 2007. Les nouvelles données incluaient les estimations de production de jeunes phoques pour la population du Golfe et de l'île de Sable en 2007, ainsi que les données de capture selon l'âge des morues jusqu'en 2007. La distribution par âge de la morue a été recalculée, ce qui a permis de montrer que davantage d'individus de un an se faisaient manger. Les données des captures dues à la chasse sur l'île de Sable dans les années 1960 ont été intégrées et ont permis d'estimer la limite inférieure de la population à cette période et d'en augmenter les estimations d'abondance. Les données de suivi par satellite ont été mises à jour mais ont peu affecté les estimations de la proportion de phoques gris dans la partie est du plateau néo-écossais. Des données provenant d'échantillons de gras récoltés sur des phoques gris en 2003 et 2004 et ayant servi à déterminer leur régime alimentaire à partir de l'analyse des signatures des acides gras, ont également été intégrées. Une contrainte a été ajoutée au modèle afin que les captures de morues selon l'âge n'excèdent pas leurs estimations d'abondance aux mêmes âges. Dans la partie est du plateau néo-écossais, la morue constituait en moyenne moins de 2% du régime alimentaire des phoques gris. L'exécution de ce modèle a produit des estimations de mortalité naturelle significativement inférieures à celles de Trzcinski et al. (2006). Le modèle ainsi mis à jour a montré qu'en 2007, les phoques gris sont responsables d'une petite proportion de la mortalité instantanée (0.08) ce qui représente environ 11% de la mortalité dues aux sources autres que la pêche (0.74).

Références

Trzcinski, K.M., R. Mohn, et W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

Estimation des répercussions des phoques gris sur la morue de la côte ouest du plateau néo-écossais

K. Trzcinski, R. Mohn et W.D. Bowen

The model used to estimate grey seal consumption on the eastern Scotian Shelf (4VsW) was applied to the western Scotian Shelf (4X). A catch-at-age stock assessment model shows that cod have decreased 54% since 1970. There is no data on seal diet in 4X. Therefore, it was assumed that grey seals have a similar diet in 4X as in 4VsW. That is, that cod comprises approximately 2% of the diet. Since cod grow faster in 4X, the proportion of age-1 cod in the diet was estimated to be larger in 4X. The proportion of the Sable Island and Gulf of St. Lawrence components of the population which foraged in 4X was estimated by quarter using satellite-tagging data. A higher proportion of males foraged in 4X than females. The first estimate of the number of seals foraging on 4X, which was 25,300 (± 3,160 SE) in 2007. The consumption model estimated that grey seals consumed 21,954 t (± 7,897 SE) of prey. Mortality caused by grey seals has increased with the seal population and averages 0.0012, which is estimated to be approximately 2 % of total mortality. Fishing (bycatch) mortality is high (0.16) and along with high natural mortality due to other sources (approximately 0.66) is causing the stock to decline.

Afin d'estimer la consommation par les phoques gris dans l'ouest du plateau néo-écossais (4X), nous avons utilisé le même modèle que celui utilisé pour la partie est du plateau (4VsW). Un modèle d'évaluation des stocks par captures selon l'âge a montré que la morue a baissé de 54% depuis 1970. Les données sur le régime alimentaire des phoques de 4X ne sont pas disponibles. Par conséquent, nous avons supposé que les phoques gris avaient des régimes alimentaires similaires dans 4X à ceux de 4VsW; c'est-à-dire que la morue compose environ 2% du régime alimentaire. La morue grandissant plus vite en 4X, nous avons estimé que la proportion de morues d'un an contenue dans le régime alimentaire est plus grande dans 4X. Les données de suivi par satellite ont permis d'estimer à un quart la proportion d'individus de la population de l'île de Sable et du golfe du Saint-Laurent qui s'approvisionnent dans 4X. Une plus grande proportion de mâles que de femelles s'approvisionnent dans 4X. Le modèle a estimé que 25 300 phoques (± 3 160 erreur-type) s'approvisionnaient dans 4X en 2007. Le modèle de consommation a permis d'estimer que les phoques gris ont consommé 21 954 t (± 7 897 erreur-type) de proies. La mortalité causée par les phoques gris a augmenté en même temps que la population de phoques et atteint en moyenne 0,0012, ce qui représente approximativement 2% de la mortalité totale. La mortalité due à la pêche (prises accessoires) est élevée (0,16) et, combinée à la mortalité naturelle élevée due à d'autres causes (approximativement 0,66), est responsable du déclin du stock.

Exploring Predation and Competition Impacts of Harp Seal on Northern Cod: Modeling Approach and Preliminary Runs

A.D. Buren, M. Koen-Alonso, and G.B. Stenson

A general framework to explore common hypotheses about the non-recovery of the northern cod stock requires that the effects of harp seal predation, capelin availability, fisheries catches, and physical environment (temperature) can be tested simultaneously and their relative empirical support weighed (Figure 18). Within such framework, this work was focused on the effects of predation, fisheries, and capelin availability, leaving the other components for further developments. A bioenergetic-allometric (Yodzis and Innes 1992) cod biomass dynamic model was implemented, where fisheries catches,

Etude des répercussions de la prédation et de la compétition par le phoque du Groenland sur la morue du nord: modélisation et essais préliminaires

A.D. Buren, M. Koen-Alonso, et G.B. Stenson

L'étude de plusieurs hypothèses communément proposées pour expliquer le non-rétablissement du stock de morues du nord requiert de pouvoir tester simultanément les effets de la pêche, de la prédation par les phoques du Groenland et de la disponibilité du capelan, ainsi que l'influence de l'environnement physique (température), et de pouvoir évaluer le soutien empirique de chacun de ces facteurs (figure 18). La présente étude propose une telle approche mais s'est concentrée sur les effets de la prédation, des pêches et de la disponibilité du capelan, laissant les autres éléments pour des études ultérieures. Un modèle

consumption by seals, and capelin (food) availability were included as external forcers of the model. Fisheries catches were obtained from DFO and NAFO, the effects of capelin were incorporated by making the cod population growth rate a function of capelin availability (assumed proportional to DFO acoustic index), and the harp seal consumption of cod was estimated using the most recent estimates (see above), which were obtained using an updated version of the Stenson and Perry's (2001) consumption model. Importantly, 2 different diet compositions were used as input for the consumption model: 1) "classic" description based on classic stomach content analysis; and 2) reconstructed diet taking a multinomial regression approach (Buren et al., this meeting). On the basis of this generic model, scenarios were explored by fitting different versions of the model to the observed DFO RV survey series for northern cod. These scenarios resulted from a combination of: a) removing each forcer from the model independently; and b) using the different estimates of harp seal consumption derived from the 2 diet descriptions considered. Due to their high uncertainty, consumption time-series were also allowed to scale up or down according to an *ad hoc* scaling parameter estimated during the fitting process. The resulting models were ranked according using the Akaike Information Criterion corrected for sample size (AICc) (Burnham and Anderson 2002). The scenario that performed best was the one that did not include seal predation (Figure 19). Based on the differences in AIC between models, all other scenarios can be dismissed (Table 3). These results suggest that for the study period, the consumption of cod by harp seals does not appear to be a significant driver of the stock. On the other hand, fisheries and availability of food emerged as significant drivers for northern cod. If these results hold after further scrutiny, having a healthy capelin stock would be a necessary element for a sustained rebuilding of the northern cod stock.

bioénergétique-allométrique (Yodzis and Innes 1992) étudiant la dynamique de la biomasse de la morue a été mis en place; les captures par la pêche, la consommation par les phoques et la disponibilité du capelan (nourriture) ont été incluses en tant que fonctions de force externe. Le MPO et l'OPANO ont fourni les données sur les captures de pêche; les effets du capelan ont été incorporés en faisant du taux de croissance de la population de morues une fonction de la disponibilité du capelan (supposé proportionnel au catalogue acoustique du MPO); et la consommation de morue par les phoques du Groenland a été estimée grâce aux estimations les plus récentes (voir ci-dessus) obtenues en utilisant une version améliorée du modèle de consommation de Stenson et Perry (2001). Deux descriptions différentes du régime alimentaire ont été utilisées comme entrées dans le modèle de consommation: 1) la description "traditionnelle" basée sur l'analyse de contenu stomacal classique; et 2) le régime alimentaire reconstitué grâce à l'approche utilisant les régressions multinomiales (voir Buren et al., ce document). À partir de ce modèle générique, différents scénarios ont été étudiés en ajustant différentes versions du modèle aux observations faites par les navires de recherche du MPO lors des relevés. Ces scénarios ont été bâtis: a) en enlevant chaque fonction de force externe du modèle une par une; et b) en utilisant plusieurs estimations de la consommation par les phoques du Groenland dérivées des deux descriptions du régime alimentaire. À cause de l'incertitude élevée, le modèle permettait aux séries temporelles de consommation d'être corrigées à la hausse ou à la baisse selon un paramètre *ad hoc* estimé durant l'ajustement. Les modèles issus de ce processus ont été comparés grâce au critère d'information d'Akaike corrigé pour la taille d'échantillon (AICc) (Burnham and Anderson 2002). Le meilleur scénario était celui qui n'incluait pas la prédation par les phoques (figure 19). Compte tenu des différences d'AIC entre les modèles, tous les autres scénarios ont pu être écartés (tableau 3). Ces résultats suggèrent que, durant la période étudiée, la consommation de morue par les phoques n'a pas eu une influence significative sur l'évolution du stock. Par contre, la pêche et la disponibilité de nourriture se sont avérées des éléments importants pour les morues du nord. Si ces résultats résistent à des études plus approfondies, cela impliquerait qu'un stock de capelans en bonne santé constitue un élément important pour le rétablissement durable du stock de morues du nord.

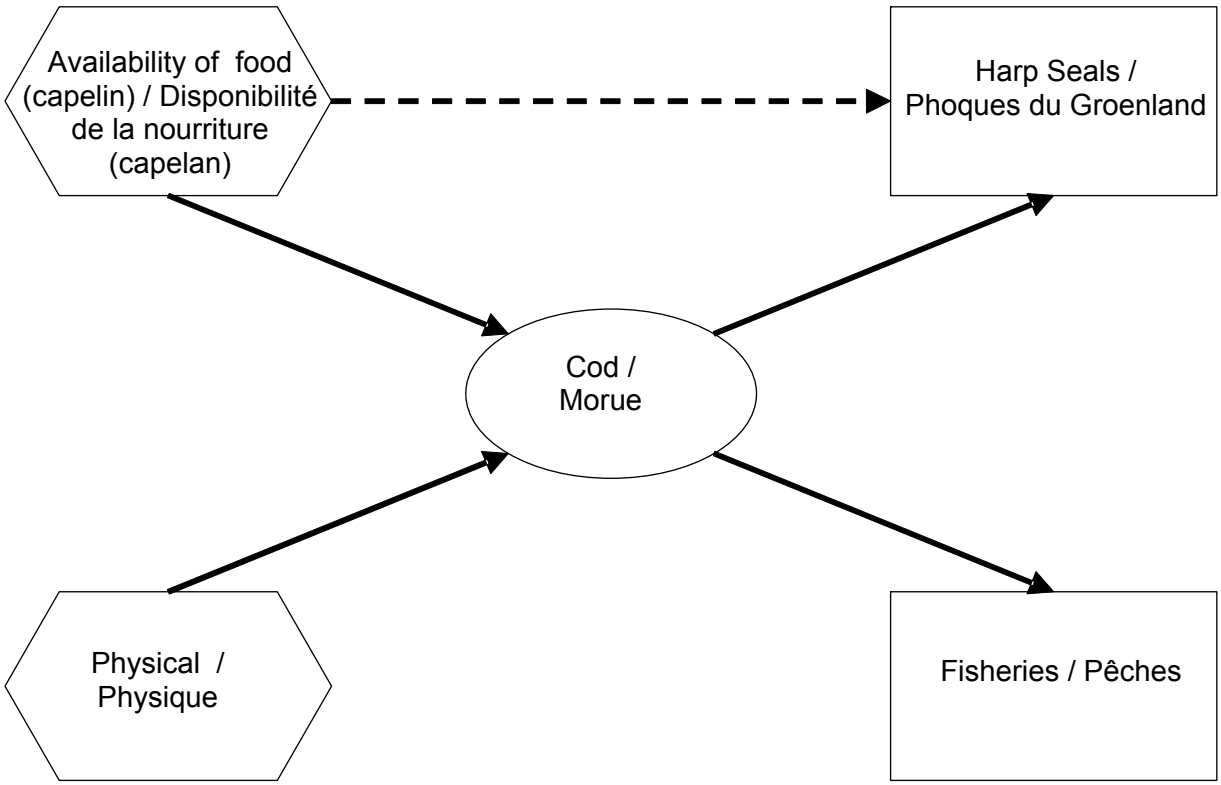

Figure 18. General framework to evaluate the effects of seal predation, food availability, fisheries catches, and physical environment on the dynamics of the northern cod stock. The hexagons represent factors that affect physiological parameters of cod, and the rectangles represent sources of biomass removal from the cod population. The dashed line represents competition for food resources between cod and seals.

Figure 18. Cadre général permettant d'évaluer les effets de la prédation par les phoques, la disponibilité de la nourriture, les captures par les pêches et l'environnement physique sur la dynamique du stock de morues du nord. Les hexagones représentent les facteurs qui affectent les paramètres physiologiques de la morue; les rectangles représentent les sources de retrait de biomasse de la population de morue. La ligne en pointillés représente la compétition pour la nourriture entre la morue et les phoques.

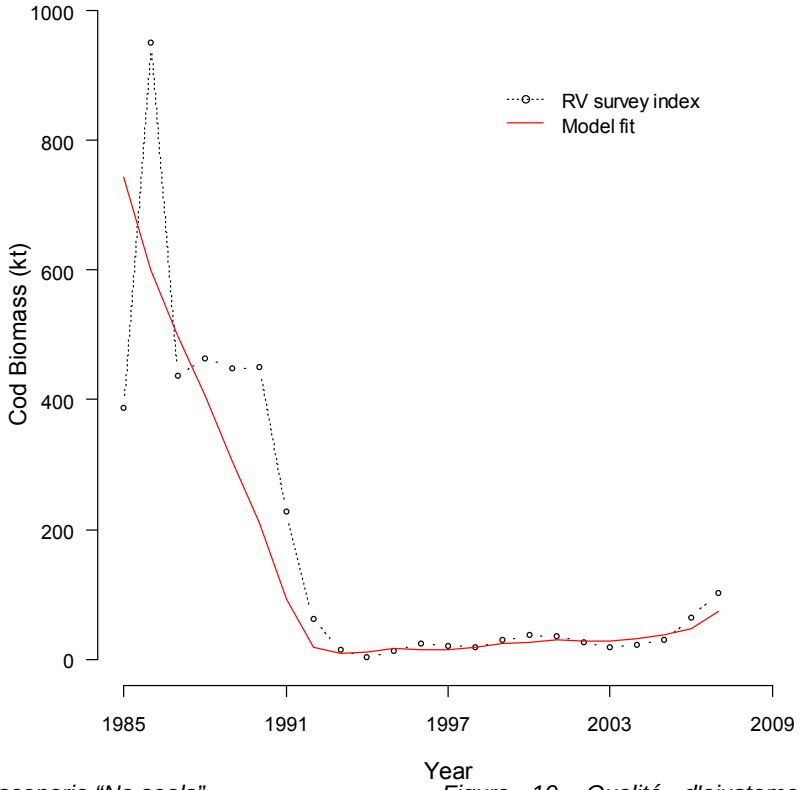

Figure 19. Fit of the scenario "No seals".

Figure 19. Qualité d'ajustement aux données du scénario "Sans phoques".

Table 3. Model selection statistics.

Scenario	$\ln[L(\theta)]$	Number of fitted parameters	AICc	Δ AICc
No seals	272.07	6	561.39	0.00
No capelin, classic, ASC	279.24	6	575.73	14.34
All effects, classic, ASC	281.15	7	583.77	22.37
All effects, MR, ASC	282.98	7	587.42	26.03
No capelin, MR, ASC	285.57	6	588.38	26.99
All effects, classic	288.61	6	594.47	33.08
No fishery, classic, ASC	288.22	7	597.91	36.52
No fishery, MR, ASC	288.42	7	598.31	36.92
All effects, MR	291.08	6	599.41	38.02

Tableau 3. Résultats de la sélection de modèle.

Scénario	$\ln[L(\theta)]$	Nombre de paramètres	AICc	Δ AICc
Sans phoques	272.07	6	561.39	0.00
Sans capelans, traditionnel, CCP	279.24	6	575.73	14.34
Tous les effets, CCP	281.15	7	583.77	22.37
Tous les effets, RM, CCP	282.98	7	587.42	26.03
Sans capelans, RM, CCP	285.57	6	588.38	26.99
Tous les effets, classique	288.61	6	594.47	33.08
Pas de pêche, traditionnel, CCP	288.22	7	597.91	36.52
Pas de pêche, RM, CCP	288.42	7	598.31	36.92
Tous les effets, RM	291.08	6	599.41	38.02

Notes:
Classic means that the diet of harp seals was described using a classic approach.

MR means that the diet of harp seals was described taking a multinomial regression approach.
ASC stands for “adjusted seal consumption”: The cod consumption was scaled by an estimated factor . This allowed us to explore a wide range of potential consumptions (e.g., the consumption in 2007 was allowed to vary between 10 and 400 kt).

All effects means that the effects of food availability, and removals by fisheries and seals were included in the model.

No seals means that the effect of cod consumption by seals was removed from the model.
No fishery means that the effect of fisheries catches was removed from the model.
No capelin means that the effect of food availability was removed from the model.

Notes:
"Traditionnel" signifie que le régime alimentaire des phoques du Groenland a été décrit selon une approche traditionnelle.
"RM" signifie que le régime alimentaire des phoques du Groenland a été décrit par régression multinomiale.
"CCP" signifie "correction de la consommation par les phoques": la consommation de morues par les phoques a été ajustée par un facteur de correction. Ceci nous a permis d’examiner une grande gamme de consommations potentielles (par ex. la consommation de 2007 pouvait varier entre 10 et 400 kt).
“Tous les effets” signifie que les effets de la disponibilité de la nourriture ainsi que les captures dues à la pêche et aux phoques, ont été intégrées dans le modèle.
"Sans phoques" signifie que l’effet de la consommation de morue par les phoques a été retiré du modèle.
Sans pêche signifie que l’effet des captures par les pêches a été retiré du modèle.
Sans capelan signifie que l’effet de la disponibilité de la nourriture a été retiré du modèle.

References

Burnham, K.P., and D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretical approach (2nd edition). Springer-Verlag, New York, NY.

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

Références

Burnham, K.P., and D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretical approach (2nd edition). Springer-Verlag, New York, NY.

Stenson, G.B., and E.A. Perry. 2001. Tenir compte de l'incertitude dans l'estimation de la consommation de morue franche (Gadus morhua), de capelan (Mallotus villosus) et de morue polaire (Boreogadus saida) par le phoque du Groenland (Pagophilus

Divisions 2J3KL. DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/074.

Yodzis, P., and S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

The Role of Predation by Harp Seals in the Collapse and Non-recovery of the Northern Gulf of St. Lawrence Cod. Explaining the Past and Exploring the Future

E. Chassot, A. Caskenette, D.E. Duplisea, M.O. Hammill, N. Bousquet, H. Bourdages, Y. Lambert, and G.B. Stenson

A statistical catch-at-age model was developed to assess the effects of northwest Atlantic harp seal predation on northern Gulf of St. Lawrence cod, by estimating the relative importance of different sources of mortality that affected the stock during a period of collapse and non-recovery. Cod recruitment at age 1 was modeled via a non-linear stock-recruitment relationship based on total egg production and accounted for changes in female length-at-maturity and cod condition. Natural mortality other than seal predation was assumed to be dependent on cod condition. This was used as an integrative index of changes in environmental conditions. The linkage between seals and cod was modeled through a multi-age functional response derived from the reconstruction of the seal diet using morphometric relationships and stomach contents of more than 200 seals collected between 1998 and 2001. In a first step, the model was fitted following a maximum likelihood estimation approach to a scientific survey abundance index (1984-2006) to explain the past dynamics of the cod stock. In a second step, model projections were performed for the period 2007-2030 based on different scenarios of environmental conditions that were assumed to affect residual natural mortality, fecundity, and growth through cod condition. Different levels of seal decline and alternative harvest control rules were considered for the projections. Model results showed that the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence cod stock was mainly due to the combination of high fishing mortality rates and poor environmental conditions in the early to mid-1990s contributing to the current state of recruitment overfishing. The increase in harp seal abundance during 1984-2006 was reflected by an increase in predation

groenlandicus) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO. Document de recherche Secr. can. de consult. sci. du MPO 2001/074

Yodzis, P., et S. Innes. 1992. Body size and consumer-resource dynamics. Am. Nat. 139: 1151-1175.

Le rôle de la prédation par les phoques du Groenland dans l'effondrement et le non-rétablissement de la morue du nord du golfe du Saint-Laurent. Explication du passé et exploration du futur.

E. Chassot, A. Caskenette, D.E. Duplisea, M.O. Hammill, N. Bousquet, H. Bourdages, Y. Lambert, et G.B. Stenson

Un modèle statistique de captures selon l'âge a été mis au point afin d'évaluer les effets de la prédation du phoque du Groenland du Nord-Ouest de l'Atlantique sur la morue du nord du golfe du Saint-Laurent. Cette évaluation consiste à estimer l'importance relative des différentes sources de mortalité qui ont affecté le stock pendant la période d'effondrement et de non-rétablissement. Le recrutement de la morue d'un an a été modélisé au moyen d'une relation non linéaire stock-recrutement fondée sur la production d'oeufs totale et tenant compte de la taille des morues à maturité et de la condition des morues. Le modèle suppose aussi que les sources de mortalité naturelle autre que la prédation par les phoques dépendaient de la condition des morues. Cette dernière a été utilisée comme indice intégré des changements environnementaux. La relation entre les phoques et la morue a été modélisée par une réponse fonctionnelle multi-âges obtenue par la reconstitution du régime alimentaire des phoques à l'aide de relations morphométriques et des contenus stomacaux de plus de 200 phoques, recueillis entre 1998 et 2001. Dans un premier temps, l'approche de la vraisemblance maximale a été utilisée pour ajuster le modèle aux indices d'abondance provevant des relevés scientifiques (1984-2006) afin d'expliquer la dynamique passée des stocks de morue. Dans un deuxième temps, le modèle a permis de construire des projections pour la période 2007-2030 selon différents scénarios de conditions environnementales supposées affecter la mortalité naturelle résiduelle, la fécondité et la croissance par leur influence sur la condition des morues. Pour ces projections, plusieurs niveaux de déclin des phoques et des règles alternatives de contrôle de

mortality for the young cod age-classes targeted by seals. The lack of recovery of the NGSL cod in the recent years seemed due mainly to the very low spawner biomass, driven both by the fishery inherently targeting larger fish and increased harp seal predation. Projection results suggested that the recovery time for cod could be strongly dependent on future harvest control rule, seal abundance and ecosystem productivity. Current levels of fishing mortality in conjunction with medium and low productivity could further delay cod recovery. A decline in harp seal population could benefit to cod spawner biomass and assist in stock recovery, but the expected consequences of such a decline were shown to be strongly related to the productivity regimes simulated.

la récolte ont été considérées. Les résultats obtenus montrent que l'effondrement du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent était principalement dû à la combinaison des taux de mortalité élevés dus à la pêche et de mauvaises conditions environnementales entre le début et le milieu des années 1990 ; ceci a contribué à l'état actuel de recrutement par surpêche. L'augmentation de la mortalité due à la prédation des morues de jeunes classes d'âge, ciblées par les phoques, reflète l'augmentation de l'abondance de phoques du Groenland entre 1984 et 2006. L'échec du rétablissement de la morue du nGSL ces dernières années semble être principalement dû à la faible biomasse d'individus reproducteurs, conséquence du fait que la pêche cible par nature des poissons de plus grande taille ainsi que de l'augmentation de la prédation par les phoques du Groenland. Les résultats de la projection suggèrent que la vitesse de rétablissement de la morue dépend fortement des futures règles de contrôle des récoltes, de l'abondance des phoques et de la productivité de l'écosystème. Les niveaux actuels de mortalité due à la pêche, associés à une productivité moyenne ou basse, pourraient retarder davantage le rétablissement de la morue. Un éventuel déclin de la population de phoques du Groenland pourrait se montrer bénéfique pour la biomasse d'individus reproducteurs et permettre le rétablissement du stock; mais il a été montré que les conséquences attendues d'un tel déclin sont fortement liées aux différents régimes de productivité simulés par le modèle.

Simulation of Animals Foraging Behaviour

U. Lindstrøm

Using realistic simulated prey fields, the behaviour of simulated predators can be modified until the resulting simulated diet observations mimic those observed in the field under similar conditions. The model (discrete) consists of a spatial prey simulation model and a foraging model. The simulation of various prey fields is performed by a geostatistical model, whereas a state-dependent foraging model, consisting of a prey use, space use and energetic state model, is used to simulate the predators foraging behaviour. The foraging model consists of several parameters, whereas only 3 are estimated; these are the switching coefficients (k) in the functional response equation. To mimic foraging behaviour, in this case the predator's diet, the 3 parameters in the foraging model are tuned in order to get the best

Simulation du comportement d'approvisionnement des animaux

En simulant des domaines de proie réalistes, on peut modifier le comportement d'un prédateur simulé jusqu'à ce que son régime alimentaire corresponde à celui observé dans des conditions similaires sur le terrain. La technique combine deux modèles: un modèle géostatistique qui simule le domaine spatial des proies et un modèle qui simule le comportement d'approvisionnement du prédateur en combinant un modèle de sélection des proies, un modèle d'utilisation de l'espace et un modèle de l'état énergétique. Le modèle d'approvisionnement comprend plusieurs paramètres, dont trois seulement sont estimés; ce sont les coefficients de commutation (k) dans l'équation de réponse fonctionnelle. Afin d'imiter le comportement d'approvisionnement, c'est-à-dire dans le cas présent le régime alimentaire du

fit to the data. This is done by giving starting values of the free parameters and letting the predator move and forage in the prey field for a fixed time interval (t,T). The difference between observed and simulated diet data is then minimised with respect k.

prédateur, les trois paramètres du modèle d'approvisionnement sont ajustés afin de correspondre au mieux aux données. Ceci est réalisé en attribuant des valeurs de départ aux paramètres libres et en laissant le prédateur se déplacer et rechercher la nourriture dans le domaine des proies pendant un intervalle de temps fixe (t, T). La différence entre les régimes alimentaires simulés et observés est alors minimisée pour obtenir k.

