



IMPACTS DES PHOQUES GRIS SUR LES POPULATIONS DE POISSONS DANS L'EST DU CANADA

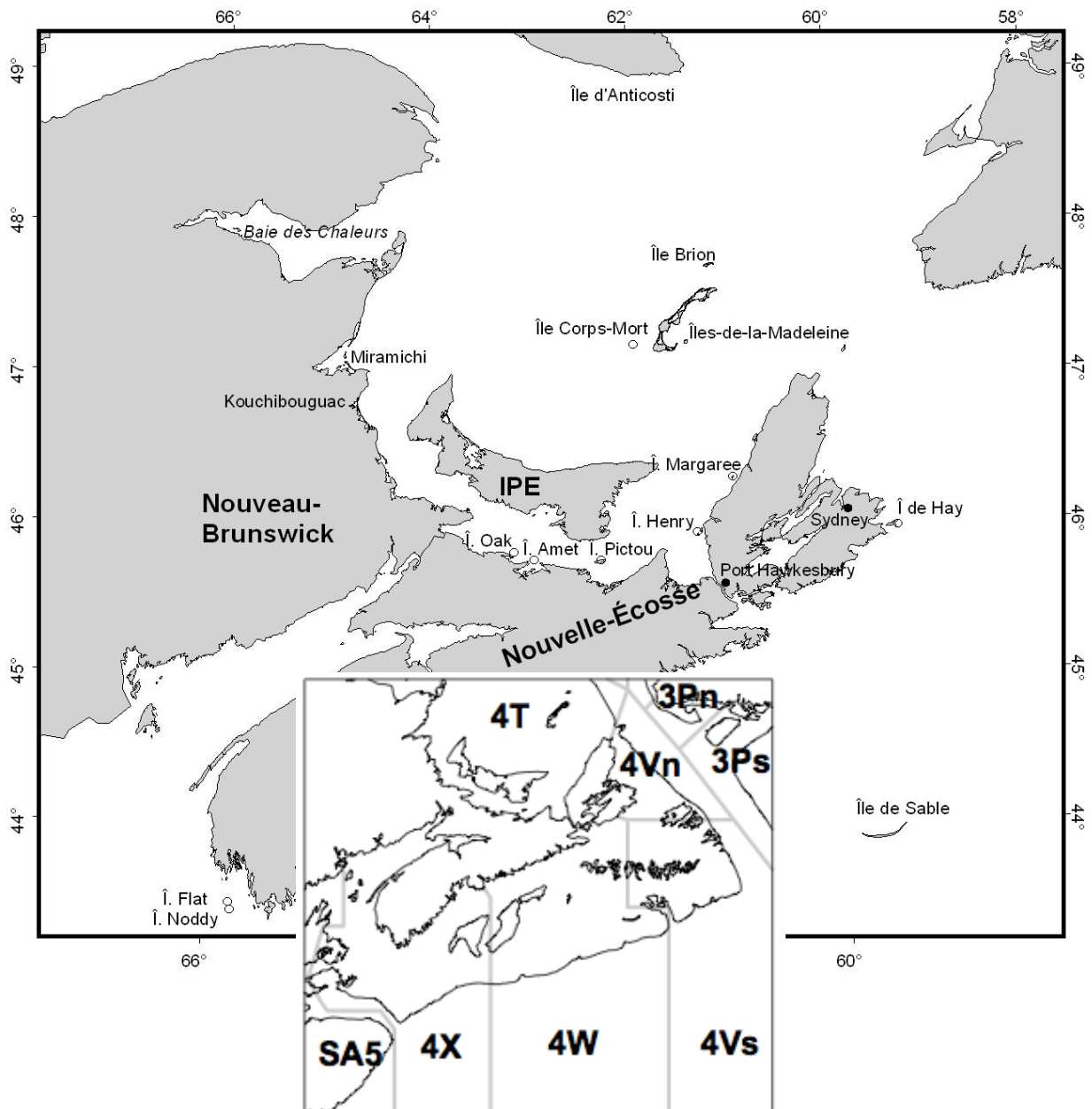


Figure 1. Carte des principaux sites de mise bas dans le Canada atlantique et des aires de gestion des pêches de l'OPANO (insert).

Contexte

Les répercussions négatives potentielles de la prédation par les phoques sur les populations de poissons qui ont une importance commerciale ou qui sont touchées par des enjeux de conservation (par ex.: la morue franche) sont actuellement le sujet de discussions. Un des facteurs qui contribue à ce débat est la croissance des populations de phoques gris dans les eaux de l'est du Canada ces cinquante dernières années et le déclin simultané, ou dans certains cas l'effondrement, de plusieurs populations de poissons dans les années 1990 au point de provoquer l'arrêt complet de la pêche. L'estimation de la mortalité naturelle des poissons adultes est inhabituellement élevée au sein de ces populations qui ne montrent pas de signes de rétablissement.