Discussion
Rapporteurs: D. Swain and C. den Heyer

Much of the discussion of the multinomial regression paper focussed on whether this method, which focuses on the main prey in each stomach, might underestimate or overlook the consumption of rare prey. It was argued that this is true if sample size is not large enough but that, with sufficient sample size, even rare prey should occasionally be the main prey. However, it was conceded that if a prey is very rare, it might be missed by this method. It was suggested that this could be important from the prey perspective; if rare prey are at low abundance, a small amount of predation could impose significant mortality. The author suggested that this issue is mainly a sampling issue, which can also be a problem for classical analyses. It was argued that, for some predators there can be prey that are often eaten, but never in large enough amounts to be main prey. The method assumes that every prey has the possibility of sometimes being the main prey. This may not occur depending on predator and prey behaviour.

Discussion
Rapporteurs: D. Swain et C. den Heyer

Une grande partie de la discussion sur l'article traitant de la régression multinomiale a porté sur la question de savoir si cette méthode, qui s'intéresse à la proie principale retrouvée dans les estomacs, n'aurait pas tendance à sous-estimer ou à négliger la consommation de proies rares. Cette préoccupation est fondée si la taille d'échantillonage n'est pas assez grande; mais si elle l'est, alors même les proies rares deviennent de temps en temps les proies principales. Il a toutefois été admis qu'avec cette méthode, si une proie est vraiment très rare, il est possible de la manquer. Il a été souligné que ceci peut être important pour la proie elle-même: si les proies rares sont peu abondantes, la prédation, même en petite quantité, peut impliquer une mortalité significative. L'auteur a suggéré que ceci relevait essentiellement d'un problème d'échantillonage, problème qui existe aussi pour les analyses traditionnelles. Il a été avancé que certains prédateurs se nourrissent souvent de certaines proies, mais jamais en quantités assez importantes pour que ces dernières deviennent la proie principale. La méthode suppose que chaque proie a la possibilité d'être la proie principale à un moment ou à un autre. Selon le comportement des prédateurs et des proies, cela peut ou non se produire.

It was suggested that a lot of information is wasted in using multinomial regression by focussing just on the main prey in each stomach. The author noted that this approach would not be used if a full enumeration of prey were available from each stomach. The idea is to increase sample size by just focussing on the main prey in each stomach, resulting in faster processing. This approach should be useful if the interest is in where a predator's energy comes from, but may not be if the interest is in the effects on rare prey. It was suggested that, instead of restricting the data to identifying the main prey in the stomach,

Un participant s'est inquiété du fait que beaucoup d'information est perdue par l'utilisation de la régression multinomiale car celle-ci s'intéresse seulement à la proie principale de chaque estomac. L'auteur a fait remarquer que cette méthode ne serait pas nécessaire si une énumération exhaustive des proies de chaque estomac était disponible. L'idée est d'augmenter la taille d'échantillonnage en se concentrant seulement sur la proie principale retrouvée dans chaque estomac, ce qui permet aussi un traitement plus rapide des échantillons. Cette approche se montre très utile si la question est de

perhaps the top three or four could be used; this would result in more information but still streamline sampling. This method may remove some of the effects of loss due to digestion, and the issue of secondary prey. However, as with classical methods, there are issues with measuring consumption of rare prey. It is a question of sample size.

savoir d'où vient l'énergie d'un prédateur, mais ne l'est pas si la question porte sur les répercussions sur les proies rares. Il a été suggéré qu'au lieu de restreindre les données à l'identification de la proie principale dans l'estomac, les trois ou quatre proies les plus importantes pourraient être utilisées: on obtiendrait alors plus d'informations, tout en continuant à simplifier l'échantillonage. Cette méthode résoudrait certains effets des pertes dues à la digestion, ainsi que la question des proies secondaires. Reste toutefois le problème de bien mesurer la consommation de proies rares. C'est une question de taille d'échantillonage.

Following the presentation of predation and competition impacts on northern cod, there was a question about whether one can say that turbot exerts more competition on cod than harp seals if estimates of total consumption are not available. The response was that, diet is more similar between cod and turbot than between cod and harp seals, so there is more potential for competition between cod and turbot. However, it is not possible to say whether there actually is more competition without estimates of total consumption by each of the two competitors.

Suite à la présentation sur les répercussions de la prédation et de la compétition sur les morues du nord, la question a été posée de savoir si on peut réellement dire que le turbot exerce plus de pression de compétition sur la morue que le phoque du Groenland alors que les estimations de consommation totale ne sont pas disponibles. La réponse est que les régimes alimentaires de la morue et du turbot sont plus similaires que ceux de la morue et du phoque du Groenland: il y a donc un potentiel de compétition plus fort entre la morue et le turbot. Il est cependant impossible de dire si la compétition est effectivement plus forte sans avoir les estimations de consommation totale de chacun des deux compétiteurs.

There was a question about the measure of trophic plasticity with respect to the comparative analysis of the diet of cod, Greenland halibut, and harp seal in Newfoundland waters. Trophic plasticity was measured by the distance between size classes in a two-dimensional MDS ordination based on diet composition. It was suggested that it might be better to calculate a full multivariate distance based on all dimensions of the diet. The authors responded that they had examined this and felt that the two dimensions of the MDS ordination provided a good measure of relative trophic plasticity.

Un participant a posé une question sur la mesure de la plasticité trophique lors de l'analyse comparative des régimes alimentaires de la morue, du flétan du Groenland et du phoque du Groenland dans les eaux de Terre-Neuve. La plasticité trophique a été calculée par la distance entre les classes de taille dans une ordination multivariée (MDS) à deux dimensions basée sur la composition du régime alimentaire. Il a été suggéré qu'il serait plus approprié de calculer une distance multivariée basée sur toutes les dimensions du régime alimentaire. Les auteurs ont répondu qu'ils avaient envisagé cette manière de faire, mais avaient jugé que les deux dimensions de l'ordination donnaient une mesure adéquate de la plasticité trophique relative.

Concerning the paper on simulating the uncertainty in estimating consumption, a participant asked whether it might be possible to estimate the incidence of belly-biting based on the differences between QFASA (fatty acid analysis) and stomach/faecal samples. It was noted that fatty acid and faecal data indicated similar main prey species although the proportions of the

Un participant a posé une question sur la simulation de l'incertitude lors de l'estimation de la consommation: il a demandé s'il serait possible d'estimer la fréquence des morsures ventrales en étudiant les différences entre les résultats de la méthode QFASA (analyse des acides gras) et ceux de l'analyse des échantillons stomacaux et fécaux. Il a été rappelé que les données

species in the estimated diets often differed. It was suggested that whole cod would not be distinguishable from cod bellies in fatty acid analyses, although this should be accounted for in the original identification of cod. It was also noted that potential biases in size distribution of prey persist in fatty acid analyses, because size distribution is based on hard parts in stomach or faecal samples. Finally, to account for the elevated mortality of adult cod, cod would have to comprise about 5% of seal diets. A participant noted that both cod and seals are widely distributed, so there should be ample opportunity for seals to consume this much cod. Failure to consume this much cod in the simulations must reflect low overlap in the seasonal distributions of cod and seals. The author replied that this was the case, the estimated overlap in distributions was low.

With respect to estimating the consumption by grey seals in the southern Gulf of St. Lawrence, a participant enquired about what was incorporated in the bootstrapping. Uncertainties seemed very tight compared to those in some other analyses. The author indicated that all parameters were bootstrapped and suggested that differences in uncertainty reflected differences in assumptions. The author indicated that results were most sensitive to the value of the beta parameter in Kleiber's equation. Further, there was a question about predation on 4T cod by other marine mammals besides seals. The author indicated that he did not examine potential predation by pilot whales because there is no information on diet or population size, though some distribution information would be available from tagging studies. For harbour porpoise, a good sample is available from Newfoundland in 1992, which indicated that cod comprised 10% of their diet off the west coast. Finally, there was discussion of the size composition of cod in grey seal diets. Estimates are based on the size distribution of cod otoliths taken from seal stomachs sampled at Anticosti Island. These samples were used because these were the freshest otoliths. A participant suggested that applying this size

provenant de l'étude des acides gras et celles provenant d'examens fécaux ont fait ressortir des proies principales similaires bien que les proportions estimées des différentes espèces étaient souvent différentes. Il a été suggéré que les morues entières ne pourraient pas être distinguées des abdomens seuls lors des analyses d'acides gras, mais cela ne devrait pas empêcher l'identification initiale de l'espèce. Il a aussi été noté que des biais potentiels dans la distribution des tailles de proie persistent dans les analyses des acides gras, car la distribution des tailles est basée sur les parties dures retrouvées dans les estomacs ou dans les échantillons fécaux. Enfin, si on veut justifier la mortalité élevée de la morue adulte, celle-ci devrait composer environ 5% du régime alimentaire des phoques. Un participant a fait remarquer que les phoques et la morue sont répartis à grande échelle et qu'ainsi, les phoques ont de nombreuses opportunités de consommer une telle quantité de morues. Le fait qu'ils n'en consomment pas autant lors des simulations reflète probablement de faibles chevauchements dans la distribution saisonnière des phoques et des morues. L'auteur a répondu que c'était en effet le cas: l'estimation du chevauchement de leurs distributions est faible.

En rapport à l'estimation de la consommation par les phoques gris dans le sud du golfe du Saint-Laurent, un participant a demandé ce qui était incorporé dans la méthode de rééchantillonage de "bootstrap". Les incertitudes ont semblé vraiment faibles en comparaison d'autres analyses. L'auteur a indiqué que tous les paramètres avaient été rééchantillonnés de la même manière et a suggéré que les différences d'incertitude reflètent les différentes présuppositions. Il a aussi indiqué que les résultats étaient très sensibles à la valeur du paramètre beta dans l'équation de Kleiber. Plus tard, une question a été posée sur la prédation des morues en 4T par d'autres mammifères marins que les phoques. L'auteur a indiqué qu'il n'avait pas étudié la prédation potentielle par les globicéphales car il ne disposait pas d'informations sur leur régime alimentaire ou sur la taille de leur population – bien que des données sur la distribution pourraient être disponibles grâce à des études d'étiquetage. En ce qui concerne le marsouin commun, un échantillon de 1992 indique que la morue compose 10% de leur régime alimentaire au large de la côte ouest de Terre-Neuve. Pour finir, la discussion a porté sur la fréquence des tailles de morues dans le régime alimentaire des phoques

distribution to other areas or times might introduce a bias because the cod available to seals near Anticosti Island are mostly juveniles. It was also suggested that, based on the size distribution of cod in seal stomachs and the sea, it looks like grey seals exploit cod of different sizes in proportion to their availability.

gris. Les estimations proviennent de la distribution par taille des otolithes de morue récoltés dans les estomacs des phoques recueillis sur l'île d'Anticosti. Ces échantillons ont été utilisés car ils étaient composés des otolithes les plus frais. Un participant a suggéré que l'application de cette distribution des tailles à d'autres régions ou à d'autres périodes pourrait biaiser les résultats car les morues présentes près de l'île d'Anticosti sont principalement des juvéniles. Il a aussi été suggéré qu'au vu de la distribution des tailles de morues dans les estomacs des phoques et dans la mer, il semble que les phoques gris consomment les différentes tailles de morues en proportion de leur disponibilité.

There was discussion about the wide interannual variation in estimated consumption by grey seal in the southern Gulf of St. Lawrence – is it real, or is it mainly sampling error? For example, a participant noted that in his sampling of seals for parasites on the eastern shore, gaspereau was the dominant prey in sampling done in June, but there would be none consumed during the rest of the year. Given the wide variability in diet composition between samples in different areas or periods, a participant suggested that the large fluctuations in estimated consumption of cod between years mostly reflects sampling error and that annual estimates are not justified. It was suggested that a better approach might be to average the diet over the samples from all years, and use this average diet each year. However, it was noted that individual seals are specialists and this generates sampling error; no individual eats the average diet.

Autre discussion: la forte variation interannuelle concernant la consommation par les phoques gris dans le sud du golfe du Saint-Laurent représente-t-elle la réalité ou est-elle principalement le fruit d'erreurs d'échantillonnage? Par exemple, un participant a fait remarquer que lors de l'échantillonage des phoques pour la recherche de parasites sur la côte est, le gaspareau était la proie principale dans les échantillons du mois de juin, mais on n'en retrouvait aucun le reste de l'année. Vu la grande variabilité de la composition des régimes alimentaires selon les échantillons provenant de régions ou de périodes différentes, un participant a suggéré que les grandes fluctuations de la consommation estimée de morue selon les années reflètent principalement des erreurs d'échantillonnage et donc que des estimations annuelles ne constituent pas une bonne approche. Une meilleure approche consisterait à calculer la moyenne des régimes alimentaires à partir des échantillons de toutes les années et d'utiliser ce régime alimentaire moyen chaque année. Il a cependant été constaté que chez les phoques, les individus sont des spécialistes, ce qui génère d'autres erreurs d'échantillonnage: aucun individu ne consomme le régime alimentaire moyen.

A participant noted that fishers observe that grey seals are opportunistic feeders. Given the size of the herd, he believed that cod are in a predator pit. Hammill argued that his diet data do not support this idea because they indicate that seals are mostly eating small cod (<35 cm). Furthermore, other predators like harbour porpoise are not taken into account, so reducing the grey seal herd may not solve the cod problem. The participant countered that even if there is a good year-class of cod, it may be largely consumed before the cod have an opportunity to

Un participant a rapporté les observations de pêcheurs selon lesquels les phoques gris sont des chasseurs opportunistes. Vu la taille du troupeau, il pense que les morues sont entourées de trop de prédateurs. Hammill a rétorqué que ses données sur le régime alimentaire n'appuyent pas cette idée car elles indiquent que les phoques se nourrissent essentiellement de morues de petite taille (<35 cm). De plus, d'autres prédateurs tels que le marsouin commun n'ont pas été pris en compte: ainsi, la réduction du troupeau de phoques gris pourrait ne pas résoudre le

mature.

problème de la morue. Le participant a répliqué que même si on avait une bonne classe d'âge de jeunes morues, celle-ci serait probablement consommée en grande partie avant d'avoir atteint sa maturité.

Much of the discussion of the Sinclair and O'Boyle paper focussed on functional responses. It was noted that predators are not responding to prey density in the model. The exponential increase in M as cod abundance declines (and seal abundance increases) depends on the assumption that the proportion of cod in the diet is constant. It was suggested that models that assume a constant proportion of cod in the diet are not realistic considering ecological data that indicate that the proportion of a prey species in the diet declines as availability of that prey declines. Some participants suggested that the appropriate functional response could be type 2 or type 3, but that the data needed to distinguish which of these is most appropriate generally are not available. A participant suggested that the appropriate type of functional response may depend on the model scale; type 2 may be appropriate at the local scale of the individual predator, whereas type 3 behaviour may emerge when scaling up to the level of the population.

La discussion autour de l'article de Sinclair et O'Boyle s'est concentrée sur les réponses fonctionnelles. Les prédateurs ne répondent pas à la densité de proies dans le modèle. L'augmentation exponentielle de la mortalité naturelle alors que l'abondance de la morue décline (et que celle des phoques augmente) dépend de la supposition selon laquelle la proportion de morue dans le régime alimentaire est constante. Il a été suggéré que si on prend en considération les données écologiques qui indiquent que les proportions d'une espèce de proie dans un régime alimentaire baisse en même temps qu'on assiste au déclin de la disponibilité de cette proie, alors les modèles qui présupposent une proportion constante de morue dans le régime alimentaire ne sont pas réalistes. Certains participants ont proposé que la réponse fonctionnelle appropriée pourrait être de type 2 ou de type 3, mais que les données nécessaires pour distinguer lequel de ces deux types convient le mieux ne sont généralement pas disponibles. Un participant a alors suggéré que le type approprié de réponse fonctionnelle peut dépendre de l'échelle du modèle: un type 2 pourrait convenir à l'échelle d'un prédateur individuel alors que le comportement de type 3 s'impose lorsque l'on considère le niveau de la population.

The effect of the aggregated distribution of cod on the proportion of cod in the diet was discussed. It was suggested that cod may remain an attractive prey to seals even when cod abundance is low because cod are highly aggregated at certain times of year. It was suggested that the catchability (q) of cod to seals may increase as cod abundance declines, so that a given amount of predation effort results in increasing mortality as cod abundance declines, as is often observed for fishing effort. A participant argued that the literature indicates a fairly constant proportion of cod in the diet, suggesting that q does increase as cod abundance declines. The authors indicated that they hoped to investigate additional functional relationships and the possibility of density-dependent q of cod to seals.

La discussion a porté sur les conséquences du comportement d'aggrégation des morues sur leur proportion dans le régime alimentaire des phoques. Il a été suggéré en effet que les morues restent des proies attractives pour les phoques même quand elles sont moins abondantes parce qu'elles se regroupent en fortes concentrations à certaines périodes de l'année. Il est possible que la capturabilité (q) de la morue par les phoques augmente en même temps que l'abondance de morue diminue, de sorte qu'un effort donné de prédation aurait pour résultat une mortalité de plus en plus élevée au fur et à mesure que l'abondance de la morue diminue. Un tel phénomène survient souvent lors des efforts de pêche. Un participant a soutenu que la littérature témoigne d'une proportion de morue à peu près constante dans le régime alimentaire, ce qui laisse penser que la capturabilité augmente effectivement quand l'abondance de morues diminue. Les auteurs ont souligné qu'ils

espéraient étudier des relations fonctionnelles additionnelles ainsi que la possibilité que la capturabilité soit dépendante de la densité.

The size distribution of cod in grey seal diets was also discussed. The scat data from Sable Island suggest that seals eat mostly small cod. A participant suggested that seals may avoid large cod because it costs more to catch them. Another suggested that scat data may even overestimate the contribution of large cod because of their more robust otoliths. The authors responded that their review of the literature suggests that seals are not avoiding large cod but rather eat cod of different sizes in proportion to their availability in the environment. They argued that seal diet is under-sampled, and that there is a potential bias in the Sable data. They therefore tried to look at all the data worldwide and used the aggregate data.

La distribution des tailles de morues dans les régimes alimentaires des phoques gris a aussi été abordée. Les données provenant d'analyses fécales de l'île de Sable montrent que les phoques se nourrissent principalement de morues de petite taille. Un participant a suggéré que les phoques évitent peut-être les morues de grande taille car il leur est plus coûteux de les attraper. Un autre a suggéré que les données provenant d'analyse de fèces surestiment peut-être la contribution des morues de grande taille à cause de leurs otolithes qui sont plus robustes. Les auteurs ont répondu que suite à la revue de littérature qu'ils ont faite, les phoques ne semblent pas éviter les morues de grande taille, mais qu'ils se nourrissent plutôt de morues de tailles différentes en proportion de leur disponibilité dans le milieu. Selon eux, le régime alimentaire des phoques est sous-échantillonné et il y a donc un biais potentiel dans les données de l'île de Sable. Ils ont par conséquent essayé d'étudier les données du monde entier et de les regrouper.

It was noted that the increase in estimated consumption of 2J3KL cod by harp seals reflects an increase in the size of cod consumed. Stomach samples indicate the same percentage of cod in the diet over time but an increase in the average size of cod consumed. The author indicated that he had not yet examined whether there has been an increase in the average size of cod available in the environment.

Il a été noté que l'augmentation de la consommation estimée de morues par les phoques du Groenland de 2J3KL reflète l'augmentation de la taille des morues consommées. Les échantillons stomacaux donnent le même pourcentage de morue dans le régime alimentaire sur le long terme, mais dénotent une augmentation de la taille moyenne des morues consommées. L'auteur a indiqué qu'il n'avait pas encore examiné s'il y avait eu une augmentation de la taille moyenne des morues disponibles dans le milieu.

The stomach data indicate that seals are feeding mostly on shrimp and capelin in the offshore. There is some cod showing up in inshore diets but very little in offshore diets. It was suggested that this may be because cod are distributed in deeper water in the offshore than in the inshore.

Les données provenant des contenus stomacaux indiquent qu'au large, les phoques se nourrissent principalement de crevettes et de capelans. On retrouve de la morue dans les régimes alimentaires des eaux côtières mais très peu dans ceux du large. Il a été avancé que c'est probablement parce qu'on retrouve la morue dans des eaux plus profondes au large que près des côtes.

Concerning the consumption of harp seals, there was a question about movement patterns of harp seals between the inshore and offshore. Data from the mid-1990s suggested that there were inshore specialists and offshore specialists, with little movement between the two areas. More

Une question a été posée concernant les déplacements des phoques du Groenland entre le large et les eaux côtières. Des données du milieu des années 1990 suggèrent que la population est divisée entre spécialistes du large et spécialistes des régions côtières et on observe peu de

recent data need to be examined to determine whether this initial impression is supported. If seals are now moving between the inshore and offshore, this may explain the lack of differences between inshore and offshore areas as observed in the fatty acid estimates of diet. The author clarified that the diet data are weighted by residence times of seals in the various areas to estimate the overall diet and, therefore, consumption. Because of the residency patterns, winter predation is the main component; there are fewer seals in the area in summer. It was noted also that there no cod were observed in the samples collected prior to 1987 when cod were more abundant. Cod are more common in recent samples of harp seal stomachs even thought the stock is much smaller. However, the cod are found in seal stomachs collected primarily in nearshore areas (during the winter) where local bay populations exist, likely representing high local abundance. As such, total stock abundance of cod does not appear to be a good measure of availability to seals.

mouvements entre les deux régions. Des données plus récentes doivent être analysées afin de déterminer si cette première impression est exacte. Si les phoques se déplacent maintenant entre le large et la côte, cela pourrait alors expliquer le manque de différences observé entre ces deux régions lors les estimations de régimes alimentaires obtenues par l'étude des acides gras. L'auteur a précisé que les données sur le régime alimentaire sont pondérées par le temps de séjour des phoques dans les différentes régions afin d'estimer le régime alimentaire dans son ensemble et donc la consommation. Les patrons de résidence montrent que la prédation hivernale est l'élément le plus important car il y a moins de phoques dans la région en été. Il a aussi été noté qu'aucune morue n'a été observée dans les échantillons recueillis avant 1987 quand la morue était plus abondante. On retrouve davantage de morue dans les échantillons récents de contenus stomacaux de phoques du Groenland, bien que le stock ait été grandement réduit. Cependant, on retrouve essentiellement des morues dans les estomacs de phoques récoltés dans les zones côtières (pendant l'hiver) où des populations localisées existent au niveau de certaines baies et représentent vraisemblablement de fortes abondances locales. L'abondance du stock total de morues ne semble donc pas être un bon moyen de mesurer leur disponibilité pour les phoques.

Wednesday morning's presentation on trophodynamic modeling of core species of the eastern Scotian Shelf marine community, generated discussion around the estimate of total fish food consumption of 450 000 t. It was observed that the total consumption and consumption of cod are much higher than what it is believed possible and total consumption from the model is double what the Trzcinski et al. (2006) model predicted and cod consumption is also overestimated. In fact, the cod consumption predicted by the trophodynamic model is more cod than are estimates in 4VsW now. It was noted that, all the trophodynamic models are predicting equilibrium of low cod and high seal biomass, which has not been seen historically. There has yet to be a sensitivity analysis conducted on the new model.

La présentation de mercredi matin sur la modélisation trophodynamique des espèces clés de la communauté marine de l'est du plateau néo-écossais a suscité des discussions à propos de l'estimation de 450 000 t pour la consommation totale de poissons. Il a été observé que la consommation totale et la consommation de morues sont beaucoup plus élevées que ce que l'on croit possible et la consommation totale selon le modèle est le double de la prédiction du modèle de Trzcinski et al. (2006). De fait, la consommation de morues prédite par le modèle trophodynamique représente plus de morues que ce que les estimations de 4VsW prédisent aujourd'hui. Il a été remarqué que tous les modèles trophodynamiques prédisent un équilibre entre des stocks de morue bas et une biomasse de phoques élevée, ce qui historiquement n'a jamais été vu. Une analyse de sensibilité doit maintenant être menée sur le nouveau modèle.

The discussion of the above paper then turned to convergence of the model. A global minimization algorithm, with annealing, was used, but this was

La discussion à propos de l'article ci-dessus a porté ensuite sur la convergence du modèle. L'algorithme de minimisation globale avec recuit

not run indefinitely, and the minimization was stopped when it appear to be settling into some value. One participant noted that this lack of convergence not very satisfactory and another asked if the model was identifiable. Is it possible to test the model with a known or generated simple data set, but this has not been done yet.

n'a pas été exécuté indéfiniment mais seulement jusqu'à ce qu'il semble se stabiliser autour d'une certaine valeur. Un participant a noté que ce manque de convergence n'était pas satisfaisant et un autre a demandé si le modèle était identifiable. Il est possible de tester le modèle avec un ensemble de données déjà connues ou générées artificiellement, mais ceci n'a pas encore été fait.

The discussion of this paper then turned to the form of the functional response. It was stated that the type 3 inflection point was constant for every run, but the other parameters changed. Another comment was that it is useful to focus more on the dynamics than the values. How sensitive is the model to fixing to a type 3 functional response? Functional response is important, and type 3 is preferred. This could be explored, but the next step for the model development is to add more prey species to the model.

La discussion a ensuite porté sur la forme de la réponse fonctionnelle. Il a été énoncé que le point d'inflexion de type 3 était constant pour chaque exécution du programme, mais que les autres paramètres changeaient. Un autre commentaire a porté sur l'importance de se concentrer plus sur la dynamique que sur les valeurs. À quel point le modèle est-il sensible au fait de se conformer à une réponse fonctionnelle de type 3? La réponse fonctionnelle est quelque chose d'important et la préférence va à celle de type 3. Ceci pourrait être étudié, mais la prochaine étape du développement du modèle est d'y ajouter plus de proies.

A participant observed that size structure might be more important than the number of prey species used in the trophodynamic model. Including size structure would increase the number of parameters needed and generally fewer assumptions are better. There are only 25 parameters estimated now in the model and it does match the dynamics, but this is just a starting point.

Un participant a fait remarquer que la composition des tailles est peut-être plus importante que le nombre d'espèces de proies utilisées dans le modèle trophodynamique. Cependant, l'intégration de la composition des tailles augmenterait le nombre de paramètres nécessaires alors qu'en général, un moins grand nombre de présuppositions est préférable. Pour l'instant, seuls 25 paramètres sont estimés dans le modèle et les résultats s'accordent aux connaisances sur la dynamique, mais ceci n'est qu'un début.

There was some discussion of how much confidence can be placed on these results, i.e., can one make the statement that the model suggests that seals are having a bigger impact on cod than previously thought? The results suggest that seals may have a greater impact than believed, but the authors were not confident enough in the results to make a strong statement. There was discussion also about the ecosystem structure of the model. Is the basal biomass enough to support the model? One could run out of biomass, but in none of the runs did this occur. There was a question about the implication of the absence of cetaceans or any other large consumer guild in the model? The implication is that the model would overestimate the consumption by seals. Finally, one participant asked when you would know that you had a reasonable result. It was noted that the model

A quel point ces résultats sont-ils fiables? C'est-à-dire, peut-on dire que le modèle suggère que les phoques ont un plus grand impact sur la morue qu'on ne le supposait précédemment? C'est ce que les résultats suggèrent en effet, mais les auteurs pensent que leurs résultats ne sont pas assez fiables pour faire une telle affirmation. Le débat a aussi porté sur la structure de l'écosystème au sein du modèle. La biomasse de base est-elle suffisante pour soutenir le modèle? La biomasse pourrait venir à manquer, mais ceci n'est jamais arrivé lors des exécutions du modèle. Une question a été posée sur l'absence des cétacés et des autres grands consommateurs dans le modèle: est-ce que, par conséquent, le modèle pourrait surestimer la consommation des phoques? Pour finir, un participant a demandé comment savoir qu'on obtient un résultat convenable. Le modèle doit d'abord converger,

needs to converge, and then the output examined to determine it if is within the possible range (i.e., such that not more fish are consumed than known to be in the sea). Capturing the trends is good and promising, but the correct the scaling is also important.

puis les résultats doivent être examinés afin de déterminer s'ils sont plausibles (c.-à-d. s'il n'y a pas plus de poissons consommés qu'il n'y en a dans la mer). Réussir à cerner la tendance est nécessaire et prometteur, mais avoir une échelle réaliste est aussi important.

The two talks on grey seal consumption on the Scotian Shelf generated discussion about trends in seal numbers. Lobster fishers in southwest Nova Scotia are seeing more seals than in the past, and it is the same down the coast of Maine. These are not the Cape Cod breeding seals, which are also increasing. What is causing the spread? Why are they moving? Can the decimation seen on eastern Scotian Shelf in the western Scotian Shelf be expected? The authors speculated that grey seals are occupying more habitats because there is probably a density response to per capita food availability. Given the spread in the population, there was discussion about underestimation of population growth? The workshop was informed that new satellite colonies are included in the surveys, but the establishment of new colonies could increase the carrying capacity and so contribute to population growth.

Les deux exposés sur la consommation des phoques gris sur le plateau néo-écossais ont suscité des discussions sur les tendances d'abondance des phoques. Les pêcheurs de homards du sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse, de même que ceux le long de la côte du Maine, observent plus de phoques que par le passé. Hors, ce ne sont pas les phoques reproducteurs de Cape Cod, qui sont pourtant eux aussi en augmentation. Quelle est la cause de cette expansion? Pourquoi se déplacent-ils? Doit-on s'attendre au même genre de situation dans l'ouest du plateau néo-écossais que celle qui a eu lieu dans l'est? Les auteurs pensent que les phoques gris occupent des habitats plus nombreux probablement en réponse à leur densité croissante qui diminiue la quantité de nourriture disponible par tête. Vu l'expansion de la population, ne sous-estime-t-on pas la croissance de la population? De nouvelles colonies satellites ont été ajoutées aux relevés, mais l'établissement de nouvelles colonies pourrait augmenter la capacité limite de l'habitat et ainsi contribuer à la croissance de la population.

There was some discussion of seal diet estimates. It was noted that in both 4X and 4VsW, based on QFASA, estimates of the percentage of cod in diets is small, accounting for little of the natural mortality. There was a question as to what other hypotheses might account for this high natural mortality. It was stated that there are no strong hypotheses, but that toothed whales also could be eating cod. It was noted that given the importance and dynamics of sand lance, estimating a multi-species functional response should go into recommendations. Several participants asked why the Grand Manan data from the 1990s was not used. It was pointed out that there were on 6 stomach samples from that area. Given the lack of diet data for 4X, could one not assume other diets and look at the implications. There was agreement that this could be easily done, but disagreement about how useful this would be, that is replacing one assumption by another.

Des discussions ont porté sur les estimations du régime alimentaire des phoques. Selon les analyses QFASA, dans les zones 4X et 4VsW, les estimations du pourcentage de morue dans le régime alimenatire des phoques est faible et ne compte que pour une petite part de la mortalité naturelle. Quelles hypothèses peut-on alors avancer pour expliquer cette forte mortalité naturelle? Aucune hypothèse convaincante n'a été exposée, mais il a été remarqué que les baleines à dents pourraient elles-aussi se nourrir de morue. Il a été recommandé, vu l'importance et la dynamique de population du lançon, qu'on mette au point une réponse fonctionnelle plurispécifique. Plusieurs personnes ont demandé pourquoi les données recueillies à Grand Manan dans les années 1990 n'ont pas été utilisées. Il a été signalé que seuls six échantillons d'estomacs avaient été recueillis dans cette région. Vu le manque de données de 4X, ne peut-on pas faire des suppositions quant aux différents régimes alimentaires possibles et en étudier les implications? Tout le monde s'accordait à dire que cela pourrait être fait facilement, mais tout le

monde n'était pas d'accord quant à l'utilité de ce travail qui reviendrait à remplacer une supposition par une autre.

There was a question about what percentage in diet of seals would be needed to explain the unidentified natural mortality. This could be determined but it has not been done at this point. An Industry participant noted that within 4X, Browns Bank is considered to be very productive. A few years ago, lobster fishers inshore did see a few small cod, but those are gone. The decline in the abundance of cod, and the decline in the cod fishery are coincident with the increase in seals. This suggests a causal relationship. Another participant made similar comments with respect to seals and cod in Newfoundland and suggested that this correlation was enough evidence to warrant action.

Un participant a demandé quel pourcentage de morue faudrait-il dans le régime alimentaire des phoques pour expliquer la mortalité naturelle non identifiée. Cela pourrait être déterminé, mais n'a pas encore été fait. Un participant, acteur de l'industrie de la pêche, a signalé qu'au sein de la zone 4X, on considère que le Banc de Brown est une région très productive. Il y a quelques années, les pêcheurs de homards côtiers voyaient quelques morues de petite taille, mais celles-ci ont disparu. La déclin de l'abondance de morues et le déclin de l'industrie de la pêche à la morue coïncident avec l'augmentation du nombre de phoques. Cela suggère une relation de cause à effet. Un autre participant a fait un commentaire similaire au sujet des phoques et des morues de Terre-Neuve et a souligné que cette corrélation était une preuve suffisante pour justifier une action.

Wednesday afternoon concluded the papers given at the workshop. In relation to the presentation on predation and competition impacts on Northern cod, there was some discussion of cod switching its diet with changes in prey availability. The authors stated that given that the composition of prey has changed, certainly the cod must have been working harder to keep capelin constant in their diet. Also they noted that the low cod productivity in the model is associated with low capelin abundance.

Les dernières présentations ont eu lieu mercredi après-midi. Suite à la présentation sur les répercussions de la prédation et de la compétition sur les morues du nord, la discussion a porté sur un éventuel changement de régime alimentaire de la morue pour faire face aux changements dans la disponibilité des proies. Les auteurs ont expliqué que vu les changements dans la composition des proies, il est probable que la morue ait eu à faire des efforts supplémentaires afin de garder constante la proportion de capelan dans son régime alimentaire. Ils ont aussi remarqué que la faible productivité de la morue dans le modèle est associée à une faible abondance du capelan.

There was also some discussion of the quality of capelin abundance data. It was noted that capelin abundance data from the acoustic survey is quite noisy and yet the authors concluded that the capelin signal is followed well by the model. The authors acknowledged that the capelin data are noisy, but there is a strong upward trend in capelin, perhaps a 3-4 fold increase in the acoustic survey.

La qualité des données sur l'abondance du capelan a aussi été débattue. Les données sur l'abondance du capelan provenant de relevés acoustiques contiennent beaucoup de bruit et pourtant les auteurs ont conclu que le signal du capelan était bien suivi par le modèle. Les auteurs ont reconnu qu'il y avait du bruit dans les données, mais font quand même ressortir une forte tendance à la hausse pour le capelan (3 à 4 fois plus d'après les relevés acoustiques).

Stock-specific Summaries of Factors Affecting Cod Dynamics

Although seals may have an impact on the dynamics of some stocks of Atlantic cod in eastern Canada, other factors may also be influential. Thus, participants compiled evidence to evaluate the likelihood that various factors may have or are currently contributing to the elevated of natural mortality of cod to place seal predation in a broader context. Given the broad nature of the hypotheses being considered, not all the information for each stock was available at the workshop, such that some of the information was added later.

Cod in the Northern Gulf of St. Lawrence (NAFO Divisions 4RS)

M in this stock was estimated to be 0.2 during the period 1974-1985, increased to 0.4 during the moratorium (1986-1996), but declined to values approximately 0.2 through 2002 and then increased to approximately 0.31 from 2003 to 2008 (DFO 2009). Current estimates indicate that Z is also high. Overfishing influenced community structure directly through preferential removal of larger-bodied fishes and indirectly through predation release. As a result, the ecosystem structure shifted dramatically from one previously dominated by cod and redfish to one dominated by small-bodied forage species (e.g., capelin, mackerel, herring, shrimp), leaving only marine mammals and fishing as the top predators (Savenkoff et al. 2007). Over the last decade, each time fishery catches exceeded 5,000 to 6,000 t, most indicators of stock status have suggested declines in mature biomass. Hence, catches above that level do not seem sustainable at stock productivity over the last decade (DFO 2009).

Hypotheses

1. Unreported catch: Unreported and discarding of catch were considered to be important factors in accounting for high mortality in the stock in the late 1980s and prior to the moratorium in 1993

Résumés des facteurs affectant la dynamique des morues propres à chaque stock

Bien que les phoques aient des répercussions sur la dynamique de certains stocks de morues franches dans l'est du Canada, il se peut que d'autres facteurs aient aussi une influence. Les participants ont donc rassemblé des données pour évaluer la probabilité que certains facteurs aient contribué ou contribuent actuellement à la mortalité naturelle élevée de la morue, afin de remettre la prédation par les phoques dans un contexte écologique plus large. Vu l'étendue des hypothèses passées en revue, toutes les informations propres à chaque stock n'étaient pas disponibles lors de l'atelier, et certaines informations ont donc été ajoutées par la suite.

La morue du nord du golfe du Saint-Laurent (division 4RS de l'OPANO)

La mortalité naturelle (M) de ce stock a été estimée à 0,2 entre 1974 et 1985; elle est passée à 0,4 pendant le moratoire (1986-1996), puis est redescendue à environ 0,2 jusqu'en 2002 avant d'augmenter de nouveau pour atteindre 0,31 entre 2003 et 2008 (MPO 2009). Les estimations actuelles indiquent que la mortalité totale (Z) est elle aussi élevée. La structure de la communauté a été influencée par la surpêche: de manière directe par la capture préférentielle de morues de grande taille et de manière indirecte par la baisse de la prédation. Ainsi, la structure de l'écosystème a été bouleversée, passant d'une structure dominée par la morue et le sébaste à une structure dominée par des espèces fourragères de petite taille (par ex. capelan, maquereau, hareng, crevette), ne laissant que les mammifères marins et l'industrie de la pêche comme principaux prédateurs (Savenkoff et al. 2007). Ces dix dernières années, chaque fois que la pêche a capturé plus de 5 000 ou 6 000 tonnes, la plupart des indicateurs de la condition du stock ont indiqué une baisse de la biomasse des animaux matures. Il semble donc que des captures dépassant ce niveau ne permettraient pas une pêche durable dans les conditions de productivité caractéristiques de la dernière décennie (MPO 2009).

Hypothèses

1. Captures non signalées: Les captures non signalées et les captures rejetées étaient considérées d'importants facteurs pour exliquer la forte mortalité du stock à la fin des années 1980

(Frechet 1991; Palmer and Sinclair 1997; Savenkoff et al. 2004). Since re-opening of the fishery in 1997, mortality in the recreational fishery and due to poaching is thought to be relatively small, but there are no catch statistics available for the recreational fishery. A small amount of fish taken in region NAFO fishing zone 3Ps is not recorded as 4RS3Pn.

Conclusion: Current unreported catches are unlikely to explain the estimated changes in M.

2. Disease: There are no reports of significant incidence of disease, but there is also no ongoing monitoring of aquatic animal health. Therefore, disease cannot be ruled out due to lack of evidence.

Seal worm burdens increased in seals during the mid-1990s compared to earlier periods. A nematode, *Contracaecum osculatum*, found in the stomachs of seals and largely in the viscera of cod also increased overall; increasing in a south-north gradient and to be more prevalent in harp seals than in grey seals. By contrast, *Pseudoterranova decipiens,* which normally occurs in cod muscle and is often referred to as sealworm, decreased overall; with a south-north gradient, but was more abundant in grey seals than in harp seals (Marcogliese et al. 1996). Similar changes parasite burdens were observed among cod at the time, and were thought to be associated with cooler water temperatures observed at the end of the 1980s-start of the 1990s (Boily and Marcogliese 1995). There is no recent information available on parasite loads.

***Conclusion: There is no indication that this is an important factor*.**

3. Contaminants: Yeats et al. (2003) is the only known study of contaminant loads pertinent to this stock and based on this work there is no indication that contaminants are abnormally high. Again, this cannot be ruled out. There is a study currently underway to look at contaminant loads in this stock.

et avant le moratoire de 1993 (Frechet 1991; Palmer et Sinclair 1997; Savenkoff et al. 2004). Depuis la réouverture de la pêche en 1997, la mortalité due à la pêche récréative ou au braconnage semble être relativement faible bien qu'il n'y ait pas de statistiques de captures pour la pêche récréative. Une petite quantité de poissons pris dans la zone de pêche 3Ps de l'OPANO n'est pas incluse dans les chiffres de la zone 4RS3Pn.

Conclusion: il est peu probable que les captures non signalées actuelles puissent expliquer les changements estimés de la mortalité naturelle (M).

2. Maladies: Aucune incidence significative de maladies n'a été rapportée, mais il n'y a pas non plus de surveillance de la santé des animaux aquatiques à l'heure actuelle. Par conséquent, les maladies ne peuvent être écartées à cause du manque de données.

Les charges de vers du phoque ont augmenté chez les phoques au milieu des années 1990, en comparaison des années précédentes. Le nématode *Contracaecum osculatum*, retrouvé dans l'estomac des phoques ainsi qu'en grande quantité dans les viscères de morues a aussi augmenté dans l'ensemble; il a augmenté selon un gradient sud-nord et est maintenant plus répandu chez le phoque du Groenland que chez le phoque gris. A l'opposé, *Pseudoterranova decipiens*, qui apparaît normalement dans les muscles de la morue et qu'on appelle communément le ver du phoque, est moins présent dans l'ensemble; son abondance a décru selon un gradient sud-nord et était moins abondant chez le phoque gris que chez le phoque du Groenland (Marcogliese et al. 1996). Des changements similaires dans les charges de parasites ont été observés chez la morue au même moment et ont alors été associés aux températures plus froides de l'eau observées à la fin des années 1980 et au début des années 1990 (Boily et Marcogliese 1995). Aucune information récente n'est disponible sur les charges de parasites.

Conclusion: rien n'indique que ce soit un facteur important.

3. Contaminants: L'étude de Yeats et al. (2003) est la seule traitant des charges de contaminants qui soit pertinente pour ce stock. Selon cette étude, rien n'indique que les taux de contaminants soient anormalement élevés. Mais cette fois encore, les contaminants ne peuvent pas être écartés pour autant. Une étude est actuellement

***Conclusion: There is no indication that contaminants are a problem*.**

4. Starvation (poor condition): The Gulf of St. Lawrence experienced below normal water temperatures in the cold intermediate layer the mid-1980s to early 1990s (Gilbert and Pettigrew 1997). In the northern Gulf of St. Lawrence, Dutil et al. (2003a) showed that fish stocks became less productive and less able to resist and respond to perturbations, whether man-made or environmental. Thus, stock rebuilding is expected to take much longer than would be predicted for other stocks living in more favourable environments, particularly if exploited during adverse environmental conditions (Dutil et al. 2003a). Cod condition also declined during the late 1980s through mid-1990s (Lambert and Dutil 1997, Dutil et al. 2003a), and may have resulted in increased natural mortality (Dutil and Lambert 2000, Dutil et al. 2003b). However, recently cod condition has returned to levels observed during the 1980s (DFO 2009).

***Conclusion: Poor condition could have contributed to the elevated M observed in the 1990s, but not more recently*.**

5. Life-history change: Age at 50% maturity decreased from approximately 5.5 years in the 1980s to <4.5 years in 2004-2006. Nevertheless, there is no obvious relationship between the timing of this change and change in M. Since then, 50% maturity has remained largely unchanged. Size and age fecundity dropped significantly between the early and mid-1990s. However, a gradual increase has occurred since the mid-1990s, and current levels are comparable to those in the mid-1980s.

***Conclusion: There is no evidence that changes in life-history traits examined could account for the change in M*.**

en cours pour examiner les charges de contaminants dans ce stock.

Conclusion: rien n'indique que les contaminants constituent un problème.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition): La température de l'eau de la couche intermédiaire froide du golfe du Saint-Laurent a été en dessous des normales du milieu des années 1980 au début des années 1990 (Gilbert et Pettigrew 1997). Pour le nord du golfe du Saint-Laurent, Dutil et al (2003a) ont montré que les stocks de poissons sont devenus moins productifs et moins capables de résister et de répondre aux perturbations, qu'elles soient d'origine humaine ou environnementale. La reconstruction des stocks devrait donc prendre beaucoup plus de temps qu'on ne s'y attendrait pour d'autres stocks vivant dans des environnements plus favorables, particulièrement si l'exploitation s'est faite pendant cette période de conditions environnementales défavorables (Dutil et al. 2003a). La condition de la morue aussi s'est détériorée de la fin des années 1980 au milieu des années 1990 (Lambert et Dutil 1997, Dutil et al. 2003a), ce qui a sûrement provoqué une hausse de la mortalité naturelle (Dutil et Lambert 2000, Dutil et al. 2003b). Ceci dit, la condition de la morue a retrouvé récemment un niveau comparable à celui des années 1980 (MPO 2009).

Conclusion: Il est possible que la mauvaise condition de la morue ait contribué à la hausse de la mortalité naturelle observée dans les années 1990, mais ça n'a pas été le cas plus récemment.

5. Changements biodémographiques: L'âge auquel 50% des individus sont matures a baissé d'environ 5,5 ans dans les années 1980 à <4,5 ans en 2004-2006. Il n'y a néanmoins aucune relation évidente entre le moment où se changement s'est opéré et le changement dans la mortalité naturelle. Depuis, l'âge de maturation massive est resté grossièrement le même. La taille et l'âge de fécondité ont chuté de manière significative entre le début et le milieu des années 1990. Elles remontent cependant graduellement depuis le milieu des années 1990 et les niveaux actuels sont comparables à ceux du milieu des années 1980.

Conclusion: Rien ne prouve que les changements des composantes bio-démographiques puissent expliquer les changements de la mortalité naturelle.

6. Seals: Harp seals are the most abundant mammals in the Gulf of St. Lawrence, with numbers approaching about $1.4*10^6$ during winter and spring (Hammill and Stenson 2004). There is some overlap in NAFO zone 4Rd/3Pn, where overall cod in the diet can be quite high (20-40%), but few harp seals are thought to feed in that area (Hammill and Stenson 2004). So potential for direct interaction is considered to be small. Pre-recruit cod (e.g., 2 year olds) are less migratory than the adults, and, therefore, there is more direct interaction throughout the winter as well as summer. Studies have shown that harp seals are most likely to take cod in these pre-recruit sizes (Chassot et al. 2009; Duplisea 2005; Hammill and Stenson 2000). There is evidence of increased harp seal predation mortality until the early 2000s, but it seems stable since then. In recent years, approximately 10-12% of M for ages 1-4 cod are accounted for in the Chassot et al. model, and the model also predicts a negative effect on spawner per recruit.

6. Les phoques: Les phoques du Groenland sont les mammifères les plus abondants dans le golfe du Saint-Laurent avec environ $1.4*10^6$ d'individus présents pendant l'hiver et le printemps (Hammill et Stenson 2004). Il y a un chevauchement dans la zone 4Rd/3Pn de l'OPANO, où la morue est retrouvée dans le régime alimentaire des phoques dans des proportions élevées (20-40%) bien que l'on pense que peu de phoques du Groenland se nourrissent dans cette zone (Hammill et Stenson 2004). On considère donc que le potentiel d'interaction directe est assez faible. Les morues pré-recrues (par ex.: âgées de 2 ans) migrent moins que les adultes et, par conséquent, il y a plus d'interactions directes pendant l'hiver ainsi que pendant l'été. Des études ont montré que les phoques du Groenland chassent préférablement les morues de la taille des pré-recrues (Chassot et al. 2009; Duplisea 2005; Hammill et Stenson 2000). La mortalité due à la prédation par les phoques du Groenland a augmenté jusqu'au début des années 2000, et semble s'être stabilisée depuis. Ces dernières années, selon le modèle de Chassot et al., environ 10-12% de la mortalité des morues de 1 à 4 ans sont expliqués. Le modèle prédit aussi un effet négatif sur le nombre d'individus reproducteurs par recrue.

Grey seals are less abundant than harp seals, with a total eastern Canadian population of approximately 300,000 animals (Thomas et al. 2007). However, grey seals are larger than harp seals. They may occur throughout the year in 4RS, but are generally considered as late spring, summer, fall residents, moving to the southern Gulf or Scotian Shelf during winter. Less than a quarter of the total population is considered to move into 4RS. The Gulf herd trajectory is quite uncertain, but has not shown large changes over the last decade. Grey seals in 4RS are thought to be primarily Gulf animals, but an increasing number of grey seals from the Sable Island herd are thought to summer in 4RS. Stomach contents indicate that overall, cod comprises a larger proportion of the grey seal diet than harp seals and that grey seals prefer larger cod (25-40 cm versus 10-15 cm) (Hammill and Stenson 2000; Hammill et al. 2007).

Les phoques gris sont moins abondants que les phoques du Groenland avec une population totale dans les eaux de l'est du Canada d'environ 300 000 individus (Thomas et al. 2007). Les phoques gris sont plus gros que les phoques du Groenland. On peut les voir toute l'année dans la zone 4RS mais ils sont principalement des résidents de la fin du printemps, de l'été et de l'automne, puis ils migrent vers le sud du Golfe ou vers le plateau néo-écossais pendant l'hiver. On pense que moins du quart de la population totale migre vers la zone 4RS. La trajectoire du troupeau est assez variable, mais n'a pas changé de manière majeure au cours des dix dernières années. Les phoques gris qui se retrouvent en 4RS sont principalement des animaux du golfe; cependant, un nombre croissant de phoques gris provenant du troupeau de l'île de Sable viennent passer l'été en 4RS. Les contenus stomacaux indiquent que dans l'ensemble, la morue constitue une plus grande part du régime alimentaire du phoque gris que du phoque du Groenland et que les phoques gris préfèrent des morues de plus grande taille (25-40 cm plutôt que 10-15 cm) (Hammill et Stenson 2000; Hammill et al. 2007).

Inverse ecosystem modeling suggests that disappearance of fish predators left only marine

La modélisation inversée d'écosystème suggère que la disparition des poissons prédateurs n'a

mammals as the top predators during the mid-1990s and early 2000s. Hence, seals became significant predators of juvenile cod during the mid-1990s and early 2000s. This, as well as predation on adults, may have played a role in the slower-than-expected recovery of cod (Savenkoff et al. 2007).

Conclusion: Harp seals, through predation on pre-recruits, could delay recovery of the cod stock under the current (i.e., medium to high) productivity regime for cod. Grey seal predation could also have a negative effect on this stock. The current impact may be small, but could increase with the increase in the population. The significance of the impact of seals on cod recovery is uncertain.

7. Predation by other predators. ***There is limited information on this hypothesis:***

Minke whales and harbour porpoises are abundant in the Gulf of St. Lawrence with minimum estimates (not corrected for diving) of 1,020 (SE=280) and 12,100 (SE=3,200) (Kingsley and Reeves 1998). In other parts of their range, these species will eat cod if available (Fontaine et al. 1994; Haug et al. 2002; V. Lesage, pers. comm.). Although there are no estimates of the predation rates by cetaceans on nGSL cod, it could amount to several tonnes.

References

Boily, F., and D.J. Marcogliese. 1995. Geographical variations in abundance of larval anisakine nematodes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52(I): 105-1 15.

Chassot, E., D. Duplisea, M.O. Hammill, A. Caskenette, N. Bousquet, Y. Lambert, and G. Stenson. 2009. The role of predation by harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in the collapse and non-recovery of northern Gulf of St. Lawrence cod (*Gadus morhua*). Mar. Ecol. Prog. Ser. 379:279-297

laissé que les mammifères marins en haut de la chaîne alimentaire entre le milieu des années 1990 et le début des années 2000. Les phoques sont donc devenus des prédateurs importants des morues juvéniles pendant cette période. Ce qui, tout comme la prédation sur les adultes, a peut-être joué un rôle dans le fait que le rétablissement de la morue se fait plus lentement que prévu (Savenkoff et al. 2007).