On suppose que les phoques peuvent avoir cinq sortes possibles d'effets négatifs sur les populations de proies: 1) la prédation, 2) la compétition pour la nourriture, 3) la transmission de parasites provoquant une mortalité accrue des poissons, 4) la perturbation de la fraie qui diminue le succès reproducteur, et 5) d'autres effets indirects sur la productivité des proies causés par les changements de comportement des poissons en vue de réduire les risques de prédation par les phoques.

Un rapport externe accrédité par le Ministère canadien des Pêches et Océans (Rapport du groupe d'experts sur la gestion des phoques 2001) a traité dans le détail des effets de la prédation, mais les autres conséquences supposées n'ont pas été prises en considération parmi les termes de référence du rapport. Les résultats émis par le groupe d'experts indiquent que les interactions entre les phoques, les poissons de fond et d'autres espèces sont complexes et variables et que les preuves que la prédation par les phoques a un impact majeur sur la plupart des stocks de poissons commerciaux, sont faibles. Depuis que le groupe d'experts a présenté ses résultats, de nouvelles recherches ont été menées sur la taille des populations de phoques, sur les changements en matière de mortalité naturelle des poissons et sur les répercussions de la prédation.

Le Ministère canadien des Pêches et Océans (MPO) a récemment organisé un atelier en deux parties afin d'examiner les répercussions des phoques sur les stocks de morues franches dans les eaux de l'est canadien. Le premier atelier a porté sur la nature et la qualité des données disponibles et a aussi permis d'identifier les analyses et les modélisations qui pourraient être menées avec les données existantes afin de s'atteler, de façon plus complète, à la question des répercussions des phoques sur le rétablissement des pêches commerciales (Compte-rendu MPO 2008/021). Le second atelier a fait l'examen de ces nouvelles analyses (Compte-rendu MPO 2009/020). Les objectifs d'ensemble de ces deux ateliers étaient: 1) d'examiner les études faites sur les interactions trophiques (p. ex. les effets de la prédation) entre les phoques et les stocks de morues franches de l'est du Canada, en particulier les phoques gris et les phoques du Groenland, 2) d'examiner les études semblables menées ailleurs qui pourraient aider à mieux comprendre les effets de la prédation des phoques gris et des phoques du Groenland sur les stocks de morues franches, 3) d'examiner les études sur les effets des parasites transmis par les phoques, comme sources de mortalité du poisson, 4) d'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) d'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, et 6) de 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.

Plusieurs hypothèses permettant d'expliquer le déclin des populations et les niveaux élevés de mortalité naturelle des stocks de morue franche dans l'est du Canada, ont été examinées lors du second atelier. Parmi celles-ci, les captures non signalées (c.-à-d. que la mortalité est conséquence de la pêche, plutôt que de causes de mortalité naturelle), les maladies, les contaminants, le manque de nourriture (c.-à-d. mauvaise condition), les changements dans les constantes biodémographiques, les répercussions de l'augmentation de l'abondance des phoques (prédation, parasites, autres répercussions) et l'augmentation de la prédation par d'autres prédateurs. L'atelier a conclu que le poids des preuves indirectes suggère que la prédation par les phoques gris est responsable d'une grande partie de la mortalité naturelle élevée chez la morue du sud du golfe. L'avis scientifique le plus récent sur la morue du sud du golfe considère lui aussi que la prédation par les phoques gris est une composante importante de la mortalité naturelle de la morue dans le sud du golfe et qu'aux taux actuels de mortalité naturelle, la croissance des stocks est improbable à moins que la productivité n'augmente bien au-dessus des niveaux observés lors de la dernière décennie. Pour 2009-10 et au-delà, le ministre a fait l'annonce d'un programme d'abattages ciblés des phoques gris chassant vraisemblablement les concentrations du stock de morues du sud du golfe.