Conclusion: En se nourrissant de pré-recrues, il est possible que les phoques du Groenland retardent le rétablissement du stock de morue dans les conditions actuelles de productivité de la morue (c.-à-d. moyenne à haute). La prédation par le phoque gris peut aussi avoir un effet négatif sur ce stock. Les répercussions actuelles sont peut-être faibles, mais elles pourraient augmenter au fur et à mesure de la croissance de la population. L'importance des répercussions des phoques sur le rétablissement de la morue est incertaine.

7. Prédation par d'autres prédateurs. ***L'information disponible pour examiner cette hypothèse est limitée:***

Les petits rorquals et les marsouins communs sont abondants dans le golfe du Saint-laurent avec des estimations minimales de 1 020 (SE=280) et 12 100 (SE=3 200) (Kingsley et Reeves 1998). Ailleurs dans leur aire de répartition, ces espèces se nourrissent de morue lorsque celle-ci est disponible (Fontaine et al. 1994; Haug et al. 2002; V. Lesage, comm. pers.). Bien qu'il n'y ait pas d'estimation des taux de prédation par des cétacés sur les morues du nGSL, ceux-ci pourraient atteindre plusieurs tonnes.

Références

Boily, F., et D.J. Marcogliese. 1995. Geographical variations in abundance of larval anisakine nematodes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52(I): 105-1 15.

Chassot, E., D. Duplisea, M.O. Hammill, A. Caskenette, N. Bousquet, Y. Lambert, et G. Stenson. 2009. The role of predation by harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in the collapse and non-recovery of northern Gulf of St. Lawrence cod (*Gadus morhua*). Mar. Ecol. Prog. Ser. 379:279-297

DFO. 2009. Assessment of the cod stock in the northern Gulf of St. Lawrence (3Pn,4RS) in 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2009/010.

Duplisea, D. 2005. Running the gauntlet: The predation environment of small fish in the northern Gulf of St. Lawrence, Canada. ICES J. Mar. Sci., 62: 412-416.

Dutil J.-D., and Y. Lambert. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 826-836.

Dutil J.-D., J. Gauthier, Y. Lambert, A. Fréchet, and D. Chabot. 2003a. Stock rebuilding and fish bioenergetics: Low productivity hypothesis. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/060.

Dutil J.-D., Y. Lambert, and D. Chabot. 2003b. Winter and spring changes in condition factor and energy reserves of wild cod compared with changes observed during food-deprivation in the laboratory. ICES J. Mar. Sci. 60: 780–786.

Fontaine, P.M., M.O. Hammill, C. Barrette, and M.C.S. Kingsley. 1994. Feeding in harbour porpoise from the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:172-178.

Fréchet, A. 1991. A declining cod stock in the Gulf of St. Lawrence: How can we learn from the past? NAFO Sci. Coun. Studies 16: 95-102.

Gilbert D., and B. Pettigrew. 1997. Interannual variability (1948–1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 57–67.

Hammill, M., and G. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), hooded seals (*cystophora cristata*), grey seal (*Halichoerus grypus*), and harbour seals (*Phoca vitulina*) in Atlantic Canada. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23.

Hammill, M.O., and G.B. Stenson. 2004. Estimated consumption of Atlantic cod (*Gadus morhua*) by harp seals (*Phoca groenlandica*) in NAFO zone 4RS. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/93.

MPO. 2009. Évaluation du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn,4RS) en 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/010.

Duplisea, D. 2005. Running the gauntlet: The predation environment of small fish in the northern Gulf of St. Lawrence, Canada. ICES J. Mar. Sci., 62: 412-416.

Dutil J.-D., et Y. Lambert. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 826-836.

Dutil J.-D., J. Gauthier, Y. Lambert, A. Fréchet, et D. Chabot. 2003a. Le rétablissement des stocks de morue et la bio-énergétique des poissons: l'hypothèse d'une faible productivité. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2003/060.

Dutil J.-D., Y. Lambert, et D. Chabot. 2003b. Winter and spring changes in condition factor and energy reserves of wild cod compared with changes observed during food-deprivation in the laboratory. ICES J. Mar. Sci. 60: 780–786.

Fontaine, P.M., M.O. Hammill, C. Barrette, et M.C.S. Kingsley. 1994. Feeding in harbour porpoise from the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:172-178.

Fréchet, A. 1991. A declining cod stock in the Gulf of St. Lawrence: How can we learn from the past? NAFO Sci. Coun. Studies 16: 95-102.

Gilbert D., et B. Pettigrew. 1997. Interannual variability (1948–1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 57–67.

Hammill, M., et G. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), hooded seals (*cystophora cristata*), grey seal (*Halichoerus grypus*), and harbour seals (*Phoca vitulina*) in Atlantic Canada. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23.

Hammill, M.O., et G.B. Stenson. 2004. Volume estimatif de morue franche (*Gadus morhua*) consommé par le phoque du Groenland (*Phoca groenlandica*) dans les divisions 4RS de l'OPANO. Secr. can. de consult. sci. du

MPO. Document de recherche 2004/093.

Hammill, M.O., G.B. Stenson, F. Proust, P. Carter, and D. McKinnon. 2007. Feeding by grey seals in the Gulf of St. Lawrence and around Newfoundland; pp, 135-152. In T. Haug, M. Hammill, and D. Olafsdottir (Editors). Grey seals in the north Atlantic and the Baltic. NAMMCO Sci. Publ. 6.

Hammill, M.O., G.B. Stenson, F. Proust, P. Carter, et D. McKinnon. 2007. Feeding by grey seals in the Gulf of St. Lawrence and around Newfoundland; pp, 135-152. In T. Haug, M. Hammill, and D. Olafsdottir (Editors). Grey seals in the north Atlantic and the Baltic. NAMMCO Sci. Publ. 6.

Haug, T., U. Lindstrom, and K. Nilssen. 2002. Variations in minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) diet and body condition in response to ecosystem changes in the Barents Sea. Sarsia 87: 409-422.

Haug, T., U. Lindstrom, et K. Nilssen. 2002. Variations in minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) diet and body condition in response to ecosystem changes in the Barents Sea. Sarsia 87: 409-422.

Kingsley, M.C.S., and R.R. Reeves. 1998. Aerial surveys of cetaceans in the Gulf of St. Lawrence in 1995 and 1996. Can. J. Zool. 76: 1529-1550.

Kingsley, M.C.S., et R.R. Reeves. 1998. Aerial surveys of cetaceans in the Gulf of St. Lawrence in 1995 and 1996. Can. J. Zool. 76: 1529-1550.

Lambert, Y., and J.-D. Dutil. 1997. Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2388-2400.

Lambert, Y., et J.-D. Dutil. 1997. Condition and energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during the collapse of the northern Gulf of St. Lawrence stock. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2388-2400.

Marcogliese, D.J., F. Boily, and M.O. Hammill. 1996. Distribution and abundance of stomach nematodes (Anisakidae) among grey seals (*Halichoerus grypus*) and harp seals (*Phoca groenlandica*) in the Gulf of St Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2829-2836.

Marcogliese, D.J., F. Boily, et M.O. Hammill. 1996. Distribution and abundance of stomach nematodes (Anisakidae) among grey seals (*Halichoerus grypus*) and harp seals (*Phoca groenlandica*) in the Gulf of St Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2829-2836.

Palmer, C., and P. Sinclair. 1997. When the fish are gone, ecological disaster, and fishers in the northwest Newfoundland. Ferwood Publishing, Halifax, NS.

Palmer, C., and P. Sinclair. 1997. When the fish are gone, ecological disaster, and fishers in the northwest Newfoundland. Ferwood Publishing, Halifax, NS.

Savenkoff, C., M. Castonguay, D. Chabot, M.O. Hammill , H. Bourdages, L. Morissette. 2007. Changes in the northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modeling: Evidence of a fishery-induced regime shift? Estuar. Coast. Shelf Sci. 73: 711-724.

Savenkoff, C., M. Castonguay, D. Chabot, M.O. Hammill , H. Bourdages, L. Morissette. 2007. Changes in the northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modeling: Evidence of a fishery-induced regime shift? Estuar. Coast. Shelf Sci. 73: 711-724.

Savenkoff, C., M. Castonguay, A.F. Vézina, S.-P. Despatie, D. Chabot, L. Morissette, and M.O. Hammill. 2004. Inverse modeling of trophic flows through an entire ecosystem: The northern Gulf of St. Lawrence in the mid-1980s. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 2194-2214.

Savenkoff, C., M. Castonguay, A.F. Vézina, S.-P. Despatie, D. Chabot, L. Morissette, et M.O. Hammill. 2004. Inverse modeling of trophic flows through an entire ecosystem: The northern Gulf of St. Lawrence in the mid-1980s. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 2194-2214.

Thomas, L, M.O. Hammill, and W.D. Bowen.

Thomas, L, M.O. Hammill, et W.D. Bowen. 2007.

2007. Estimated size of the northwest Atlantic grey seal population 1977-2007. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res Doc. 2007/082.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

Cod in the Southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4TVn, December-April)

Productivity of this stock declined sharply in the 1980s (Swain and Chouinard 2008). All 3 components of population productivity contributed to this change:

1. Recruitment rate was unusually high from the mid-1970s to the early 1980s. These rates are thought to be abnormally high, reflecting reduced predation on cod eggs and larvae following the collapse of pelagic fish stocks in the southern Gulf early in the 1970s (Swain and Sinclair 2000). Pelagic fish stocks recovered in the 1980s, and recruitment rates of cod returned to a lower level. Recent recruitment rates, while lower than the unusually high rates observed in the mid-1970s to early 1980s, are high compared to the rates observed in the 1950s and 1960s. That is, the current weak recruitment is not due to a low rate of recruitment, but is instead due to low spawning stock biomass.

2. Size-at-age declined sharply in the late 1970s and early 1980s and has remained low since then. The decline is thought to reflect a density-dependent decline in growth and a change in the direction of size selection by the fishery (Sinclair et al. 2002). Size-at-age remains low even though conditions for growth appear to be good: temperatures experienced by cod during the feeding season are relatively warm, cod density is low, and prey abundance is high. Furthermore, fishing mortality is low and should generate little size selection. The continued slow growth of

Évaluation de la population de phoques gris de l'Atlantique Nord-Ouest, 1977-2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2007/082.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, et J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

La morue du sud du golfe du Saint-Laurent (division 4TVn de l'OPANO – décembre à avril)

Le déclin abrupt de la productivité de ce stock a eu lieu dans les années 1980 (Swain et Chouinard 2008). Les trois composantes de la productivité de la population ont contribué à ce changement:

1. Le taux de recrutement a été inhabituellement élevé du milieu des années 1970 au début des années 1980. Ces taux sont considérés anormalement élevés et reflètent la réduction de la prédation sur les oeufs et les larves de morue qui a suivi l'effondrement des stocks de poissons pélagiques dans le sud du golfe au tout début des années 1970 (Swain et Sinclair 2000). Le rétablissement des stocks de poissons pélagiques a eu lieu dans les années 1980 et le taux de recrutement est alors revenu à un niveau plus pas. Les taux de recrutement récents, tout en étant plus bas que les taux inhabituellement élevés observés du milieu du 1970 au début des années 1980, sont élevés si on les compare aux taux des années 1950 et 1960. En d'autres mots, le faible recrutement actuel n'est pas dû à un taux de recrutement trop bas mais est plutôt lié à une faible biomasse du stock reproducteur.

2. Depuis un déclin abrupt à la fin des années 1970 et au début des années 1980, la taille selon l'âge est restée faible. Ce déclin reflète vraisemblablement une baisse densité-dépendante de la croissance ainsi qu'un changement dans la sélection de taille faite par l'industrie de la pêche (Sinclair et al. 2002). La taille selon l'âge reste basse bien que les conditions de croissance semblent bonnes: la température ressentie par les morues pendant la saison d'alimentation est relativement chaude, la densité de population est faible et l'abondance de proies est élevée.

southern Gulf cod may reflect a genetic response to the strong selection against fast growth that occurred in the 1980s and early 1990s (Swain et al. 2007).

3. The most important factor contributing to the current low productivity of the southern Gulf cod stock is elevated natural mortality (M) (Swain and Chouinard 2008; figures 20 and 21). M was high in the mid-1990s (0.4-0.5) and appears to have increased further since then. It is estimated that M began to increase in the 1980s (Chouinard et al. 2005).

De plus, la mortalité due à la pêche est faible ce qui ne devrait occasionner que peu de sélection de taille. Le fait que la croissance continue à être si lente chez la morue du sud du golfe est probablement le reflet d'une réponse génétique à la forte sélection qui a eu lieu pour faire face à la croissance rapide des années 1980 et du début des années 1990 (Swain et al. 2007).

3. Le facteur le plus important qui contibue à la faible productivité actuelle du stock de morues du sud du golfe est la mortalité naturelle élevée (M) (Swain et Chouinard 2008; figures 20 et 21). La mortalité naturelle était élevée au milieu des années 1990 (0,4 – 0,5) et semble avoir encore augmenté depuis. Les estimations indiquent que la mortalité naturelle a commencé à augmenter dans les années 1980 (Chouinard et al. 2005).

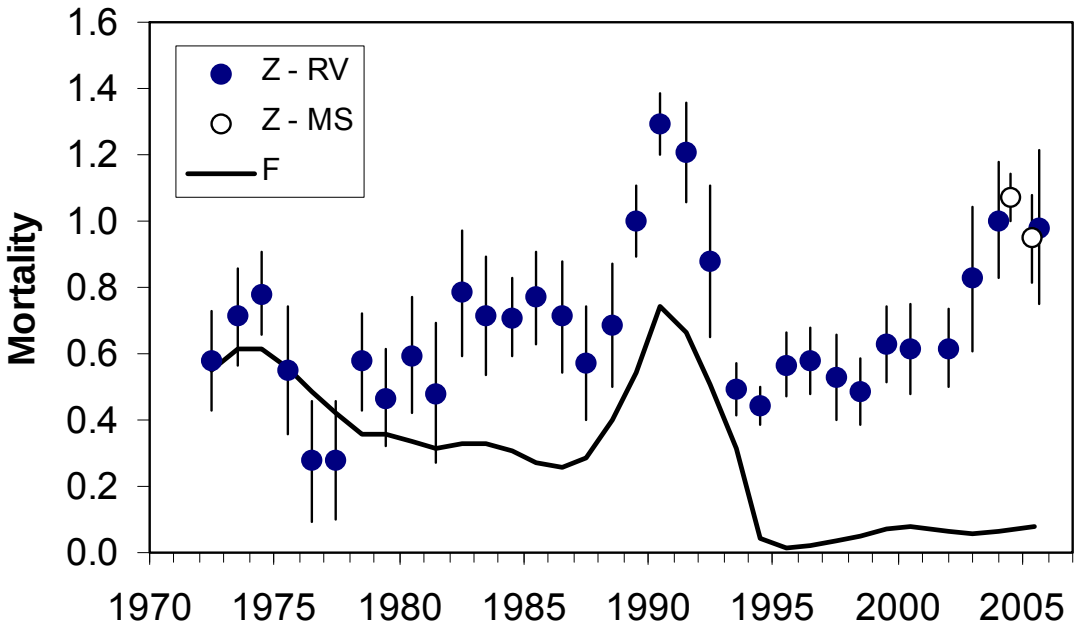

Figure 20. Estimates of total mortality (Z) and fishing mortality (F) for southern Gulf cod aged 7-11 years, averaged over 4-year blocks. Estimates of Z are from catch rates at age in the September research vessel survey (RV) and the August sentinel trawl survey (MS). Estimates of F are from sequential population analysis. Vertical lines are ±2SE. The difference between Z and F is due to natural mortality (M) or other unaccounted sources of mortality (e.g., unreported catch). The large difference in the late 1980s and early 1990s may be partly due to unreported catch during the intense fishery during this period. The large difference after 1993 must be due mostly to M, given the very low fishing effort in

Figure 20. Estimations de la mortalité totale (Z) et de la mortalité due à la pêche (F) chez la morue du sud du golfe âgée entre 7 et 11 ans; la moyenne est calculée sur des périodes de 4 ans. Les estimations de la mortalité totale proviennent des taux de capture selon l'âge obtenus lors des relevés du navire de recherche en septembre (RV) et des relevés par pêche sentinelle au chalut en août (MS). Les estimations de la mortalité due à la pêche proviennent d'analyses séquentielles de population. Les lignes verticales représentent ±2SE (erreur-type). La différence entre la mortalité totale (Z) et celle due à la pêche (F) représente la mortalité naturelle (M) ou toute autre source de mortalité (par ex.:

this period. Results indicate that M must have been 0.4-0.5 in the mid-1990s (much higher than the values of 0.1-0.2 estimated for the 1970s and earlier). Recent results indicate a further increase in M in recent years. From Chouinard et al. 2008.

les captures non signalées). La grande différence qui apparait à la fin des années 1980 et au début des années 1990 est due en partie aux captures non signalées lors de la pêche intense qui a eu lieu pendant cette période. La grande différence visible après 1993 est probablement due en grande partie à la mortalité naturelle, vu le faible effort de pêche fourni ces années-là. Les résultats indiquent que la mortalité naturelle a atteint 0,4 – 0,5 au milieu des années 1990 (ce qui est beaucoup plus élevé que les valeurs estimées à 0,1-0,2 pour les années 1970 et avant). Des résultats récents indiquent une nouvelle hausse de la mortalité naturelle lors des dernières années. Tiré de Chouinard et al. 2008.

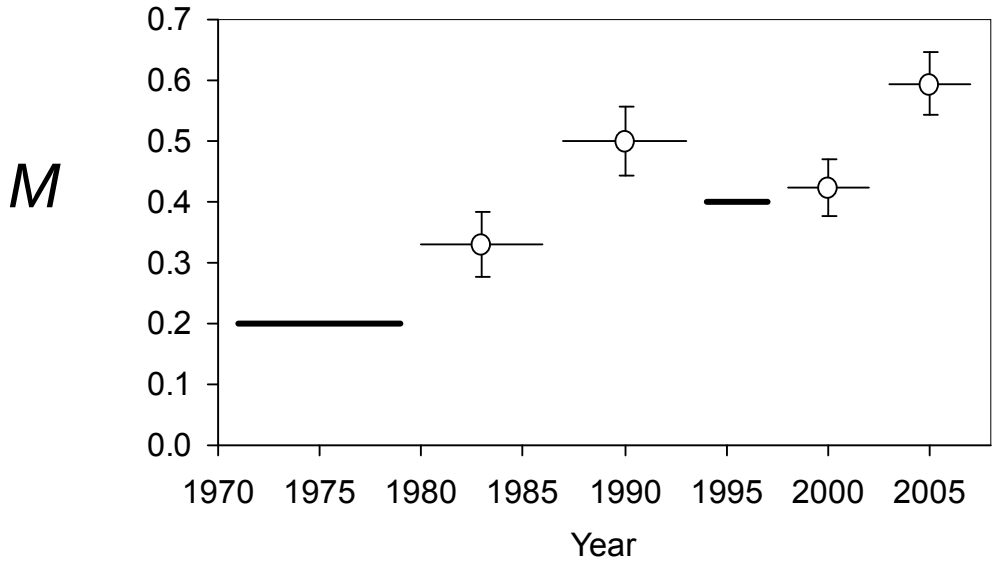

Figure 21. Estimates of natural mortality (M) of southern Gulf cod (ages 2+) from a population model. Heavy horizontal lines are assumed values; circles are estimated values (±2SE) for the periods indicated by light horizontal lines. From Chouinard et al. 2008.

Figure 21. Estimations de la mortalité naturelle (M) de la morue du sud du golfe âgée de 2 ans et plus, d'après un modèle de population. Les lignes horizontales en gras représentent les valeurs supposées; les cercles sont des valeurs estimées (±2SE) pour les périodes indiquées par les fines lignes horizontales. Tiré de Chouinard et al. 2008.

Hypotheses

1. Unreported catch: Losses attributed to natural mortality may instead reflect fishing mortality associated with unreported catch (discarded catch or unreported landings). Unreported catch may contribute to the high estimated M in the late 1980s and early 1990s when the fishery was very intense. However, unreported catch cannot have been an important component of elevated M since 1994 when fishing effort declined to very low levels.

Hypothèses

1. Captures non signalées: Il est possible que les pertes attribuées à la mortalité naturelle reflètent en fait la mortalité due à la pêche associée aux captures non signalées (prises rejetées et débarquements non rapportés). Les captures non signalées ont sûrement contribué aux estimations élevées de mortalité naturelle de la fin des années 1980 et du début des années 1990 lorsque la pêche était très intense. Cependant, elles ne peuvent être considérées comme une composante importante de la mortalité naturelle accrue depuis 1994, puisque l'effort de pêche a baissé à de très bas niveaux.

Conclusion: Unreported catch cannot be an important factor since 1994.

2. Disease: There have been no reports of diseased or sick cod. No bacterial or viral fish pathogens were identified in 250 4T cod screened by the DFO Fish Health and Microbiology units in 2000-2008.

***Conclusion: There is no indication that this is an important factor*.**

3. Contaminants: Contaminants in 4T cod were periodically monitored by DFO from the mid-1970s to the late 1990s. The data after 1985 are not available, but the earlier data do not indicate any increasing trend in contaminants (Misra et al. 1993). Information tabled at the 2003 zonal assessment meeting for cod indicated that 1) traditional contaminants have declined or remained constant in the environment over the past 20 or so years; 2) concentrations of some "new" contaminants (e.g., antifoulants, flame retardants) may be increasing; and 3) levels of contaminants outside of the St. Lawrence estuary are very low (though it is possible that effects may occur even at low concentrations). Contaminant loads are expected to be higher than those in the sGSL in heavily populated and industrialized areas of the northeastern Atlantic, such as the Baltic Sea, but no M problems are reported in cod from these areas.

***Conclusion: There is no indication that contaminants are a problem*.**

4. Starvation (poor condition): A hypothesis proposed for the nGSL stock is that increased M during the cold period in the early to mid-1990s was due to poor cod condition as a result of the harsh environmental conditions.

Conclusion: The available analyses do not provide support for this hypothesis for sGSL cod:

- Cold Intermediate Layer (CIL) temperature did decline to a low level in the early to mid-1990s. However, water temperature then warmed to normal levels, but M increased further instead of declining.

Conclusion: Les captures non signalées ne sont pas un facteur important depuis 1994.

2. Maladies: Aucun signalement de morue malade n'a été rapporté. Aucun agent pathogène bactérien ou viral n'a été identifié chez les 250 morues de la zone 4T examinées par les unités de microbiologie et de santé du poisson du MPO en 2000-2008.

Conclusion: Rien n'indique que ce soit un facteur important.

3. Contaminants: La surveillance des contaminants chez les morues de la zone 4T a eu lieu périodiquement de la fin des années 1970 à la fin des années 1990. Les données après 1985 ne sont pas disponibles, mais celles obtenues avant n'indiquent pas de tendance à la hausse des niveaux de contaminants (Misra et al. 1993). L'information présentée lors de la réunion d'évaluation zonale de la morue, en 2003, a indiqué que 1) les contaminants traditionnels sont en baisse ou sont restés constants dans l'environnement lors de ces 20 dernières années; 2) les concentrations de "nouveaux" contaminants sont en hausse (par ex.: produits anti-encrassements et ignifugeants); et 3) les niveaux de contaminants hors de l'estuaire du Saint-Laurent sont très bas (il est toutefois possible que des effets soient observés même à de petites concentrations). Il est probable que les charges de contaminants soient plus élevées que celles du sGSL dans les régions très peuplées et fortement industrialisées de l'Atlantique nord-est, telle que la mer Baltique, mais aucune mention de forte mortalité naturelle n'y a été signalée.

Conclusion: Rien n'indique que les agents de contamination soient problématiques.

4. Manque de nourriture (mauvais condition): L'hypothèse a été avancée que pour le stock du nGSL, l'augmentation de la mortalité naturelle pendant la période froide allant du début au milieu des années 1990 fut la conséquence de la mauvaise condition des morues, causée par des conditions environnementales difficiles.

Conclusion: Les analyses disponibles n'appuient aucunement cette hypothèse pour la morue du sGSL:

- La température de la couche intermédiaire froide est tombée à un niveau assez bas du début au milieu des années 1990. Cependant, la température de l'eau s'est réchauffée par la suite et est remontée à un niveau normal, mais la mortalité naturelle a continué d'augmenter au lieu de baisser.

- Temperatures experienced by cod during the early to mid-1990s were not unusually cold. Due to density-dependent shifts in cod distribution during the feeding season, temperatures experienced by cod have been near the long-term average since 1990.

- Condition in September has been monitored since 1971. Condition in September was low in the early to mid-1980s but then increased and has been near the long-term average since the late 1980s. Increasing M has not been associated with declining condition.

- Spring and early summer may be the critical period because of a strong seasonal cycle in condition in this stock. Condition is at the minimum annual level then. The seasonal cycle in condition has been monitored in this stock since 1991. Preliminary analyses indicates that condition in spring has been relatively high since 2002. Thus the increase in estimated M to an even higher level in recent years was associated with an increase in spring condition, not the decrease expected under this hypothesis.

Further analyses of the condition database are on-going and more extensive sampling to monitor condition in the spring is planned.

5. Life-history change: The predicted evolutionary response to the increased mortality imposed by fishing is a decrease in the age and size at maturation. The survival cost to reproduction is expected to be greater in individuals maturing at an earlier age and smaller size. It has been suggested that increased M of cod in the northwest Atlantic might be partly due to fishery-induced declines in age and size at maturity.

***Conclusion: There is no support for this hypothesis for sGSL cod*:**

- Age-at-maturity declined in the 1960s and early 1970s and has been roughly constant or slightly increasing since the late 1970s.

- Size at maturity declined between 1960 and the early 1980s and has been roughly constant or

- Les températures ressenties par la morue du début au milieu des années 1990 n'étaient pas inhabituellement froides. La distribution des morues pendant la saison d'alimentation ayant subi des changements densité-dependants, les températures ressenties depuis 1990 ont été proches de la moyenne à long-terme.
- La surveillance de la condition des morues au mois de septembre a lieu depuis 1971. Celle-ci a été basse du début au milieu des années 1980 mais a augmenté par la suite et stagne autour de la moyenne à long-terme depuis la fin des années 1980. La hausse de la mortalité naturelle ne peut donc être associée à une dégradation de la condition des morues.
- La période critique est vraisemblablement le printemps et le début de l'été, à cause d'un cycle saisonnier très marqué de la condition de ce stock. La condition est alors à son minimum annuel. Ce cycle saisonnier est sous surveillance depuis 1991. Les analyses préliminaires indiquent que la condition est relativement haute au printemps depuis 2002. L'augmentation de la mortalité naturelle estimée à un niveau encore plus élevé ces dernières années a donc coincidé avec la hausse de la condition au printemps, et non pas à son déclin comme on aurait pu s'y attendre selon cette hypothèse.

Des analyses approfondies de la banque de données sur la condition des morues sont en cours et un échantillonage plus complet est prévu pour surveiller la condition au printemps.

5. Changements biodémographiques: La réponse évolutive attendue suite à l'augmentation de la mortalité imposée par la pêche consiste en un déclin de l'âge et de la taille à maturité. Le coût en terme de survie lors de la reproduction devrait être plus élevé pour des individus qui atteignent la maturité à un plus jeune âge et avec une plus petite taille. Il a été suggéré que le déclin de l'âge et de la taille à maturité, suite à l'intensité de la pêche, est en partie responsable de la hausse de la mortalité naturelle de la morue dans l'Atlantique nord-ouest.

Conclusion: Rien n'appuie cette hypothèse en ce qui concerne la morue du sGSL:

- L'âge à maturité a baissé dans les années 1960 et au début des années 1970; depuis la fin des années 1970, il est constant ou en légère hausse.
- La taille à maturité a diminué entre 1960 et le début des années 1980; depuis le milieu des

slightly increasing since the mid-1980s.

- Thus, life-history change mostly precedes the period of increasing M, and age and size at maturity are not decreasing during the period of increasing M.

General discussion: Although size and age-at-maturity were not decreasing during the period of increasing M, the earlier declines may have resulted in increased likelihood of mortality through interactions with other factors (i.e., cumulative or synergistic effects). However, if this were the case, these cumulative or synergistic effects should be evident in reduced cod condition.

6. An impact of grey seals. ***This is the hypothesis for which there is the most support:***

- Temporal correlation between cod M and grey seal abundance: M of southern Gulf cod has increased in parallel with the abundance of grey seals (Chouinard et al. 2005).

- Spatial correlation between cod M and grey seal abundance: M first rose to very high levels (> 1 in the 1993-2001 period) in the 4VsW stock, the stock occupying the region where grey seal abundance is highest. M is now rising to these very high levels in the 4T and possibly 4X stocks, stocks occupying areas with lower but increasing grey seal abundance. M is lower in stocks north of the Laurentian Channel, areas which are not heavily used by grey seals.

- Increased seal abundance is correlated with increased mortality of adults of several other species (white hake, American place, thorny skate, smooth skate, winter skate) in the sGSL. This includes species with very different life-history characteristics (e.g., cod and white hake versus skates).

- Changes in the species composition of the marine fish community are associated with the susceptibility of these species to predation by grey seals (Benoît and Swain 2008). Species

années 1980, elle est constante ou en légère hausse.

- Ainsi, les changements biodémographiques précèdent généralement les périodes d'augmentation de la mortalité naturelle, périodes pendant lesquelles l'âge et la taille à maturité ne diminuent pas.

Discussion générale: Bien que l'âge et la taille à maturité n'aient pas diminué pendant la période d'augmentation de la mortalité naturelle, les déclins précédents ont peut-être résulté en une probabilité accrue de mortalité suite à l'interaction avec d'autres facteurs (c.-à-d. des effets cumulatifs ou synergiques). Cependant, si c'était le cas, ces effets cumulatifs et synergiques devraient se manifester par la détérioration de la condition des morues.

6. L'impact des phoques gris. ***Cette hypothèse est celle que les données soutiennent le plus:***

- Corrélation temporelle entre la mortalité naturelle de la morue et l'abondance de phoques gris: la mortalité naturelle de la morue dans le sud du golfe a augmenté en parallèle avec l'abondance de phoques gris (Chouinard et al. 2005).
- Corrélation spatiale entre la mortalité naturelle de la morue et l'abondance de phoques gris: la mortalité naturelle a d'abord atteint un haut niveau dans le stock de la zone 4VsW (> 1 entre 1993 et 2001), stock occupant la région où l'abondance de phoques gris est la plus forte. La mortalité naturelle des stocks des zones 4T, et probablement 4X, augmente aussi vers ces niveaux élevés; ces stocks occupent des régions où l'abondance de phoques gris est plus basse, mais en augmentation. La mortalité naturelle est plus basse pour les stocks situés au nord du chenal Laurentien, dans des zones qui ne sont pas beaucoup utilisées par les phoques gris.
- L'augmentation de l'abondance de phoques est corrélée à l'augmentation de la mortalité chez les adultes de nombreuses autres espèces du sGSL (la merluche, la plie canadienne, la raie épineuse, la raie lisse et la raie tachetée). Cela comprend des espèces dont les caractéristiques de vie sont très différentes (par ex.: la morue et la merluche par opposition aux raies).
- Les changements dans la composition des espèces de la communauté des poissons marins sont associés à la prédisposition de ces espèces à être chassées par les phoques gris

inferred to have a high susceptibility to predation by grey seals have tended to decrease in abundance; those with low susceptibility to predation by grey seals have tended to increase in abundance.

(Benoît et Swain 2008). L'abondance des espèces dont la prédisposition à être chassées par les phoques gris est grande, diminue; celle des espèces dont la prédisposition à être chassées par les phoques gris est faible, augmente.

However, available diet data do not support a major impact of grey seal predation on 4T cod. Based on the otoliths found in stomachs collected in the GSL, grey seals consume predominantly juvenile cod, whereas M is elevated in adult cod.

Cependant, les données disponibles sur le régime alimentaire contredisent l'idée d'un impact majeur de la prédation des phoques gris sur la morue de la zone 4T. L'étude des otolithes contenus dans les estomacs recueillis dans le GSL montre que les phoques gris consomment principalement des morues juvéniles, alors que la mortalité naturelle est élevée chez les morues adultes.

However, possible biases in the available diet information for grey seals may underestimate the consumption of adult cod:

- The estimated amount of cod consumed could account for a significant proportion of the increase in M assuming that older fish were eaten.
- Most grey seal stomach samples from the southern Gulf are from summer (June-Sep) and inshore areas (Miramichi, Amet Island, and Port Hood). Very few samples are from areas and times of high cod aggregation (e.g., overwintering grounds and migration routes to and from these grounds). Some grey seals are known to occur in the vicinity of these cod aggregations. Thus, seasonal and spatial biases in sampling may underestimate the proportion of cod in the diet as well as provide a biased representation of the age composition. (New data reducing these seasonal and spatial sampling biases will be available shortly.)
- Predation on large cod may be underestimated due to "belly-biting". Belly-biting of free-swimming cod has been reported by fish harvesters.
- The consumption of adult cod required to account for a major portion of M is a small fraction of the total consumption of the grey seal herd. This level of consumption cannot be ruled out given the uncertainties and biases in the seal diet data.

Cependant, il est possible que des biais dans les données disponibles sur le régime alimentaire des phoques gris sous-estiment la consommation de morues adultes:

- La quantité estimée de morues consommées pourrait représenter une proportion significative de l'augmentation de la mortalité naturelle si on considère que des poissons plus vieux sont consommés.
- La plupart des échantillons de contenus stomacaux de phoques gris ont été prélevés dans le sGSL en milieu côtier (Miramichi, l'île Amet et Port Hood) pendant l'été (juin-septembre). Peu d'échantillons proviennent de régions ou de périodes de forte concentration de morues (par ex.: aires d'hivernage, routes migratoires vers ou à partir de ces aires). On sait que certains phoques gris se rassemblent aux environs de ces concentrations de morues. Des biais saisonniers et spatiaux dans l'échantillonnage pourraient donc conduire à une sous-estimation de la proportion de morues retrouvées dans le régime alimentaire et fournir ainsi une représentation biaisée de la composition par âge. De nouvelles données permettant de réduire ces biais seront bientôt disponibles.
- La prédation des morues de grande taille pourrait être sous-estimée à cause des "morsures ventrales". Des pêcheurs ont rapporté des occurences de morsures ventrales sur des morues en nage libre.
- La consommation de morues adultes nécessaire pour expliquer une partie importante de la mortalité naturelle est une petite fraction de la consommation totale du troupeau de phoques gris. Ce niveau de consommation ne peut être écarté vu les incertitudes et les biais dans les données sur le régime alimentaire des phoques.

Other possible seal impacts:

- *Harp seals*: The abundance of harp seals is much greater than that of grey seals, though harp seals are not year-round residents of the 4T cod stock area and harp seals consume smaller prey than grey seals. Belly-biting of cod by harp seals has been reported by fish and seal harvesters. Harp seal predation may contribute to M of 4T cod but the total amount has been estimated to be small (Hammill and Stenson 2000).

- *Parasites transmitted by seals*: Parasite loads have increased as seal abundance increased. High parasite loads may affect the growth, condition and mortality of cod. Preliminary analyses suggest an association between parasite load and recent growth in length but indicate that any effects on condition appear to be small compared to other sources of variation.

- *Disruption of feeding, spawning and migratory behaviour*: This may occur, but effects on cod condition and recruitment rate are not evident (though length-at-age of sGSL cod remains low).

7. Predation by other predators. *There is limited information on this hypothesis:*

- Large sharks are declining in abundance in the western Atlantic.
- Predation by whales (minke whales, harbour porpoise, pilot whales):
  - o Minke whales are in the area from May to December; 180 were sighted in the 1998 and 2007 surveys; cod up to 80 cm long comprise 2-5% of their diet.
  - o Trends in abundance are not known but abundance may be increasing due to reduced bycatch (porpoises) and reduced hunting (minke whales).
  - o Could be a component of elevated M but not as important a component as grey seal predation (M.O. Hammill pers. comm.).

Autres répercussions possibles des phoques:

- *Phoques du Groenland*: Les phoques du Groenland sont beaucoup plus nombreux que les phoques gris; ceci dit, ils ne sont pas résidents à l'année de la zone du stock de morues 4T et ils consomment de plus petites proies que les phoques gris. Les pêcheurs de morues et les chasseurs de phoques ont rapporté des occurences de morsures ventrales sur des morues par les phoques du Groenland. Il est donc possible que les phoques du Groenland contribuent à la mortalité naturelle de la morue en 4T, mais il a été estimé que la valeur totale de cette prédation est peu élevée (Hammill et Stenson 2000).
- *Parasites transmis par les phoques*: Les charges de parasites ont augmenté en même temps que l'abondance des phoques. De fortes charges de parasites affectent sûrement la croissance, la condition et la mortalité de la morue. Des analyses préliminaires suggèrent une relation entre la charge de parasite et la croissance récente en longueur mais indiquent que les effets sur la condition sont faibles comparés aux autres sources de variation.
- *Perturbation des comportements alimentaire, reproducteur et migratoire*: ceci peut se produire, mais les effets sur la condition de la morue et sur le taux de repeuplement ne sont pas évidents (bien que la longueur selon l'âge de la morue du sGSL reste petite).

7. Prédation par d'autres prédateurs. Il existe *peu d'informations pour appuyer cette hypothèse*:

- L'abondance des grands requins diminue dans l'Ouest de l'Atlantique.
- La prédation par les cétacés (petits rorquals, marsouins communs, globicéphales):
  - o On retrouve des petits rorquals dans cette région de mai à décembre. Cent quatre-vingt animaux ont été recensés lors des relevés de 1998 et 2007. Les morues de 80 cm et moins représentent entre 2 et 5% de leur régime alimentaire.
  - o Leurs tendances d'abondance sont inconnues mais il est possible qu'elle augmente suite à la réduction des prises accessoires (marsouins) et de la chasse (petits rorquals).
  - o Pourrait être une composante de la mortalité naturelle élevée, mais pas aussi importante que la prédation par les phoques gris (M.O. Hammill comm. pers.).

- Cetaceans may contribute to parasite (Anasakis) loads, which have increased in cod.

References

Benoît, H.P., and D.P. Swain. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2088-2104.

Chouinard, G.A., D.P. Swain, M.O. Hammill, and G.A. Poirier. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1991-2000.

Chouinard, G.A., L. Savoie, D.P. Swain, T. Hurlbut, and D. Daigle. 2008. Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence cod stock, February 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/045.

Hammill, M.O., and G.B. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), grey seals (*Halichoerus grypus*), harbour seals (*Phoca vitulina*), and hooded seals (*Cystophora cristata*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23.

Misra, R.K., J.F. Uthe, C.L. Chou, D.P. Scott, and C.J. Musial. 1993. Trend analysis using a multivariate procedure for data with unequal residual covariance and regression coefficient matrices: Application to Canadian Atlantic cod contaminant data. Mar. Poll. Bull. 26: 73-77.

Sinclair, A.F., D.P. Swain, and J.M. Hanson. 2002. Disentangling the effects of size-selective mortality, density, and temperature on length-at-age. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 372-382.

Swain, D.P., and G.A. Chouinard. 2008. Predicted extirpation of the dominant demersal fish in a large marine ecosystem: Atlantic cod (Gadus morhua) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2315-2319.

Swain, D.P., and A.F. Sinclair. 2000. Pelagic fishes and the cod recruitment dilemma in the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 1321-1325.

- Les cétacés pourraient contribuer à l'augmentation des charges de parasites (anisakidés) observée chez la morue.

Références

Benoît, H.P., et D.P. Swain. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2088-2104.

Chouinard, G.A., D.P. Swain, M.O. Hammill, et G.A. Poirier. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1991-2000.

Chouinard, G.A., L. Savoie, D.P. Swain, T. Hurlbut, and D. Daigle. 2008. Évaluation du stock de morue du sud du golfe du Saint-Laurent, février 2008 Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2008/045.

Hammill, M.O., et G.B. Stenson. 2000. Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), grey seals (*Halichoerus grypus*), harbour seals (*Phoca vitulina*), and hooded seals (*Cystophora cristata*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 26: 1-23.

Misra, R.K., J.F. Uthe, C.L. Chou, D.P. Scott, et C.J. Musial. 1993. Trend analysis using a multivariate procedure for data with unequal residual covariance and regression coefficient matrices: Application to Canadian Atlantic cod contaminant data. Mar. Poll. Bull. 26: 73-77.

Sinclair, A.F., D.P. Swain, et J.M. Hanson. 2002. Disentangling the effects of size-selective mortality, density, and temperature on length-at-age. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 372-382.

Swain, D.P., et G.A. Chouinard. 2008. Predicted extirpation of the dominant demersal fish in a large marine ecosystem: Atlantic cod (Gadus morhua) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2315-2319.

Swain, D.P., et A.F. Sinclair. 2000. Pelagic fishes and the cod recruitment dilemma in the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 1321-1325.

Swain, D.P., A.F. Sinclair, and J.M. Hanson. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. Proc. R. Soc. B. 274: 1015-1022.

Cod on the Eastern Scotian Shelf (NAFO Division 4VsW and 4Vn)

Natural mortality is high in this stock. There has been a steady increase in M since the late 1970s which peaked 2001, and appears to have declined most recently (Figure 22). M is now estimated to be about 0.7- 0.9 for all ages. Both small (<35 cm ~<4 years) and large (>35 cm, ~4+) cod have high M's. Trends in 4Vn are thought to be similar, but there is less data upon which to base conclusions (Mohn et al. 2001). Note that the conclusions for the most part are based on data up to 2002. More recent analyses are available, but these have not been peer reviewed.

Swain, D.P., A.F. Sinclair, et J.M. Hanson. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. Proc. R. Soc. B. 274: 1015-1022.

La morue de l'est du plateau néo-écossais (Division 4VsW et 4Vn de l'OPANO)

La mortalité naturelle de ce stock est élevée. Elle a crû de manière constante depuis la fin des années 1970, a culminé en 2001 et semble diminuer ces dernières années (figure 22). On estime qu'elle atteint aujourd'hui 0,7-0,9 tous âges confondus. Elle est élevée aussi bien pour les morues de petite taille (<35 cm ~<4 years) que de grande taille (>35 cm, ~4+). La tendance semble être la même pour 4Vn, mais la moindre disponibilité des données limite la possibilité de tirer des conclusions (Mohn et al. 2001). Notez que la plupart des conclusions ont été tirées à partir de données antérieures à 2002. Des analyses plus récentes sont disponibles mais n'ont pas encore été revues par les pairs.

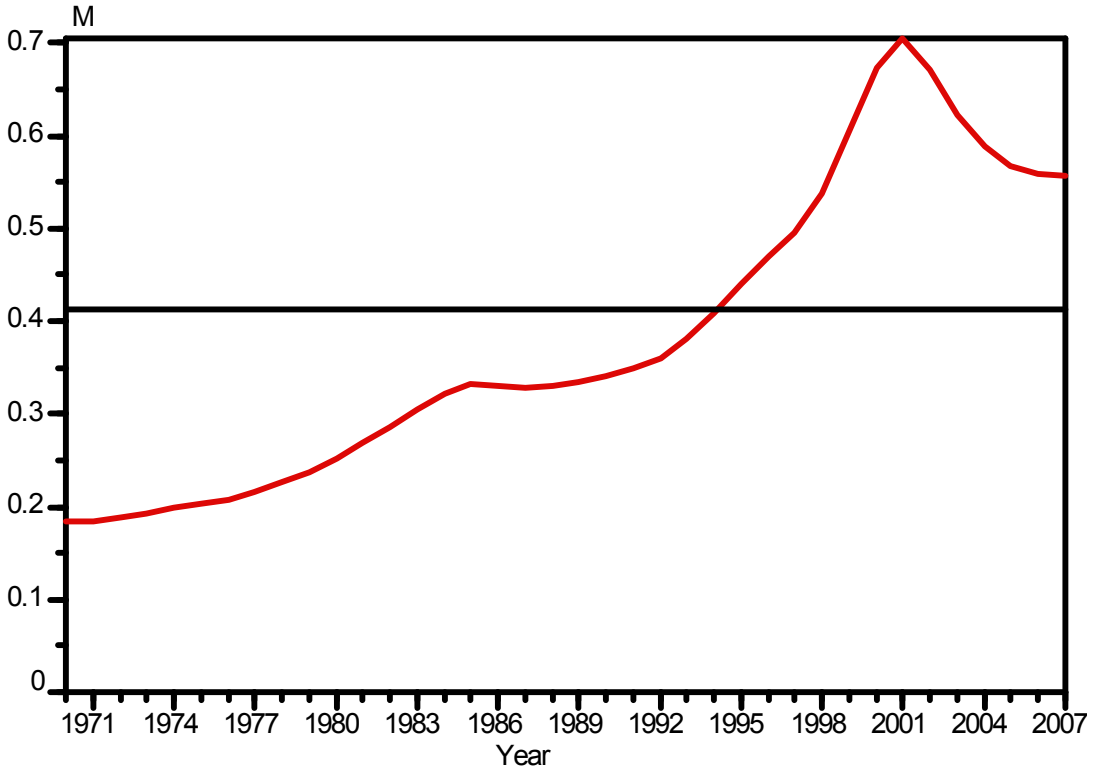

Figure 22. Trends in estimates of natural mortality (M) of 4VsW cod over time (Mohn, this meeting).

Figure 22. Estimation de la mortalité naturelle (M) de la morue de 4VsW depuis 1970 (Mohn, lors de la présente conférence).

Hypotheses

1. Unreported catch: Unreported or misreported catch was a source of mortality in this stock prior to 1992. However, since the moratorium in 1993, unreported catch could not explain the high M in this stock.

Conclusion: Not likely to explain high M in 4VsW.

2. Disease and parasites: There have been intermittent studies of parasites, but there have been no studies of disease incidence in the stock. Parasite load is up in 4X, but there is no change in 4Vn/4VsW (both currently lower than in 4X) for fish of same size. To date, the possibility of direct mortality or increased susceptibility to predation due to high parasite loads cannot eliminated.

Conclusion: No evidence of epizootic scale disease, but given the limited nature of information, neither disease nor parasitism can be completely ruled out.

3. Contaminants: A review of measurements of contaminant concentrations in water, sediments, and biota on the Scotian Shelf (the continental shelf off Nova Scotia) and in adjacent coastal waters, shows both areas of significant contamination (major ports and industrial centers), and areas of negligible contamination and near pristine conditions (Stewart and White 2001). In contrast, many coastal areas, such as St. Margarets Bay, have low to negligible or baseline concentrations of contaminants. Offshore areas of the Scotian Shelf show generally low levels of trace metals, hydrocarbons, PAHs, and synthetic organic compounds (DDT and derivatives, PCBs, and other chemicals), in part because of dilution with waters of the North Atlantic.

Conclusion: Scant data, but considered an unlikely cause of high M.

4. Starvation (poor condition): In 4VsW, body condition fell in the 1970s and stayed low; but even at this low level, condition was well above that identified as resulting in mortality (Fanning et al. 2003; Figure 12). Growth rate fell in the 1980s,

Hypothèses

1. Captures non signalées: Les captures non ou mal signalées constituaient une source de mortalité pour ce stock avant 1992. En revanche, depuis le moratoire de 1993, les captures non signalées ne peuvent pas expliquer la mortalité naturelle élevée dans ce stock.

Conclusion: Peut difficilement expliquer la mortalité naturelle élevée pour 4VsW

2. Maladies et parasites: Des études ont eu lieu sur les parasites de façon intermittente, mais aucune sur l'incidence de maladies au sein du stock. La charge de parasites est en augmentation pour 4X, mais il n'y a pas de changement pour 4Vn/4VsW pour des poissons de même taille (la charge est actuellement plus basse que pour 4X pour ces deux zones). A ce jour, la possibilité que des charges élevées de parasites soient responsables de la mortalité directe ou de la prédisposition accrue à la prédation ne peut pas être éliminée.

Conclusion: Aucune preuve de maladie épizootique mais vu le peu d'information, ni la maladie, ni le parasitisme ne peuvent être complètement écartés.

3. Contaminants: Les mesures de contaminants dans l'eau, les sédiments et les organismes du plateau néo-écossais (le plateau continental situé au large de la Nouvelle-Écosse) et des eaux côtières adjacentes, montre à la fois des régions où la présence de contaminants est significative (les ports principaux et les centres industriels) et des régions proches de leur état originel où la contamination est négligeable (Stewart et White 2001). En revanche, beaucoup de régions côtières, telles que la Baie Sainte-Marguerite, ont des niveaux de concentrations de contaminants faibles ou négligeables, voire proches du niveau de référence. Au large du plateau néo-écossais, on retrouve de faibles niveaux de métaux traces, d'hydrocarbures, de HAP et de composés organiques synthétiques (DDT et dérivés, BPC, et d'autres produits chimiques), en partie à cause de la dilution avec les eaux de l'Atlantique nord.

Conclusion: Données insuffisantes, mais il est peu probable que les contaminants soient la cause de la mortalité élevée.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition): La condition physique des morues de 4VsW s'est détériorée dans les années 1970 et est restée faible; mais même à ce bas niveau, elle était bien supérieure au niveau de condition nécessaire

and remains depressed through 2002 (Fanning et al. 2003; Figure 13). Both condition and length-at-age of 4Vn cod declined during the late 1980s, but have fluctuated without trend through 2000 (Mohn et al. 2001).

Conclusion: These changes do not appear to have been severe enough or have the correct temporal patterns to explain high M.

5. Changes in life-history traits:

A. *Age and size at maturity:* Have been declining in 4VsW cod since the beginning of the data (1970) with approximately 10 cm decline over time (Fanning et al. 2003; Figure 16). Possible mechanisms for these changes include the loss of subpopulations, animals under stress maturing younger, and genetic change in the population. Decreased size of fish could increase natural mortality, but size-at-age for many groundfish species has gone down across the North Atlantic.

B. *Fecundity:* Evidence from the July groundfish survey indicates that recruits/spawner has not declined and may even be somewhat higher recently (Fanning et al. 2003; Figure 20).

C. *Change in spawning phenology:* There are no data for this stock.

Conclusion: Reduction in size and age-at-maturity may be contributing to high M, but cannot account for current high levels.

6. Seal predation: Grey seal predation has contributed to the high M observed in 4VsW cod (Trzcinski et al. 2006 and this workshop). However, the estimated mortality attributed to grey seals represent a relatively small fraction of the estimated total natural mortality in this stock. Estimates of seal predation mortality on cod are most sensitive to estimates of the proportion of cod in the diet and the size of cod eaten. For example, estimates of consumption using the time-series of fatty acids estimates from Sable Island indicates that seal account for about 2-7% or less of M for mainly young cod (Trzcinski et al. 2006 and this workshop). In contrast, using data

pour expliquer la mortalité observée (Fanning et al. 2003; figure 12). Le taux de croissance a chuté dans les années 1980 et est resté en déclin jusqu'en 2002 (Fanning et al. 2003; figure 13). La condition ainsi que la longueur selon l'âge de la morue de 4Vn ont baissé à la fin des années 1980; elles ont fluctué sans tendance particulière jusqu'en 2000 (Mohn et al. 2001).

Conclusion: ces changements ne semblent pas avoir été assez marqués ni avoir suivi le bon patron temporel pour pouvoir expliquer la mortalité naturelle élevée.

5. Changements dans les composantes biodémographiques:

A. *Âge et taille à maturité*: L'âge et la taille à maturité des morues en 4VsW ont diminué depuis le début des prises de données (1970) avec un déclin d'environ 10 cm au fil des années (Fanning et al. 2003; figure 16). Plusieurs mécanismes pourraient expliquer ces changements: la perte de sous-populations, le fait que les animaux stressés atteignent la maturité plus jeunes ainsi que des changements génétiques dans la population. Il est possible que le déclin de la taille augmente la mortalité naturelle, mais la taille selon l'âge de nombreux poissons de fond a diminué dans l'ensemble de l'Atlantique nord.

B. *Fécondité*: Les données recueillies lors des relevés sur les poissons de fond en juillet indiquent que la population de reproducteurs n'a pas baissé et pourrait même avoir récemment amorcé une légère hausse (Fanning et al. 2003; figure 20).

C. *Changement dans la phénologie de la fraie*: Aucune donnée n'est disponible en ce qui concerne ce stock.

Conclusion: La réduction de la taille et de l'âge à maturité peut contribuer à la mortalité naturelle, mais ne peut pas être responsable du niveau élevé actuel.

6. Prédation par les phoques: La prédation par les phoques gris a contribué à la mortalité naturelle élevée de la morue en 4VsW (Trzcinski et al. 2006, et lors de cet atelier). Cependant, la mortalité attribuée aux phoques gris par les estimations ne représente qu'une petite partie de la mortalité naturelle totale estimée pour ce stock. Les estimations de la mortalité de la morue due à la prédation par les phoques gris sont particulièrement sensibles aux estimations de la proportion de morue dans leur régime alimentaire et à la taille des morues mangées. Par exemple, les estimations de la consommation qui utilisent la série temporelle basée sur les analyses d'acides

from grey seal scat samples collected at Sable Island results in a higher proportion of cod in the diet (13.5%) and consequently estimates of mortality are higher. Although the recovered cod otoliths from grey seal stomachs and scats indicated that primarily young cod are eaten by grey seals, if larger cod are eaten in higher proportion than currently assumed, then seals would have a greater impact than currently estimated. High uncertainly about cod abundance also contributes to uncertainly in the impact of grey seals on cod recovery.

***Conclusion*: *Grey seals do contribute to the direct mortality of cod. The level of this contribution, and, therefore, its impact on cod recovery, is uncertain*.**

7. Predation by other predators: Bundy (2005) described the eastern Scotian Shelf as a system that has switched from being dominated by demersal feeders to being dominated by pelagic feeders between the early 1980s and the late 1990s. With the collapse of the cod stock, there was a concurrent increase in the biomass of forage fish, including northern sand lance (*Ammodytes dubius*), Atlantic herring (*Clupea harengus*), and capelin (*Mallotus villotus*). Predation mortality of small cod accounted for most of the total mortality in the late 1990s. In the early 1980s model, large cod, demersal piscivores, were important predators of small cod. In the late 1990s, the main predators also included silver hake, squids, and cetaceans. The large increase in estimated predation mortality was not due to increased consumption of small cod, but to the large decrease in biomass of small cod. Thus, although less small cod was consumed, predation had a larger impact on the greatly reduced biomass. Predation mortality of large cod also significantly increased, but was estimated to constitute only 5% of the total mortality in the late 1990s. The main predators during both time periods were estimated to be grey seals, dogfish, and demersal piscivores.

gras de l'île de Sable indiquent que les phoques sont responsables d'au maximum 2 à 7% de la mortalité naturelle des jeunes morues (Trzcinski et al. 2006 et lors de cet atelier). En revanche, si on utilise les données fournies par les échantillons de fèces recueillis eux aussi sur l'île de Sable, on trouve une plus grande proportion de morue dans le régime alimentaire des phoques (13,5%), ce qui donne par conséquent une estimation de mortalité plus élevée. Bien que les otolithes de morues récupérés dans les estomacs et les fèces de phoques gris montrent que ces derniers se nourrissent en priorité de jeunes morues, s'il s'avère que des morues de plus grande taille sont mangées dans de plus grandes proportions qu'on ne l'estime actuellement, alors les répercussions de la prédation des phoques gris seraient plus grandes qu'on ne le pense. L'incertitude importante qui entoure l'abondance de la morue contribue aussi à l'incertitude quant aux répercussions des phoques gris sur le rétablissement des stocks de morue.

Conclusion: Les phoques gris contribuent effectivement à la mortalité directe des morues. En revanche, le niveau de cette contribution, et donc son impact sur le rétablissement des stocks de morue, est incertain.

7. Prédation par d'autres prédateurs: Bundy (2005) a décrit l'est du plateau néo-écossais comme un système qui est passé de la domination des prédateurs démersaux à celle des prédateurs pélagiques entre le début des années 1980 et la fin des années 1990. En parallèle à l'effondrement du stock de morue, il y a eu une augmentation de la biomasse des poissons fourrages, tels que le lançon (*Ammodytes dubius*), le hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) et le capelan (*Mallotus villotus*). A la fin des années 1990, la prédation des morues de petite taille représentait la majeure partie de la mortalité totale. Dans les modèles du début des années 1980, les morues de grande taille et les piscivores démersaux étaient des prédateurs importants des morues de petite taille. À la fin des années 1990, les prédateurs principaux incluaient aussi le merlu argenté, les calmars et les cétacés. La forte augmentation de l'estimation de la mortalité due à la prédation n'est pas due à l'augmentation de la consommation de morues de petite taille, mais à la diminution massive de la biomasse de petites morues. Ainsi, bien que moins de morues de petite taille aient été consommées, la prédation a eu des répercussions bien plus grandes sur une biomasse grandement réduite. La mortalité par

Conclusion: Other predators not doubt contributed to the high M, but it is difficult to estimate this impact, particularly on large cod, as much of mortality is unexplained.

References

Bundy, A. 2005. Structure and functioning of the eastern Scotian Shelf ecosystem before and after the collapse of groundfish stocks in the early 1990s. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1453–1473.

Fanning, P.L., R.K. Mohn, and W.J. McEachern. 2003. Assessment of 4VsW cod to 2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/027.

Mohn, R.K., D. Beanlands, G.A.P. Black, and T. Lambert. 2001. Assessment of the status of 4Vn cod (May-October) 2000. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/105.

Stewart, P.L., and L. White. 2001. A review of contaminants on the Scotian Shelf and in adjacent coastal waters: 1970 to 1995. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2351.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, and W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

<u>Cod on the Eastern Scotian Shelf (NAFO Division 4X)</u>

M has been slowly increasing in this stock from 0.3 to 0.7 (Trzcinski et al., this meeting). The increase started slowly the 1970s, but there may be slightly more rapid increase since 1995.

1. **Unreported catch:** Discrepancies in species composition between trips carrying an observer and unobserved trips may be indicative of potential discarding or misreporting of landings.

prédation a aussi augmenté de manière significative pour les morues de grande taille, mais elle ne constituait que 5% de la mortalité totale à la fin des années 1990. Leurs prédateurs principaux lors de ces deux périodes étaient vraisemblablement les phoques gris, les aiguillats et les piscivores démersaux.

Conclusion: Il ne fait aucun doute que les autres prédateurs contribuent à la mortalité naturelle élevée, bien qu'il soit difficile d'estimer cet impact, particulièrement sur la morue de grande taille, car une grande partie de la mortalité reste inexpliquée.

Références

Bundy, A. 2005. Structure and functioning of the eastern Scotian Shelf ecosystem before and after the collapse of groundfish stocks in the early 1990s. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 1453–1473.

Fanning, L.P., R.K. Mohn, et W.J. MacEachern. 2003. Bilan de l'état du stock de morue de 4VsW en 2002. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2003/027.

Mohn, R.K., D. Beanlands, G.A.P. Black, and T. Lambert. 2001. Évaluation de l'état du stock de morue de 4Vn (mai à octobre en 2000. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2001/105.

Stewart, P.L., et L. White. 2001. A review of contaminants on the Scotian Shelf and in adjacent coastal waters: 1970 to 1995. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2351.

Trzcinski, K.M., R. Mohn, et W.D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: How important is grey seal predation? Ecol. Appl. 16: 2276-2292.

<u>La morue de l'est du plateau néo-écossais (division 4X de l'OPANO)</u>

La mortalité naturelle de ce stock a lentement augmenté de 0,3 à 0,7 (Trzcinski et al., lors de cet atelier). L'augmentation a commencé lentement dans les années 1970 et semble s'être accélérée légèrement depuis 1995.

1. Captures non signalées: Les divergences sur la composition en espèces entre les sorties effectuées avec un observateur à bord et celles effectuées sans observateur sont peut-être le

The level of observer coverage in 4X has generally been below 1%, too low for any meaningful estimates. While discarding of cod may have been an issue in some years, it is unlikely to have been an issue in 2005 or 2006, since the quota does not appear to have been limiting (Clark and Perley 2006).

Conclusion: Unreported catch is unlikely to account for the elevated M in this stock.

2. Disease and parasites: There have been intermittent studies of parasites, but there have been no studies of disease incidence in the stock. Parasite load is up in 4X, but there is no change in 4Vn/4VsW (both currently lower than in 4X) for fish of same size. To date, the possibility of direct mortality or increased susceptibility to predation due to high parasite loads cannot eliminated.

Conclusion: No evidence of epizootic scale disease, but given the limited nature of information, neither disease nor parasitism can be completely ruled out.

3. Contaminants: A review of measurements of contaminant concentrations in water, sediments and biota on the Scotian Shelf (the continental shelf off Nova Scotia) and in adjacent coastal waters, shows both areas of significant contamination (major ports and industrial centers), and areas of negligible contamination and near pristine conditions (Stewart and White 2001). In contrast, many coastal areas such as St. Margarets Bay, have low to negligible or baseline concentrations of contaminants. Offshore areas of the Scotian Shelf show generally low levels of trace metals, hydrocarbons, PAHs, and synthetic organic compounds (DDT and derivatives, PCBs, and other chemicals), in part, because of dilution with waters of the north Atlantic.

Conclusion: There is scant data, but considered an unlikely cause of high M.

4. Starvation (condition and growth rate): Condition of cod in 4X west (Bay of Fundy) has been variable without trend since 1970, whereas

signe de débarquements mal ou non rapportés. Le niveau de couverture des observations dans 4X est généralement de moins de 1%, ce qui est trop peu pour permettre des estimations valables. Le rejet des morues a peut-être été un problème à un moment donné, mais il est cependant peu probable qu'il l'ait été en 2005 et 2006 car les quotas n'ont pas été limitants ces années-là (Clark et Perley 2006)

Conclusion: Les captures non signalées ne sont probablement pas responsables de la mortalité naturelle élevée de ce stock.

2. Maladies et parasites: Des études sur les parasites ont eu lieu de façon intermittente mais il n'y en a eu aucune sur l'incidence de maladies au sein de ce stock. La charge de parasites est élevée dans 4X, mais il n'y a pas de changement dans 4Vn/4VsW pour des poissons de même taille (la charge pour ces deux zones est actuellement plus basse que dans 4X). A ce jour, la possibilité que les charges élevées de parasites soient responsables de la mortalité directe ou d'une prédisposition accrue à la prédation, ne peut pas être éliminée.

Conclusion: Aucune preuve de maladie épizootique, mais vu le peu d'information, ni la maladie, ni le parasitisme ne peuvent être complètement écartés.

3. Contaminants: Les mesures de contaminants dans l'eau, les sédiments et les organismes du plateau néo-écossais (le plateau continental situé au large de la Nouvelle-Écosse) et des eaux côtières adjacentes, montre à la fois des régions où la présence de contaminants est significative (les ports principaux et les centres industriels) et des régions proches de leur état originel où la contamination est négligeable (Stewart et White 2001). En revanche, beaucoup de régions côtières, telles que la Baie Sainte-Marguerite, ont des niveaux de concentrations de contaminants faibles ou négligeables, voire proches du niveau de référence. Au large du plateau néo-écossais, on retrouve de faibles niveaux de métaux traces, d'hydrocarbures, de HAP et de composés organiques synthétiques (DDT et dérivés, BPC, et d'autres produits chimiques), en partie à cause de la dilution avec les eaux de l'Atlantique nord.

Conclusion: Données insuffisantes, mais il est peu probable que les contaminants soient la cause de la mortalité élevée.

4. Manque de nourriture (condition et taux de croissance): La condition de la morue dans la partie ouest de 4X (Baie de Fundy) a été variable

in 4X east (Scotian Shelf) there has been a downward trend in condition since about 1999, similar to that observed in ther late 1970s and early 1980s (Clark and Emberley 2008). Lengths-at-age for 4X cod from the RV survey since 1970 have been stable for both the Fundy and Shelf regions, and there have been no persistent trends in commercial weights-at-age (Clark and Perley 2006). ***Conclusion: Overall, there is no evidence that poor condition or reduced growth rate of cod can account for the elevated M in this stock.***

et n'a pas montré de tendance particulière depuis 1970, alors que pour la partie est de 4X, une tendance à la baisse est notable depuis 1999, semblable à celle observée à la fin des années 1970 et au début des années 1980 (Clark et Emberley 2008). Les longueurs selon l'âge de la morue de 4X, provenant des relevés faits depuis 1970 avec le navire de recherche, sont stables pour les deux régions (Baie de Fundy et plateau néo-écossais); aucune tendance continue n'a été détectée pour les poids selon l'âge dans les relevés commerciaux (Clark et Perley 2006).
Conclusion: Dans l'ensemble, il n'y a aucune preuve que la mauvaise condition ou le taux de croissance ralenti de la morue soient responsable de la mortalité naturelle élevée de ce stock.

5. Changes in life-history traits:

A. *Age and size at maturity:* There are no recent data to address this.
B. *Fecundity:* There are no data to address this.

C. *Change in spawning phenology:* There are no data to address this.

5. Changements dans les composantes biodémographiques:
A. *Âge et taille à maturité*: Aucunes données récentes ne nous permettent d'aborder ce sujet.
B. *Fécondité*: Aucunes données ne nous permettent d'aborder ce sujet.
C. *Changement dans la phénologie de la fraie*: Aucunes données disponibles en ce qui concerne ce stock.

6. Seal predation: A relatively small fraction of the grey seal population uses this area, but numbers have increased recently. Satellite tracking indicates that a relatively small fraction (approximately 9-20%) of the grey seal population uses 4X (Trzcinski et al., this meeting). There are no estimates of grey seal diet in 4X, assuming the same diet (based on fatty acids) as in 4VsW, grey seals are estimated to account for a small fraction of natural mortality (approximately 2%). Nevertheless, grey seals presumably do contribute to the direct mortality of cod. Level of this contribution is unknown because there are no 4X-specific grey seal diets.

Conclusion: Impact depends on diet assumed for 4X. Assuming a diet like that indicated by fatty acids in 4VsW and a size-composition like that indicated by otoliths in Sable Island scats, the impact would be negligible. If more or larger cod are eaten by grey seals than the current data indicates, then the impact would be greater.

6. Prédation par les phoques: Seule une petite fraction de la population de phoques gris utilise cette région, mais leur nombre a cependant augmenté récemment. Les suivis télémétriques par satellite indiquent qu'environ 9 à 20% de la population de phoques gris utilise la région 4X (Trzcinski et al., lors de cet atelier). Aucune estimation du régime alimentaire des phoques gris de 4X n'est disponible; si on suppose que les phoques gris y ont le même régime alimentaire que dans 4VsW (basé sur l'étude des acides gras), alors ils ne seraient responsables que d'une petite fraction de la mortalité naturelle (environ 2%). Néanmoins, les phoques gris contribuent vraisemblablement à la mortalité directe de la morue. Leur niveau de contribution est cependant inconnu puisque le régime alimentaire des phoques gris de 4X n'est pas disponible.
Conclusion: Les répercussions dépendent des régimes alimentaires supposés pour 4X. Si on considère que les phoques gris ont un régime alimentaire semblable à celui obtenu par la signature des acides gras pour 4VsW ainsi qu'une composition en tailles semblable à celle fournie par les otolithes des fèces de l'île de Sable, alors leur impact serait négligeable. Si en revanche ils se nourrissent de plus de

morues ou de morues de plus grande taille que ce qu'indiquent les données actuelles, alors leur impact serait plus important.

7. Other predators of cod: Although there will be some differences, overall, other predators of cod are expected to be similar in 4X as they are in 4VsW.

7. Autres prédateurs de la morue: Dans l'ensemble on s'attend à ce que, malgré quelques différences, les autres prédateurs de la morue fournissent des résultats semblables pour 4X que pour 4VsW.

References

Clark, D.S., and P. Perley. 2006. Assessment of cod in Division 4X in 2006. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/087.

Clark, D., and J. Emberley. 2008. Summer Scotian Shelf and Bay of Fundy research vessel survey update for 2007. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/053.

Stewart, P.L., and L. White. 2001. A review of contaminants on the Scotian Shelf and in adjacent coastal waters: 1970 to 1995. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2351.

Références

Clark, D.S., and P. Perley. 2006. Évaluation de la morue de la division 4X en 2006 Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2006/087.

Clark, D., and J. Emberley. 2008. Mise à jour sur le relevé d'été de 2007 effectué par un navire de recherche sur le plateau néo-écossais et dans la baie de Fundy Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2008/053.

Stewart, P.L., et L. White. 2001. A review of contaminants on the Scotian Shelf and in adjacent coastal waters: 1970 to 1995. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2351.

Northern Cod (NAFO Divisions 2J3KL)

Estimates of the rate of total mortality (Z) of cod in 2J3KL are available from catch-at-age data from the autumn survey of the offshore portion of the 2J3KL stock area (Brattey et al. 2008). Estimates are based on standard method of log ratio of the catch-at-age n versus age n+1 and are computed as an average for ages 4-6. Estimates for younger ages are not available as these are not fully recruited to the survey gear. There were too few cod older than age 6 in survey catches in the post moratorium period to permit a good estimate of Z. Estimates for Z were consistently high in 12 consecutive autumn surveys after the 1993 moratorium. The average annual value for Z (instantaneous rate) in the 1996-2007 period was 0.87, which corresponds to an annual death rate of 58% per year including a period when there was no directed cod fishery. In the most recent period (after 2003), Z seems to have declined substantially (Figure 23). This change in Z is not expected to be related to survey coverage. Movements of cod to outside the survey area are not likely – deep waters have been fished sporadically during surveys, but have not revealed significant quantities of cod. Movement inshore

La morue du nord (division 2J3KL de l'OPANO)

Les estimations du taux de mortalité totale (Z) des morues de 2J3KL sont disponibles à partir de données de captures selon l'âge réalisées lors du relevé d'automne sur la partie située au large de la zone 2J3KL (Brattey et al. 2008). Les estimations résultent de la méthode standard du logarithme du rapport entre les captures à l'âge n et les captures à l'âge n+1, et ont été calculées sous forme de moyenne pour les âges 4 à 6. Les estimations pour les âges plus jeunes ne sont pas disponibles car ceux-ci ne sont pas pleinement recrutés dans les engins utilisés pour les relevés. Les captures des morues âgées de plus de 6 ans étaient trop peu nombreuses lors des relevés effectués dans la période post moratoire, il est donc difficile de donner une bonne estimation de la mortalité totale. Les estimations de la mortalité totale ont été systématiquement élevées lors des 12 relevés d'automne consécutifs suivant le moratoire de 1993. La valeur annuelle moyenne de mortalité totale était de 0,87 sur la période s'étendant de 1996 à 2007, ce qui correspond à un taux de mortalité annuel de 58% par année, cette estimation incluant une période pendant laquelle il n'y avait pas de pêche visant

(other than seasonally) is also unlikely and most data suggest an ontogenic movement towards offshore as cod get older. Furthermore, there is evidence from several independent sources that corroborate the recent decline in Z in the offshore (e.g., increased bycatch of older cod in northern 3L turbot fishery, increased catch of cod in DFO spring survey of 3L, significant aggregation of cod along shelf edge in 2007 and 2008, broadening of age structure found in the acoustic-trawl survey of offshore 3KL).

directement la morue. Lors de la période la plus récente (après 2003) la mortalité totale semble avoir substantiellement diminué (figure 23). Ce changement dans la mortalité totale n'est vraisemblablement pas lié à la couverture spatiale et temporelle des relevés. Il est peu probable que les mouvements des morues les amènent à sortir de la région des relevés: une pêche sporadique a été effectuée dans les eaux profondes pendant les relevés et n'a pas révélé la présence de quantités importantes de morues. Il est aussi peu probable que les morues migrent vers les côtes (autrement que pour la migration saisonnière); la majorité des données suggère un mouvement ontogénique qui amène les morues plus au large au fur et à mesure qu'elles vieillissent. De plus, des preuves provenant de sources indépendantes différentes corroborent le récent déclin de la mortalité totale au large (par ex.: l'augmentation de prises accessoires de morues plus âgées lors des relevés effectués en 3L par le MPO au printemps, la concentration importante de morues le long du bord du plateau en 2007 et 2008, l'élargissement de la structure d'âge lors du relevé acoustique au chalut effectué dans la partie au large de la zone 3KL).

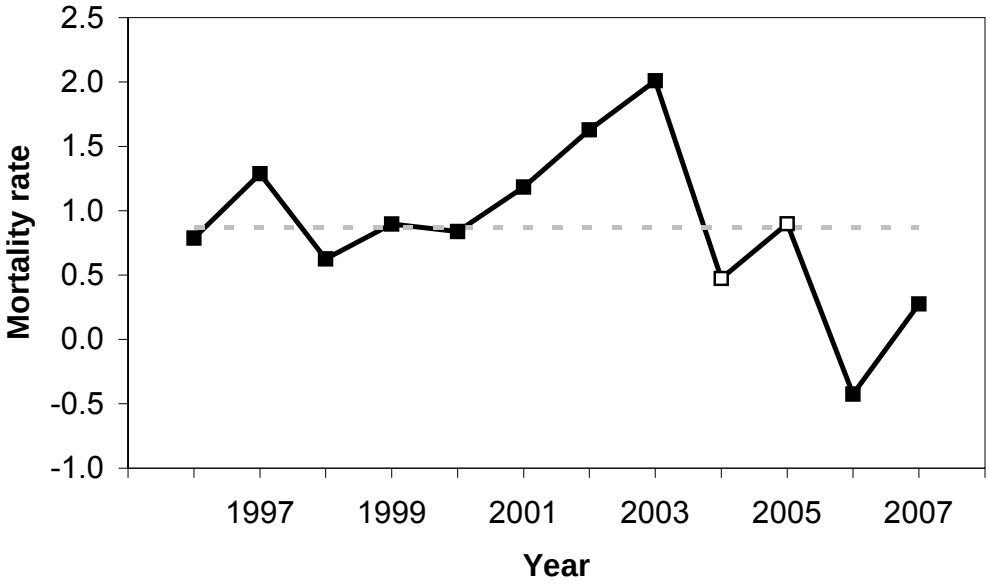

Figure 23: Total mortality rate (Z) of cod aged 4-6 calculated using data from the autumn RV surveys in the offshore of 2J3KL. For example, the value in 1996 is the mortality experienced by the 1991-1989 year-classes from ages 4-6 in 1995 to ages 5-7 in 1996. The dashed line is the average (Z=0.87, which corresponds to 58% mortality each year). Open symbols indicate estimates based on an incomplete survey in 2004.

Figure 23: Taux de mortalité totale (Z) de la morue de 4 à 6 ans calculé grâce aux données obtenues lors des relevés d'automne du navire de recherche au large dans la zone 2J3KL. Par exemple, la valeur observée en 1996 représente la mortalité des classes d'âge de 1991-1989 entre les âges de 4 à 6 ans en 1995 et 5 à 7 ans en 1996. La ligne pointillée représente la moyenne (Z=0,87 ce qui correspond à une mortalité de 58%

chaque année). Les carrés blancs indiquent des estimations suite à un relevé incomplet en 2004.

Hypotheses

1. Catch: The high rate of Z is unlikely to be due to fishing; non-Canadian fishing occurs on the nose of the Grand Banks (3L), but estimates of foreign catch of cod have been <80 t and declining in recent years. Estimates of mortality due to domestic shrimp trawling offshore are also low based on observer based sampling scaled up to the whole shrimp fleet. The decline of Z in the most recent period (after 2003) has occurred at the same time an inshore fishery for cod was reopened suggesting that the rate of natural mortality has declined substantially (i.e., F has increased, but Z has still continued to decline). In reference to unreported catches, available data suggests that it cannot account for the high Z levels prior 2003.

Conclusion: Unreported catches are not thought to be a significant source of mortality.

2. Diseases and parasites: There are no reports of significant incidence of disease related mortality incidents in northern cod, but no formal surveillance or study of aquatic animal health is available.

Conclusion: This possibility can not be ruled out due to lack of evidence one way or another.

Regarding parasites, *Lerneaocera branchialis* is a parasitic copepod found on the gills of cod, mostly inshore on juveniles (ages 1-3), and it is rare in offshore and in older fish. The copepod feeds on the hosts' blood, and infection is associated with lower body condition; it can infect a considerable percentage of small cod in some area (approximately 15%).

Conclusion: This parasite may kill some small cod, but is not thought to be a major source of mortality in the stock as a whole.

Hypothèses

1. Capture: Il est peu probable que le fort taux de mortalité totale soit une conséquence de la pêche. Une pêche d'origine étrangère (autre que canadienne) a lieu sur le bord des Grands Bancs de Terre-Neuve (3L) mais les estimations de captures de morues réalisées par ces navires étrangers sont inférieures à 80 t et ont décru ces dernières années. Les estimations de la mortalité due à la pêche canadienne à la crevette effectuée au chalut au large sont aussi faibles selon l'échantillonnage fait par les observateurs et extrapolé à la flotte toute entière. Le déclin de la mortalité totale lors de la période la plus récente (après 2003) a eu lieu au même moment que la réouverture de la pêche côtière à la morue ce qui suggère que le taux de mortalité naturelle a considérablement baissé (c.-à-d. la mortalité due à la pêche a augmenté mais la mortalité totale a continué à diminuer). Les données disponibles suggèrent que les captures non signalées ne sont pas responsables des niveaux de mortalité totale élevés antérieurs à 2003.

Conclusion: Il est peu probable que les captures non signalées représentent une source significative de mortalité.

2. Maladies et parasites: Aucun incidence significatif de maladies n'a été rapporté pour la morue du nord, mais il n'y a pas non plus de surveillance ni d'étude en cours sur la santé des animaux aquatiques.

Conclusion: Par conséquent, les maladies ne peuvent être écartées à cause du manque de preuve.

En ce qui concerne les parasites, le *Lerneaocera branchialis* est un copépode parasite trouvé sur les branchies principalement des morues côtières et juvéniles (âgées de 1 à 3 ans) et qui est rare sur les morues plus âgées ou qui sont plus au large. Le copépode se nourrit du sang de son hôte et une mauvaise condition corporelle implique souvent une infection: un pourcentage considérable de morues de petite taille peuvent se retrouver infestées dans certaines régions (environ 15%).

Conclusion: Ce parasite peut tuer des morues de petite taille, mais il n'est pas considéré comme une source majeure de mortalité pour le stock en général.

3. Contaminants: Yeats et al. (2003) is the only known examination of contaminant loads and it provides no indication that they are abnormally high. Although this source of mortality cannot be ruled out, it is assumed that contaminant loads are lower than the North Sea (or Baltic) levels, where no M changes have been reported.

Conclusion: Contaminants are not thought to be significant source of mortality.

4. Starvation (poor condition):
Condition: Time-series information on 2J3KL cod condition comes mainly from sampling during autumn RV surveys. There is a strong seasonal cycle in cod condition, with lowest values typically in spring after spawning and highest values in autumn; consequently, lowest condition levels would not be necessarily evident in the data available. Based on autumn surveys, cod condition was lower in 2J in early 1990s compared to 1980s, and has recovered somewhat but remains lower than was seen in the 1980s. Condition in 3K has been variable with some decline in the early 1990s, with current values close to the long-term average. Condition in 3L has been variable, but did not undergo the decline seen further north.

Growth: Length-at-age was higher in the late 1970s/early 1980s than currently, particularly among older fish. The trend towards lower mean length-at-age reversed from the low point in 1990s. The decline was greatest in 2J, and in last few years values of length-at-age are around the average for the whole 1978-2005 period. Fish with age 6+ disappeared from 2J during 1991-2005, so results for these older fish cannot be compared. Overall, there was more of a decline in 2J, less of a decline in 3K but same overall trend, and no decline seen in 3L. The apparent lack of a strong improvement in growth rates in spite of greatly reduced population size suggests that the stock is not as productive as it was in the past (with much lower cod density better growth might be expected).

3. Contaminants: L'étude de Yeats et al. (2003) est la seule qui a examiné les charges de contaminants, mais rien n'indique qu'elles soient anormalement élevées. Bien que cette source de mortalité ne puisse être écartée, il est accepté que les charges de contaminants sont plus faibles que les niveaux observés en mer du Nord (ou en mer Baltique) où aucun changement concernant la mortalité naturelle n'a été signalé.
Conclusion: Les contaminants ne semblent pas être une source significative de mortalité.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition):
Condition: L'information fournie par la série temporelle sur la condition de la morue de la zone 2J3KL provient principalement de l'échantillonnage effectué lors des relevés d'automne des navires de recherche. La condition de la morue suit un cycle saisonnier fortement marqué qui passe de médiocre au printemps après la fraie à bonne à l'automne; par conséquent, les niveaux de mauvaise condition ne seront pas forcément visibles sur les données disponibles. Selon les relevés d'automne, la condition de la morue était plus basse en 2J au début des années 1990 que pendant les années 1980; elle a un peu remonté mais reste cependant plus basse que pendant les années 1980. La condition en 3K a été variable avec une tendance à la baisse au début des années 1990; la condition actuelle est proche de la moyenne sur le long-terme. La condition en 3L a été variable mais n'a pas subi le déclin observé plus au nord.

Croissance: la longueur selon l'âge était plus grande à la fin des années 1970, début des années 1980 que maintenant, particulièrement en ce qui concerne les poissons âgés. La tendance à la baisse allant vers une longueur selon l'âge moyenne plus basse s'est inversée à partir du point le plus bas dans les années 1990. La zone 2J est celle où le déclin a été le plus prononcé et ces quelques dernières années, les valeurs de la longueur selon l'âge tournent autour de la moyenne sur l'ensemble de la période allant de 1978 à 2005. Les poissons âgés de plus de 6 ans ont disparu de la zone 2J entre 1991 et 2005: les résultats concernant ces poissons âgés ne peuvent donc pas être soumis à comparaison. Dans l'ensemble, le déclin a été très prononcé dans 2J, moins important dans 3K mais suivant une tendance générale semblable, et inexistant dans 3L. L'absence d'amélioration notable en ce qui concerne les taux de croissance, malgré la réduction importante de la taille de la population, suggère que le stock n'est pas aussi productif qu'il

Conclusion: The biological data based on sampling during the autumn research surveys indicate that aspects of stock productivity such as growth and condition have improved over values in the 1990s, but are below the peak values observed in the early part of the time-series, especially in the north (2J). The impact of these changes on M is not clear.

Productivity: Productivity of the cod stock has been reduced since the mid-1980s, but some aspects of productivity appear to be improving in recent years (after 2003). In the offshore, numbers (abundance) and biomass have increased by about 30% per year and 60% per year, respectively, since 2003, but the increases are taking place mainly in one region, along the 3K-3L border. The increases appear to be due to improved survival and growth of the 2000-2002 year-classes and not due a pulse of recruitment which remains low. There is a suggestion that this trend in cod appears to be linked to the availability of food resources (capelin). Specific information to support this suggestion was not available at the cod assessment, although a general improvement in the status of capelin was noted. Although the improvement in capelin indicates that this stock is in better shape than observed in the mid-1990s, it is still way below the level observed in the late 1980s. The time-series of information of capelin abundance is poor and for the recent period mostly based on acoustic surveys in only a portion of the stock area of 2J3KL cod.

Conclusion: Ongoing analyses from a simple biomass-based model exploring the impact of several factors on cod dynamics (harp seals predation, capelin availability, and fisheries) are consistent with the notion that changes in productivity (i.e., capelin availability) appear to be an important factor in explaining the lack of recovery of this stock and may be contributing to the high M inferred previously.

l'était dans le passé (la faible densité de morues devrait amener une meilleure croissance).

Conclusion: Les données biologiques basées sur l'échantillonnage effectué lors des relevés de recherche d'automne indiquent que les aspects de la productivité du stock tels que la croissance et la condition se sont améliorés et ont dépassé les valeurs des années 1990, mais restent cependant en-dessous des valeurs maximales observées au tout début des séries temporelles, particulièrement dans le nord (2J). L'impact de ces changements sur la mortalité naturelle n'est pas clair.

Productivité: La productivité du stock de morues est basse depuis le milieu des années 1980, mais on note certaines améliorations au cours des dernières années (après 2003). Au large, l'abondance et la biomasse ont augmenté respectivement d'environ 30% et 60% par année depuis 2003, mais ces augmentations ont eu lieu principalement dans une seule région, le long de la frontière entre 3K et 3L. Ces augmentations semblent dues à une meilleure survie et croissance des classes d'âge 2000-2002 et non à un meilleur recrutement qui lui reste à un niveau bas. Il a été suggéré que cette tendance puisse être liée à la disponibilité des ressources alimentaires (capelans). Les informations spécifiques nécessaires pour étayer cette suggestion n'étaient pas disponibles au moment de l'évaluation des morues, même si une amélioration générale du statut des capelans a été observée. Bien que cette amélioration indique que le stock de capelans est en meilleur état qu'au milieu des années 1990, il est toujours très en deçà du niveau observé à la fin des années 1980. Les séries temporelles sur l'abondance des capelans sont de piètre qualité et celles pour la période la plus récente sont basées principalement sur des relevés acoustiques qui n'ont été effectués que dans une petite partie de l'aire de distribution du stock de morues de la division 2J3KL.

Conclusion: Les analyses en cours issues d'un modèle simple basé sur la biomasse pour étudier les répercussions de plusieurs facteurs sur la dynamique des morues (prédation par les phoques du Groenland, disponibilité du capelan, pêche), sont en accord avec la notion que les changements de productivité (p. ex. : disponibilité du capelan) semblent être des facteurs importants pour expliquer l'absence de rétablissement de ce stock et pourraient contribuer à la mortalité naturelle (M) élevée déduite des études

précédentes.

5. Life-history changes: The age-at-maturity dropped rapidly in the mid- to late 1980s and remains low (approximately 4.9 years for females) in the recent period, and has not shown signs of improvement. The age structure of the population has been highly contracted in the offshore component as a result of the high Z, with very few cod older than age 6 in the offshore up to 2005. Fudge and Rose (2008) suggest cod in north spawn much earlier, produce many more eggs than they used to, and then die at a much higher rate, implying a much higher post-spawning mortality rate.

Conclusion: Age-at-maturation remains low and values for the most recent cohorts are among the lowest observed but the relationship to changes in M is unknown.

6. Seals: Estimates of Atlantic cod consumption by harp seals are imprecise and dependent upon the diet assumed. If annual estimates of diet are considered (instead of average diet over time), the amount of cod consumed increases since the late 1980s due, primarily, to an increased occurrence of Atlantic cod in near shore diet samples. Earlier model results using Ecopath with Ecosim and presented in 2001 indicated that harp seals may have an impact on the recovery of 2J3KL cod. However, preliminary results from a recently developed biomass-based model explicitly implemented to simultaneously explore the impact of several factors on Northern cod dynamics (seal consumption, fisheries and prey availability) suggested that harp seal predation has not being a significant factor in the lack of recovery to date. Although these later results are still preliminary, the model already considered a wide range of consumption scenarios to accommodate the large uncertainty around consumption estimates. Although this contradiction can be traced back to several of the structural differences and assumptions between the 2 models, in practical terms it highlights the high level of uncertainty which truly surrounds the impact of seal consumption on cod dynamics.

5. Changements biodémographiques: L'âge à maturité a chuté rapidement durant le milieu et la fin des années 1980. Il est resté bas durant les dernières années (environ 4,9 ans pour les femelles) et ne montre aucun signe d'amélioration. La structure d'âge de la population a été fortement compressée dans la composante du large à cause de la mortalité totale (Z) élevée, avec très peu de morues âgées de plus de 6 ans jusqu'en 2005. Fudge et Rose (2008) suggèrent que les morues dans le nord fraient plus tôt, produisent plus d'œufs que par le passé, et meurent par la suite à un taux beaucoup plus élevé, ce qui implique un taux de mortalité post-frai beaucoup plus élevé.

Conclusion: L'âge de maturité reste bas et les valeurs pour les cohortes les plus récentes sont parmi les plus basses observées, mais la relation avec les changements de la mortalité naturelle (M) est inconnue.

6. Phoques: Les estimations de la consommation de morues franches par les phoques du Groenland sont imprécises et dépendent du régime alimentaire considéré comme représentatif de la réalité. Si les estimations annuelles du régime alimentaire sont utilisées (plutôt que celles le régime alimentaire moyen au fil du temps), la quantité de morues consommées a augmenté depuis la fin des années 1980, principalement à cause d'une plus grande occurrence de la morue franche dans les échantillons de régimes alimentaires provenant des eaux côtières. Les résultats des modèles utilisant Ecopath et Ecosim, présentés en 2001, indiquaient que les phoques du Groenland ont peut-être un impact sur le rétablissement des morues de 2J3KL. Cependant, les résultats préliminaires d'un modèle plus récent basé sur la biomasse et développé spécialement pour explorer les impacts de plusieurs facteurs sur la dynamique des morues du nord (consommation par les phoques, pêches et disponibilité des proies) suggère que la prédation par les phoques du Groenland n'a pas eu un impact significatif sur l'absence de rétablissement. Bien que ces derniers résultats soient encore préliminaires, le modèle a déjà examiné un grand nombre de scénarios de consommation afin de prendre en compte la grande incertitude qui entoure les estimations du niveau de prédation. La contradiction entre ces résultats relève en partie des différences structurales et des présuppositions implicites à chacun des deux modèles, mais elle souligne aussi le haut niveau

Conclusion: expectations of clear-cut, direct relationship between seals and cod are not supported by the available evidence.

Beside predation, other possible interaction between harp seals and cod is competition for prey. The more recent model indicated that capelin is a significant factor in cod productivity and capelin is also an important prey for harp seals. However, detecting competitive effects is even more complex than predation effects and the possibility of competition for prey has not been properly examined to date, although there are ongoing efforts directed to explore this possibility.

Conclusion: the impact of competition between cod and seals is unknown but may be a non-trivial contributing factor to the level of M experienced by cod.

The impact of other seal species like hooded seals on Atlantic cod has not been examined to date, although they are abundant in offshore areas and known to consume Atlantic cod.

7. Other predators and/or competitors: Although seals probably are the most visible candidate to have predation and/or competitive effects on cod, there are several other predators which could also have significant impacts on cod. Recent aerial surveys indicated that there are significant numbers of cetaceans in the region. Diets of most cetacean species in the area are unknown although data from harbour porpoise and cetaceans in other areas indicate that Atlantic cod are consumed. Furthermore, trends in abundance of the vast majority of cetaceans are also unknown although Humpback whales have been shown to have increased since whaling ended.

Fish predators can also have an impact on cod. A comparative study of the diets of cod, Greenland halibut and harp seals suggested that both predators are potential competitors of Atlantic cod, but the diet of Greenland halibut bears a higher resemblance to the diet of cod than harp seals

d'incertitude qui entoure l'impact de la consommation par les phoques sur la dynamique des morues.

Conclusion: Les données existantes ne permettent pas de démontrer une relation directe et claire entre les phoques et les morues.

En plus de la prédation, la compétition pour les proies constitue une autre interaction possible entre morues et phoques du Groenland. Le modèle récent indique que les capelans sont un facteur significatif pour la productivité des morues en plus d'être une proie importante pour les phoques du Groenland. Cependant, détecter les effets de la compétition est encore plus complexe que détecter ceux de la prédation et malgré des efforts en cours, cette possibilité n'a pas encore été examinée correctement.

Conclusion: Les répercussions de la compétition entre les morues et les phoques sont inconnues, mais constituent peut-être un facteur non négligeable contribuant à la mortalité naturelle des morues.

L'impact des autres espèces de phoques sur la morue (par ex. : le phoque à capuchon) n'a pas encore été étudié, bien que ceux-ci soient abondants dans les zones situées au large et reconnus comme consommateurs de morues franches.

7. Autres prédateurs et/ou compétiteurs: Bien que les phoques soient probablement les candidats les plus facilement montrés du doigt en ce qui concerne les effets de compétition ou de prédation, il existe d'autres prédateurs qui pourraient avoir un impact significatif sur les morues. Des survols aériens récents montrent la présence d'un grand nombre de cétacés dans la région. Leurs régimes alimentaires sont pour la plupart inconnus, mais des données sur les marsouins communs et les cétacés présents dans d'autres régions indiquent que des morues franches sont consommées. De plus, les tendances d'abondance de la majorité des espèces sont inconnues bien qu'il ait été montré que les effectifs de rorquals à bosse ont augmenté depuis la fin de la chasse baleinière.

Les poissons prédateurs peuvent aussi avoir un impact sur les morues. Une étude comparative des régimes alimentaires de la morue, du flétan du Groenland et des phoques du Groenland suggère que les flétans et les phoques sont tous deux des compétiteurs potentiels de la morue,

does. Also many cetaceans and sea birds are known to feed on capelin and therefore may compete for food with cod.

Conclusion: The impact of consumption and/or competition between cod and predators other than seals is unknown but may be a plausible contributor to the observed levels of M.

8. Environmental forcing: Physical environment may have an impact on the population dynamics of Atlantic cod that may affect mortality either directly or through other factors. Cod are generally less productive during cold periods (grow more slowly) and recruitment may be less successful. In addition, there have been incidents of direct mortality associated with extreme cold water. For example, cold water has been suggested as the causative factor in a mortality event observed in Smith Sound in April 2003. This was a local event – associated with extreme temperatures (-1.6°C) at a known over-wintering location of cod. Approximately 800 t of dead and dying cod were harvested in March-April 2003. Underwater video and trawling did not indicate substantial amounts of dead cod on the bottom. This event occurred during a period when the inshore stock was declining, mostly due to a resumption of fishing as tag return information indicated that fishing mortality was high in spite of the relatively small catch (4,000 to 8,300 t annually). The overall impact on the inshore stock could not be evaluated but based upon tag returns from the harvested cod it did not appear to represent more than 5% of the available tagged cod.

Several other isolated mortality events were observed in the inshore of 3KL during 1997-2003 where dense schools of cod were observed very close to shore, often in association with harp seals, ice, and/or herring. These events were observed in Notre Dame Bay and Bonavista Bay. Some predation by seals was observed directly, and in at least one incident (at Virgin Arm) several thousands of pounds of dead cod were observed on the bottom, but it was not clear if this was due to predation or fatal harassment where cod were herded into extremely cold water, or they followed

mais le régime alimentaire du flétan du Groenland ressemble davantage à celui des morues qu'à celui des phoques. De plus, on sait que de nombreux cétacés et oiseaux de mer se nourrissent de capelans et peuvent donc être en compétition avec la morue.

Conclusion: Les répercussions de la consommation et de la compétition entre les morues et les prédateurs autres que les phoques sont inconnues mais peuvent constituer une contribution plausible aux niveaux observés de mortalité naturelle (M).

8. Influences environnementales:
L'environnement physique peut avoir un impact sur la dynamique des populations de morues franches et en particulier affecter la mortalité directement ou indirectement. Les morues sont généralement moins productives durant les périodes froides (elle croissent plus lentement) et le recrutement peut être plus faible. De plus, il y a eu des incidents de mortalité directement due à des épisodes d'eau extrêmement froide. Par exemple, l'eau froide a pu être la cause d'un évènement de mortalité observé dans le détroit de Smith en avril 2003. Cet évènement local, associé à des températures extrêmes (-1,6°C), s'est produit sur un site connu d'hivernage des morues. Environ 800 tonnes de morues mortes ou mourantes ont été récoltées en mars-avril 2003. Des vidéos sous-marines et des traits de chalut n'ont pas montré un grand nombre de morues mortes sur le fonds. Cet évènement s'est produit alors que le stock côtier était en déclin, principalement à cause de la reprise de la pêche. En effet, les étiquetages ont indiqué que la mortalité due à la pêche était élevée malgré les prises relativement faibles (4000 à 8300 tonnes par an). L'impact global sur le stock côtier n'a pas pu être évalué mais en se basant sur les retours d'étiquettes des morues pêchées, il ne semble pas que cet évènement ait affecté plus de 5% des morues étiquetées.

Plusieurs autres évènements isolés de mortalité massive ont été rapportés dans les eaux côtières de la zone 3KL durant les années 1997-2003, où des bancs abondants de morues ont été observés très proche de la côte, en association avec des phoques du Groenland, de la glace et/ou des harengs. Ces évènements ont eu lieu dans les baies de Notre-Dame et de Bonavista. La prédation par les phoques a été observée directement, et dans au moins l'un des incidents (à Virgin Arm), plusieurs milliers de livres de morues mortes ont été vues sur le fond, mais il n'a

herring and were trapped by cold water masses.

Conclusion: Mortality due thho environmental forcing may have contributed to higher mortality in some local areas but there is no evidence of significant mortality in recent years.

References

Brattey, J., N.G. Cadigan, K. Dwyer, B.P. Healey, M.J. Morgan, E.F. Murphy, D. Maddock Parsons, and D. Power. 2008. Assessments of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Divisions 2J3KL (April 2007 and April 2008). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/086.

Fudge, S.B., and G.A. Rose. 2008. Life-history co-variation in a fishery depleted Atlantic cod stock. Fish. Res. 92: 107-113.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

Cod along the South Coast of Newfoundland (NAFO Division 3Ps)

For this stock, the level of natural mortality (M) is not perceived to have changed from the assumed 0.2. Unlike other stocks, 3Ps cod k grew rapidly during the moratorium period (Brattey et al. 2006).

1. Catch: Commercial fishing has a major impact on the population dynamics of this stock. Annual total allowable catches (TACs) have ranged from 13,000 t to 25,000 t since the moratorium. Available information indicates that unreported catches do not constitute a significant problem for this stock.
Conclusion: Unreported catches are not thought to be a significant source of mortality.

2. Disease: There are no reports of significant incidence of disease, but no formal surveillance or

pas été clairement établi si cela était dû directement à la prédation, au fait que les morues avaient été poussées dans les eaux très froides par leurs prédateurs, ou bien parce qu'elles avaient suivi les harengs et s'étaient retrouvées piégées dans les masses d'eau froide.
Conclusion: La mortalité due aux influences environnementales a pu contribuer à une mortalité plus élevée à certains endroits, mais rien ne laisse soupçonner une contribution significative à la mortalité en général ces dernières années.

Références

Brattey, J., N.G. Cadigan, K. Dwyer, B.P. Healey, M.J. Morgan, E.F. Murphy, D. Maddock Parsons et D. Power. 2008. Évaluation du stock de morue (*Gadus morhua*) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO (avril 2007 et avril 2008 Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2008/086

Fudge, S.B., et G.A. Rose. 2008. Life-history co-variation in a fishery depleted Atlantic cod stock. Fish. Res. 92: 107-113.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, et J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

La morue le long de la côte sud de Terre-Neuve (Division 3Ps de l'OPANO)

La mortalité naturelle pour ce stock ne semble pas avoir changé et est toujours de 0,2. Contrairement à d'autres stocks, le taux de croissance "k" en 3Ps a rapidement augmenté pendant le moratoire (Brattey et al. 2006).

1. Captures: La pêche commerciale a un impact majeur sur la dynamique de la population de ce stock. Le total annuel autorisé de capture (TAC) varie entre 13 000 t et 25 000 t depuis le moratoire. Les informations disponibles indiquent que les captures non signalées ne présentent pas de problème important pour ce stock.
Conclusion: Les captures non signalées ne semblent pas être des sources de mortalité importantes.

2. Maladies: Aucune incidence significative de maladies n'a été rapportée pour la morue du nord,

study of aquatic animal health monitoring is ongoing.

Conclusion: This possibility can not be ruled out due to lack of evidence one way or another.

3. Contaminants: Also for this stock, Yeats et al. (2003) is the only known examination of contaminant loads and it provides no indication that they are abnormally high. Although this source of mortality cannot be ruled out, it is assumed that contaminant loads are not a significant problem for this stock.

Conclusion: Contaminants are not thought to be significant source of mortality.

4. Starvations (poor condition): Growth rates of 3Ps cod are calculated from length-at-age in research trawl survey samples collected during spring. A peak in growth rates occurred in the mid-1970s for young ages (3-4) and progressively later to 1980 for older ages. From the mid-1980s to the present, length-at-age tended to increase at young ages (2-3) and to vary with no clear trend at older ages. Year-to-year variability at older ages has been considerable during the past decade or so. In general, recent values of length-at-age are not unusual in comparison to past values.

The condition of 3Ps cod is typically expressed as W/L^3, where W is the gutted weight or liver weight, and L is the length. Comparison of post-1992 condition with that observed during 1985-1992 is difficult because survey timing has changed. Condition varies seasonally and tends to decline during winter and early spring. In general, condition of cod in the recent surveys shows no clear trend and does not appear to be unusual.

Conclusion: There is no evidence that condition or length-at-age are unusual in this population.

5. Life-history changes: The proportion of female cod maturing at younger ages has increased over the last 2 decades. The reasons

mais il n'y a pas non plus de surveillance ni d'étude en cours sur la santé des animaux aquatiques.

Conclusion: Par conséquent, les maladies ne peuvent être écartées à cause du manque de preuve.

3. Contaminants: Pour ce stock-ci aussi, l'étude de Yeats et al. (2003) est la seule qui a examiné les charges de contaminants, mais rien n'indique qu'elles soient anormalement élevées. Bien que cette source de mortalité ne puisse être écartée, il semble acquis que les charges de contaminants ne représentent pas un problème important pour ce stock.

Conclusion: Les contaminants ne semblent pas être une source significative de mortalité.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition): Les taux de croissance de la morue en 3Ps sont calculés à partir de la longueur selon l'âge des échantillons récoltés lors des relevés au chalut au printemps. Un pic dans les taux de croissance a été observé au milieu des années 1970 pour les jeunes morues (3-4 ans) et progressivement plus tard, autour de 1980, pour les morues plus âgées. Du milieu des années 1980 à aujourd'hui, la longueur selon l'âge a eu tendance à augmenter pour les jeunes morues (2-3 ans) et de varier sans tendance spécifique pour les morues plus âgées. La variabilité interannuelle pour les morues plus âgées a été considérable lors de la dernière décennie. En général, si on les compare aux valeurs passées, les valeurs récentes de la longueur selon l'âge ne paraissent pas inhabituelles.

La condition de la morue de 3Ps est généralement calculée grâce à W/L^3, où W est le poids du poisson éviscéré ou le poids du foie, et L est la longueur. Il est difficile de comparer la condition des morues ultérieure à 1992 avec celle observée entre 1985 et 1992 car les moments des relevés ne sont pas les mêmes. La condition varie de manière saisonnière et a tendance à diminuer pendant l'hiver et au début du printemps. En général, la condition de la morue lors des relevés récents n'a pas montré de tendance claire et ne semble pas inhabituelle.

Conclusion: Rien ne prouve que la condition ou la longueur selon l'âge sont inhabituelles dans cette population.

5. Changements biodémographiques: la proportion de morues femelles atteignant la maturité à un plus jeune âge a augmenté ces 20

for the change toward earlier age-at-maturity are not fully understood, but may partly be a response to high levels of mortality and have a genetic component. Males generally mature about 1 year younger than females, but show a similar trend over time. Age at 50% maturity remains low at about age 5 for females.

dernières années. Les raisons de cette mouvance vers une maturité atteinte à un plus jeune âge ne sont pas complètement comprises mais pourraient être une réponse aux forts niveaux de mortalité et inclure une composante génétique. Les mâles atteignent la maturité environ un an plus jeunes que les femelles mais suivent une tendance similaire au cours du temps. L'âge pour lequel 50% des individus est mature reste bas et survient à environ 5 ans pour les femelles.

Overall productivity has not been formally assessed at recent assessments. While some aspects of 3Ps stock productivity, such as growth and condition, do not appear to be markedly different from the pre-moratorium period, age-at-maturity remains low and the stock has not produced consistently good recruitment. The stock has supported fisheries of about half the size they were prior to the moratorium and is clearly not as productive as it was in the past.

La productivité dans l'ensemble n'a pas été formellement examinée lors des évaluations récentes. Alors que certains aspects de la productivité du stock 3Ps, tels que la croissance et la condition, ne semblent pas nettement différents de ceux de la période précédant le moratoire, l'âge à maturité reste bas et le stock n'a pas systématiquement permis un bon recrutement. Même avec des pêches deux fois moins grandes que celles d'avant le moratoire, le stock ne parvient pas à être aussi productif qu'il l'était par le passé.

Conclusion: Although there is evidence that 3Ps cod mature at earlier ages and are smaller at age, there is no evidence that this has resulted in higher M.

Conclusion: Bien qu'il y ait des preuves que les morues de 3Ps atteignent la maturité à un plus jeune âge et qu'elle sont de plus petites tailles à un âge donné, rien ne prouve que ceci ait contribué à augmenter la mortalité naturelle.

6. Seals: The impact of consumption of cod by harp and/or grey seals has not been examined. Harp seals are transient in this area; diet samples from 3Ps indicate that Atlantic cod is consumed. Low numbers of harbour seals are resident in the area; Sjare et al. (2005) estimated that only a few hundred harbour seals occur in 3Ps. Examination of a small number of stomachs (n=41) collected in the area indicate that Atlantic cod are a minor component of the diet (Sjare et al. 2005). Grey seals are seasonal migrants to the area. Satellite telemetry studies indicate that seals from both the Gulf and Sable Island components move to 3Ps but the numbers appear to be small.

6. Phoques: Les répercussions de la consommation de morues par les phoques du Groenland et/ou les phoques gris n'ont pas été examinées. Les phoques du Groenland fréquentent la zone de manière transitoire; les échantillons de régimes alimentaires récoltés en 3Ps indiquent qu'ils se nourrissent de morues franches. De petits nombres de phoques communs sont résidents dans la zone; Sjare et al. (2005) a estimé qu'on rencontre seulement une petite centaine de phoques communs en 3Ps. L'examen d'un petit nombre d'estomacs (n=41) recueillis dans cette zone indique que la morue franche n'est qu'une composante mineure de leur régime alimentaire (Sjare et al. 2005). Les phoques gris migrent de manière saisonnière dans cette zone. Des études de télémétrie satellite indiquent que des phoques provenant à la fois des populations du golfe et de l'île de Sable, viennent en 3Ps, mais en petit nombre.

Conclusion: Although cod consumption has not been estimated for any seal species in 3Ps, it is thought to be relatively small.

Conclusion: Bien que la consommation de morues n'ait pas été évaluée pour aucune des espèces de phoques en 3Ps, on estime qu'elle est relativement faible.

7. Other predators and/or competitors: Recent surveys indicate that this region, together with the Laurentian Channel, has among the highest numbers of cetaceans in Atlantic Canada. Diets of most cetacean species in the region are unknown, but data from other regions suggest that Atlantic cod is expected to be consumed. Other potentially important predator/competitor species in the region include Atlantic halibut, and several shark species, but their diets are essentially unknown, making impossible any minimally realistic exploration of potential impacts.

Conclusion: The impact of non-seal predators on the dynamics of this cod stock is unknown.

8. Environmental forcing: Although it would be expected that it may have an impact on the population dynamics of Atlantic cod that may affect mortality either directly or through other factors, there are no specific studies on this issue for this specific stock.

References

Brattey, J., N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy, and J.-C. Mahé. 2006. An assessment of the cod (*Gadus morhua*) stock in NAFO Subdivision 3Ps in October 2006. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/053.

Sjare, B., M. Lebeuf, and G. Veinot. 2005 Harbour seals in Newfoundland and Labrador: A preliminary summary of new data on aspects of biology, ecology, and contaminant profiles. DFO Can Sci. Advis.. Sec. Res. Doc 2005/030.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

Cod (NAFO Division 3NO)

There is no evidence suggesting that M has increased in this stock. No change in M is assumed in the post-moratorium period from the

7. Autres prédateurs et/ou compétiteurs: Des relevés récents indiquent que cette région, de même que le chenal Laurentien, est celle du Canada atlantique qui est fréquentée par le plus grand nombre de cétacés. Les régimes alimentaires de la plupart des espèces de cétacés de cette région sont inconnus mais les données provenant d'autres régions suggèrent qu'on peut s'attendre à ce qu'ils se nourrissent de morues franches. D'autres espèces de prédateurs et de compétiteurs potentiellement importantes dans la région incluent le flétan de l'Atlantique et plusieurs espèces de requins; mais leurs régimes alimentaires sont essentiellement inconnus, ce qui rend impossible une quelconque exploration un tant soit peu réaliste des impacts potentiels.

Conclusion: L'impact de ces prédateurs (phoques exceptés) sur la dynamique du stock de morues est inconnue.

8. Influence environnementale: Bien qu'il y ait probablement un impact sur la dynamique des populations de morues franches qui influe soit directement, soit à travers d'autres facteurs sur la mortalité, aucune étude spécifique n'existe sur ce sujet concernant ce stock en particulier.

Références

Brattey, J., N.G. Cadigan, B.P. Healey, E.F. Murphy, and J.-C. Mahé. 2006. Évaluation du stock de morue (*Gadus morhua*) de la sous-division 3Ps de l'OPANO en octobre 2006 Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2007/053.

Sjare, B., M. Lebeuf, and G. Veinot. 2005 Le phoque commun à Terre-Neuve et Labrador: une synthèse préliminaire des nouvelles données concernant certains aspects de la biologie, de l'écologie et du profil de contamination. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Document de recherche 2005/030.

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

Morues (Division 3NO de l'OPANO)

Aucune preuve ne suggère que la mortalité naturelle a augmenté pour ce stock. Aucun changement concernant la mortalité naturelle

customary value of 0.2.

1. Catch: Although this stock is under moratorium, bycatch levels are high, and imposing fishing mortality levels comparable to years where fishing was allowed.

Conclusion: Significant bycatch (Canadian and foreign) is thought to be a major source of mortality and is impeding recovery of this stock.

2. Disease: There are no reports of significant incidence of disease but no formal surveillance or monitoring of aquatic animal health takes exists for this stock.
Conclusion: This possibility can not be ruled out due to lack of evidence one way or another.

3. Contaminants: Again, Yeats et al. (2003) is the only known examination of contaminant loads and it provides no indication that they are abnormally high.
Conclusion: Although it cannot be ruled out, it is assumed that contaminant loads are not a problem for this stock.

4. Starvations (poor condition):
Condition: Condition was not evaluated at the most recent assessment of 3NO cod.

Growth: Beginning of the year weight-at-age from sampling of commercial catches indicates that values in the more recent period tend to be slightly higher than in the pre-moratorium period.

Productivity: The 2007 assessment concluded based on deterministic projections and analyses using ADAPT that the average recruits per spawner from 2004-2006 was 0.14 compared to a historical average of 0.72 for the 1959-2006 time-series, indicating that the stock is not as productive as it was in the past.

Conclusion: Lower productivity may be affecting the population dynamics of this stock although growth does not appear to be lower than in the past.

n'est à noter pour la période post-moratoire: elle est estimée à la valeur habituelle de 0,2.

1. Captures: Bien que le moratoire soit toujours en vigueur pour ce stock, les prises accessoires sont nombreuses et font monter le niveau de mortalité dû à la pêche à un niveau comparable à celui des années où la pêche était autorisée.
Conclusion: Les prises accessoires (par les Canadiens ou les étrangers) représentent une source majeure de mortalité et empêchent le rétablissement de ce stock.

2. Maladies: Aucune incidence significative de maladies n'a été rapportée, mais il n'y a pas non plus de surveillance ni d'étude en cours de la santé d'animaux aquatiques.
Conclusion: Par conséquent, les maladies ne peuvent être écartées à cause du manque de preuve.

3. Contaminants: Cette fois encore, l'étude de Yeats et al (2003) est la seule qui a examiné les charges de contaminants: elle ne permet pas d'affirmer qu'elles soient anormalement élevées.
Conclusion: Bien qu'ils ne puissent être complètement écartés, les contaminants ne semblent pas être une source significative de mortalité pour ce stock.

4. Manque de nourriture (mauvaise condition):
Condition: la condition de la morue de 3NO n'a pas été évaluée lors de la dernière estimation du stock.

Croissance: Le poids selon l'âge au début de l'année, étudié grâce à des échantillons de captures de la pêche commerciale, indique que les valeurs de la période la plus récente ont tendance à augmenter légèrement par rapport à celles de la période pré-moratoire.

Productivité: L'évaluation de 2007 a conclu, basé sur des projections déterministes et des analyses utilisant ADAPT, que le nombre de recrues moyennes par élément reproducteur était de 0,14 entre 2004 et 2006, par opposition à la moyenne passée de 0,72 pour la série temporelle de 1959 à 2006; ceci indique que le stock n'est pas aussi productif qu'il l'était dans le passé.
Conclusion: la productivité plus faible affecte probablement la dynamique de la population de ce stock, bien que la croissance ne semble pas être plus faible que dans le passé.

5. Life-history changes: The age-at-maturity dropped rapidly in the mid- to late 1980s and remains low, similar to the trend observed in other cod stocks.

6. Seals: Consumption of cod by harp and/or grey seals has not been examined. Harp seals are only occasionally observed in this area; but the few diet samples examined do not indicate that Atlantic cod is consumed. Based on satellite tracking, available data indicates that grey seals do not go to this region.

Conclusion: Although consumption by seals has not been estimated, it is thought to be small.

7. Other predators and/or competitors: Like in other areas, recent surveys indicate significant numbers of cetaceans in the region. Similarly, the diets of most cetacean species in the region are unknown.

Conclusion: Although it is expected that some consumption on Atlantic cod occurs, there is no information to assess this potential impact.

8. Environmental forcing: Although it would be expected that it may have an impact on the population dynamics of Atlantic cod that may affect mortality either directly or through other factors, there is no directed studies on this issue for this specific stock.

References

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

5. Changements biodémographiques: L'âge à maturité a chuté rapidement entre le milieu et la fin des années 1980; suivant la tendance observée dans d'autres stocks de morues, il reste bas.

6. Phoques: La consommation de morues par les phoques du Groenland et/ou les phoques gris n'a pas été examinée. On n'observe qu'occasionnellement des phoques du Groenland dans cette région; mais les quelques échantillons de régimes alimentaires indiquent que la morue franche n'est pas consommée. Les données obtenues par suivi satellite indiquent que les phoques gris ne fréquentent pas cette région.
Conclusion: Bien que la consommation par les phoques n'ait pas été examinée, elle est probablement faible.

7. Autres prédateurs et/ou compétiteurs: Les relevés récents montrent que, à l'instar d'autres zones, un grand nombre de cétacés fréquentent cette région. Les régimes alimentaires de la plupart des espèces de cétacés de cette région, sont inconnus.
Conclusion: Bien que la consommation de morues franches est envisageable, aucune information qui permettrait d'évaluer l'impact potentiel n'est disponible.

8. Influence environnementale: Bien qu'il y ait probablement un impact sur la dynamique des populations de morues franches qui influe soit directement soit par d'autres facteurs sur la mortalité, aucune étude spécifique n'existe sur ce sujet concernant ce stock en particulier.

Références

Yeats, P., C. Couillard, M. Lebeuf, J. Hellou, and J. Payne. Potential importance of contaminants in current cod recovery problem. Presented at the Zonal Assessment Meeting on Atlantic cod; 17-26 February 2003. Halifax, NS.

APPENDICES / ANNEXES

Appendix 1. List of Participants

Seal Impacts Workshop 2

24-28 November 2008
Brunswick Room, Cambridge Suites

Halifax, Nova Scotia

Annexe 1 - Liste des participants

Atelier sur les répercussions des phoques
Partie 2
du 24 au 28 novembre 2008
Salle Brunswick Room, Hôtel Cambridge Suites
Halifax (Nouvelle-Écosse)

Participant	Affiliation	
Angel, J.	Fisheries Resource Conservation Council (FRCC)	
Benoit, H.	DFO Science Moncton, NB	Sciences du MPO Moncton (N.-B.)
Blanchard, W.	Dalhousie University Halifax, NS	Université Dalhousie Halifax (N.-É.)
Boudreau, C.	NS Fisheries & Aquaculture Halifax, NS	
Bowen, D. (Co-chair)	DFO Science Dartmouth, NS	Sciences du MPO Dartmouth (N.-É.)
Brattey, J.	DFO Science St. John's, NL	Sciences du MPO St. John's (T.-N.-L.)
Bundy, A.	DFO Science Dartmouth, NS	Sciences du MPO St. John's (T.-N.-L.)
Buren, A.	DFO Science St. John's, NL	Sciences du MPO St. John's (T.-N.-L.)
Chassot, E.	IRD France	
Clavine, P.	NL Dept of Fisheries and Aquaculture	
Courtney, R.	North of Smokey-Inverness South Fishermen's Association	
Cunningham, A.	Sea Star Seafoods Clark's Harbour, NS	Sea Star Seafoods Clark's Harbour (N.-É.)
Duplessia, D.	DFO Science Mont Joli, PQ	Sciences du MPO Mont-Joli (Qc)
Fowler, T.	DFO Ottawa, ON	MPO Ottawa (Ont.)
Hammill, M. (Co-chair)	DFO Science Mont Joli, PQ	Sciences du MPO Mont-Joli (Qc)
Harvey, V.	DFO Science Mont Joli, PQ	Sciences du MPO Mont-Joli (Qc)
Heaslip, S.	Dalhousie University Halifax, NS	Université Dalhousie Halifax (N.-É.)
Hennessey, T.	PEI Groundfish Association PEI	
Iverson, S.	Dalhousie University Halifax, NS	Université Dalhousie Halifax (N.-É.)
Koen-Alonso, M.	DFO Science St. John's, NL	Sciences du MPO St. John's (T.-N.-L.)
Lindstrom, U.	Institute of Marine Research Tromso, Norway	Institut de la recherche marine Tromso (Norvège)
McClelland, G.	DFO Science Moncton, NB	Sciences du MPO Moncton (N.-B.)

Participant	Affiliation	
	DFO Science	Sciences du MPO
Mohn, R.	Dartmouth, NS	Dartmouth (N.-É.)
Morresite, L.		
	Nova Scotia Fish Packers Association	Nova Scotia Fish Packers Association
Morrow, D.	Yarmouth, NS	Yarmouth (N.-É.)
	DFO Science	Sciences du MPO
O'Boyle, B.	Dartmouth, NS	Dartmouth (N.-É.)
	DFO Science	Sciences du MPO
Olesiuk, P.	Nanaimo, BC	Nanaimo (C.-B.)
	DFO Science	Sciences du MPO
Sinclair, M.	Dartmouth, NS	Dartmouth (N.-É.)
	FFAW/CAW	FFAW/CAW
Spingle, J.	NL	(T.-N.-L.)
	DFO Science	Sciences du MPO
Stenson, G. (Co-chair)	St. John's, NL	St. John's (T.-N.-L.)
	DFO Science	Sciences du MPO
Swain, D.	Moncton, NB	Moncton (N.-B.)
	DFO Science	Sciences du MPO
Trzcinski, K.	Dartmouth, NS	Dartmouth (N.-É.)
	DFO, FAM	GPA du MPO
Yetman, L.	St. John's, NL	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
24-28 November 2008
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

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
du 24 au 28 novembre 2008
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

on seal population size and the impacts of predation.

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

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

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 stakeholders to voice their comments regarding this science initiative.

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, 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 2

24-28 November 2008
Brunswick Room, Cambridge Suites
Halifax, Nova Scotia

Day 1, Monday, November 24

Workshop Setup

09:00 – 09:10 Welcome (M. Sinclair, Director Science, Bedford Institute of Oceanography).

09:10 – 09:30 Background, Objectives of the Workshop, Rapporteurs (D. Bowen).

Industry Perspectives (Stenson Rapporteur)

09:30 – 10:30 Stakeholders (Morrow and Cunningham)

10:30 – 11:00 *Break*

11:00 – 11:30 Stakeholders (Russo and Hennessey)

11:30 – 12:00 Discussion

12:00 – 13:00 *Lunch*

Parasites (Hammill Rapporteur)

13:00 – 13:30 Effects of seal-transmitted parasites on growth, condition and mortality of cod (Swain, McClelland, and Chouinard).

13:30 – 14:00 Parasitic nematodes (Anisakinae) as indicators of grey seal migration in eastern Canada (McClelland)

14:00 – 15:00 Discussion

15:00 – 15:30 *Break*

Programme

Atelier sur les répercussions desphoques, Partie 2

du 24 au 28 novembre 2008
Salle Brunswick Room, Hôtel Cambridge Suites
Halifax (Nouvelle-Écosse)

1er jour: Lundi 24 novembre

09:00 – 09:10 Mot de bienvenue (M. Sinclair, Direction des sciences, Institut océanographique de Bedford).

09:10 – 09:30 Contexte, objectifs de l'atelier et rapporteurs (D. Bowen).

Point de vue de l'industrie (Rapporteur: Stenson)

09:30 – 10:30 Présentations des parties intéressées (Morrow et Cunningham)

10:30 – 11:00 *Pause*

11:00 – 11:30 Présentations des parties intéressées (Russo et Hennessey)

11:30 – 12:00 Discussion

12:00 – 13:00 *Pause repas*

Parasites (Rapporteur: Hammill)

13:00 – 13:30 Effets des parasites transmis par les phoques sur la croissance, la condition et la mortalité de la morue (Swain, McClelland et Chouinard).

13:30 – 14:00 Les nématodes parasites (anisakidés) comme indicateurs des migrations de phoques gris dans l'est du Canada (McClelland)

14:00 – 15:00 Discussion

15:00 – 15:30 *Pause*

Mortality and Abundance of Fish: Updates (Trzcinski Rapporteur)

15:30 – 16:00	Southern Gulf (Swain)
16:00 – 16:30	Scotian Shelf (Mohn)
16:30 – 17:00	Newfoundland (Brattey)
17:00	Adjourn

Mortalité et abondance des poissons: mises à jour (Rapporteur: Trzcinski)

15:30 – 16:00	Sud du golfe (Swain)
16:00 – 16:30	Plateau néo-écossais (Mohn)
16:30 – 17:00	Terre-Neuve (Brattey)
17:00	Fin de la séance

Day 2, Tuesday, November 25

Mortality Patterns in Fish (Duplissea Rapporteur)

09:00 – 09:30	Spatial overlap between grey seals and cod in the Cabot Strait area in winter (Harvey, Breed, Hammill, and Swain).
09:30 – 10:30	Hypotheses for the elevated natural mortality of southern Gulf of St. Lawrence cod: A review of the evidence (Swain).
10:30 – 11:00	*Break*
11:00 – 11:30	Comparative analysis of the diet of cod, turbot, and harp seal in Newfoundland waters (1986-1996) (Buren, Koen-Alonso, Stenson, and Dwyer).
11:30-12:00	Discussion
12:00 – 13:00	*Lunch*

Estimating Seal Prey Consumption (Swain Rapporteur)

13:00 – 13:30	A multinomial regression approach to reconstruct diet composition (Koen-Alonso, Buren, and Stenson).
13:30 – 14:00	Uncertainty in estimates of grey seal consumption: What would it take to explain elevated natural mortality in southern Gulf of St. Lawrence cod, white hake and

2ième jour: Mardi 25 novembre

Patrons de mortalité des poissons (Rapporteur: Duplissea)

09:00 – 09:30	Chevauchement spatial entre les phoques gris et la morue dans le détroit de Cabot en hiver (Harvey, Breed, Hammill et Swain).
09:30 – 10:30	Hypothèses sur les causes de la mortalité naturelle élevée de la morue du sud du Golfe du Saint-Laurent: revue des données (Swain).
10:30 – 11:00	*Pause*
11:00 – 11:30	Analyse comparative des régimes alimentaires de la morue, du flétan du Groenland et du phoque du Groenland dans les eaux de Terre-Neuve (1986-1996) (Buren, Koen-Alonso, Stenson et Dwyer).
11:30-12:00	Discussion
12:00 – 13:00	*Pause repas*

Estimation de la consommation de proies par les phoques (Rapporteur: Swain)

13:00 – 13:30	Utilisation de régressions multinomiales pour reconstituer la composition du régime alimentaire (Koen-Alonso, Buren et Stenson).
13:30 – 14:00	Incertitude des estimations concernant la consommation des phoques gris: comment expliquer la mortalité naturelle élevée de la morue, de la merluche blanche et

winter skate? (Benoit).	de la raie tachetée? (Benoit).
14:00 – 14:30 *Break*	14:00 – 14:30 *Pause*
14:30 – 15:30 Diet and consumption by grey seals in 4T (Hammill).	14:30 – 15:30 Régime alimentaire et consommation par les phoques gris en 4T (Hammill).
15:30 – 16:00 Cod-seal Interactions on Eastern Scotian Shelf. Consideration of Modeling Assumptions (Sinclair and O'Boyle).	15:30 – 16:00 Interactions phoque-morue sur la partie orientale du plateau néo-écossais. Réflexion sur les présuppositions du modèle. (Sinclair and O'Boyle).
16:00 – 16:30 Estimating Prey Consumption by Northwest Atlantic Harp Seals in Newfoundland Waters (Stenson).	16:00 – 16:30 Estimation de la consommation de proies par les phoques du Groenland du Nord-Ouest de l'Atlantique, dans les eaux de Terre-Neuve (Stenson).
16:00 – 17:00 Discussion	16:00 – 17:00 Discussion
17:00 Adjourn	17:00 Fin de la séance

Day 3, Wednesday, November 26	**3ième jour: Mercredi 26 novembre**
09:00 – 09:30 Trophodynamic modeling of core species of the eastern Scotian Shelf marine community (Koen-Alonso and Bundy).	09:00 – 09:30 Modélisation trophodynamique des espèces clés de la communauté marine de l'est du plateau néo-écossais (Koen-Alonso et Bundy).
09:30 – 10:00 Estimating the impact of grey seals on eastern Scotian Shelf cod: an update (Trzcinski, Mohn, and Bowen).	09:30 – 10:00 Mise à jour de l'estimation des répercussions des phoques gris sur la morue de l'est du plateau néo-écossais (Trzcinski, Mohn et Bowen).
10:00 – 10:30 Estimating the impact of grey seals on western Scotian Shelf cod (Trzcinski, Mohn, and Bowen).	10:00 – 10:30 Estimation des répercussions des phoques gris sur la morue de l'ouest du plateau néo-écossais (Trzcinski, Mohn et Bowen).
10:30 – 11:00 *Break*	10:30 – 11:00 *Pause*
11:00 –11:30 Exploring predation and competition impacts of harp seal on northern cod. modeling approach and preliminary runs (Buren, Koen-Alonso, and Stenson).	11:00 –11:30 Etude des répercussions de la prédation et de la compétition par le phoque du Groenland sur la morue du nord: modélisation et essais préliminaires (Buren, Koen-Alonso et Stenson).
11:30 – 12:00 The role of predation by harp seals in the collapse and non-	11:30 – 12:00 Le rôle de la prédation par les phoques du Groenland dans

recovery of the northern Gulf of St. Lawrence cod. Explaining the past and exploring the future (Chassot, Caskenette, Duplisea, Hammill, Bousquet, Bourdages, Lambert, and Stenson).	l'effondrement et le non-rétablissement de la morue du nord du golfe du Saint-Laurent. Explication du passé et exploration du futur. (Chassot, Caskenette, Duplisea, Hammill, Bousquet, Bourdages, Lambert et Stenson).
A simulation approach to understanding foraging tactics (Lindstrom).	Approche par simulation afin de comprendre les tactiques d'approvisionnement (Lindstrom).
12:00 – 13:00 *Lunch*	12:00 – 13:00 *Pause repas*
What have we learned?	***Qu'avons-nous appris?***
13:00 – 14:00 Is there consensus about the impact of seals on cod in Atlantic Canada marine ecosystems? If yes, provide a summary of the key pieces of research supporting the conclusions. If not, summarize the controversy and detail what are the key pieces of research supporting each position. a) Address the question for grey seals in ESS and GSL. b) Address the questions for harp seals in NL.	13:00 – 14:00 Y a-t-il un concensus à propos des répercussions des phoques sur la morue dans les écosystèmes marins du Canada atlantique? Si oui, fournissez un résumé des éléments-clé de la recherche appuyant ces conclusions. Si non, résumez la controverse et faites une liste détaillée des éléments clés de recherche appuyant chaque position. a) Questions concernant les phoques gris dans l'est du plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent. b) Questions sur les phoques du Groenland à Terre-Neuve.
14:00 – 14:30 *Break*	14:00 – 14:30 *Pause*
14:30 – 17:00 Continued	14:30 – 17:00 Suite
17:00 Adjourn	17:00 Fin de la séance
Day 4, Thursday, November 27	**4ième jour: Jeudi 27 novembre**
09:00 – 10:30 2) What are the main similarities and differences between the cases studied in 1.a and 1.b?	09:00 – 10:30 2) Quelles sont les principales similarités et différences entre les cas étudiés en 1.a et 1.b?
10:00 – 10:30 Discussion	10:00 – 10:30 Discussion
10:30 – 11:00 *Break*	10:30 – 11:00 *Pause*
11:00 – 12:00 3) Are there any common knowledge gap among regions? Can these gaps be filled? How?	11:00 – 12:00 3) Existe-t-il des lacunes dans les connaissances qui soient communes à toutes les régions? Ces lacunes peuvent-elles être

			comblées? Comment?
12:00 – 13:00	*Lunch*	12:00 – 13:00	*Pause repas*
13:00 – 14:00	4) Based on all the above, which type of research is more critical to improve our understanding on the non-recovery of cod and other groundfish stocks? Do we need more seal-focused research or there are other elements that need to be study in order to properly weight the impact of seals (e.g., impacts from small cetaceans, other predatory fish, availability of food for groundfish).	13:00 – 14:00	4) Suite aux études vues ci-dessus, quel type de recherche vous semble la plus cruciale si on cherche à améliorer notre compréhension de l'absence de rétalissement de la morue et d'autres stocks de poissons de fond? Doit-on concentrer la recherche sur les phoques ou devrait-on étudier d'autres éléments afin d'évaluer correctement l'impact des phoques (par ex.: l'impact des petits cétacés, d'autres poissons prédateurs, disponibilité de la nourriture pour les poissons de fond).
14:30 – 15:00	*Break*	14:30 – 15:00	*Pause*
15:00 – 17:00	Continued	15:00 – 17:00	Suite
17:00	Adjourn	17:00	Levée de la séance

Day 5, Friday, November 28

Summary and Report Drafting

09:00 – 10:30	Plenary discussion	09:00 – 10:30	Discussion plénière
10:30 – 11:00	*Break*	10:30 – 11:00	*Pause*
11:00 – 12:30	Plenary discussion	11:00 – 12:30	Discussion plénière
12:30 – 13:30	*Lunch*	12:30 – 13:30	*Pause repas*
13:30 – 15:00	Chairs and rapporteurs meet to organize notes for the report.	13:30 – 15:00	Réunion des présidents de séance et des rapporteurs afin d'organiser les notes pour le compte rendu final
15:00	*Adjourn*	15:00	*Fin de la séance*

5ième jour: Vendredi 28 novembre

Résumé et ébauche du compte-rendu