SOMMAIRE

- On trouve des phoques gris dans trois écosystèmes marins interconnectés du Canada Atlantique situés au sud du chenal Laurentien. Le sud du golfe du Saint-Laurent (4T) est une mer semi-fermée, peu profonde, très productive pendant l'été, mais qui gèle l'hiver. De nombreuses populations de poissons de 4T, dont la morue, migrent et hivernent dans les eaux chaudes et plus profondes au large du Cap Breton (4Vn). Les stocks de morues des deux écosystèmes du plateau néo-écossais (4VsW et 4X) ne migrent pas beaucoup et les individus sont de plus grande taille à un âge donné que la morue de 4T. On trouve aussi un petit stock de morues résidant en 4Vn mais aucune étude n'a été menée pour ce stock. Le phoque gris est une espèce très mobile, qui chasse dans les eaux allant du Banc de Georges au nord du golfe du Saint-Laurent. Sur cette immense aire géographique, les phoques gris sont au contact de différentes communautés de proies qui diffèrent en termes de profondeur et d'étendue géographique. Il est de connaissance notable que tous ces facteurs influencent le comportement d'approvisionnement et le régime alimentaire des phoques gris. Associés aux différentes dynamiques des troupeaux de phoques gris et de leurs proies du golfe, de l'île de Sable et des côtes de la Nouvelle-Écosse, ces facteurs suggèrent que l'influence des phoques gris sur les populations de proies telles que la morue, varie selon les écosystèmes.
- Des changements drastiques ont eu lieu durant les dernières décennies au sein de ces écosystèmes. Les ressources en poissons de fond et la pêche de ces poissons, jadis caractéristiques du sud du golfe, ont été remplacées par des poissons démersaux de petite taille et la pêche d'invertébrés. Comme celui du sud du golfe, l'écosystème de l'est du plateau néo-écossais a connu la pêche active de poissons de fond jusqu'au début des années 1990 : elle a été remplacée par la pêche d'espèces invertébrées telles que la crevette et le crabe. La pêche d'invertébrés a aussi augmenté à des niveaux sans précédents à l'ouest du plateau néo-écossais et dans la baie de Fundy, mais la pêche de certains poissons de fond continue et entraîne la prise accessoire de morues lors de pêches dirigées vers d'autres espèces.
- La taille de la population de phoques gris du Canada est estimée par un modèle rassemblant les estimations de la production de jeunes, les taux de reproduction et l'information sur les captures. Les tendances d'abondance données par quatre modèles de population ont été présentées lors de cette rencontre. Ces modèles reposent sur des présuppositions légèrement différentes quant au taux de mortalité des adultes, aux effets de l'augmentation de la densité sur le taux de croissance de la population, et quant à la mortalité due aux glaces des jeunes phoques dans le sud du golfe. Une fois ces présuppositions prises en considération, on estime que la population a augmenté d'environ 10 000 têtes en 1960 à environ 330 000 – 410 000 têtes en 2010, selon le modèle utilisé.
- Aux fins de gestion, la population de phoques gris est divisée en trois troupeaux, selon les sites de mise bas. Les troupeaux se nourrissent dans les eaux côtières et au large des zones 3Pn, 3Ps, 4R, 4T, 4Vn, 4VsW, 4X et 5Z. Le plus grand troupeau, composé de 260 000 à 320 000 têtes, selon les présuppositions utilisées dans le modèle, se trouve sur l'île de Sable. Le taux de croissance de ce troupeau est tombé de 12,8% pendant les années 1980 à approximativement 4% ces cinq dernières années. Il est difficile de dire si la baisse du taux de croissance de la population est due à des changements touchant les taux de reproduction spécifiques à chaque classe d'âge, les taux de mortalité des jeunes de l'année, ou les deux. Le troupeau du sud du golfe du Saint-Laurent compte entre 55 000 et 71 000 têtes, selon les modèles, et bien qu'il semble croître, le taux d'augmentation varie selon la mortalité des jeunes causée par de mauvaises conditions de glace. Le troupeau des côtes de la Nouvelle-Écosse est le plus petit des trois, avec entre 20 000 et 22 000

têtes. Bien que la majorité de ces animaux naissent sur l'île de Hay, le long de la côte orientale, leur abondance est en hausse et de nouvelles colonies de reproduction s'établissent au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, avec la contribution d'immigrants provenant du troupeau de l'île de Sable. Au cours de l'année, les phoques de chacun de ces troupeaux se déplacent sur un vaste territoire à la recherche de nourriture et contribuent sûrement ainsi à la colonisation de nouveaux sites de reproduction. Les raisons de la forte augmentation du nombre de phoques sont encore floues mais il est probable que la réduction de la chasse et l'augmentation des habitats de reproduction sur la glace dans le golfe y aient contribué. Bien que les fluctuations des niveaux d'abondance passés soient peu connues, la taille actuelle de la population est la plus grande mesurée au cours des derniers siècles.

- Il y a des stocks de morues distincts dans chacun des trois écosystèmes. L'abondance de tous les stocks a baissé d'au moins 80% et est restée à un niveau peu élevé jusqu'à maintenant. La surpêche a provoqué la diminution des stocks en 4T, 4Vn et 4VsW, qui ont atteint un faible niveau d'abondance au début des années 1990. C'est aussi la surpêche qui a contribué, dans une moindre mesure, au déclin du stock en 4X jusqu'au milieu des années 1990. La pêche a été fermée ou grandement réduite pour tous ces stocks pendant les deux dernières décennies.
- Bien que la mortalité due à la pêche ait été fortement réduite, la survie de la morue adulte en 4T est restée à un niveau très bas pendant cette période et le stock a continué de baisser. Si les niveaux actuels de productivité et de mortalité naturelle persistent, le stock risque de baisser jusqu'à des niveaux frôlant l'éradication en 40 à 50 ans. On observe des niveaux similairement élevés de mortalité naturelle en 4T chez d'autres poissons démersaux de grande taille tels que la raie tachetée et la merluche blanche qui ont eux aussi atteint de très faibles niveaux d'abondance et continuent de décliner. Le stock résident de morue en 4Vn reste très bas depuis les années 1980. Le stock de morue de 4VsW a chuté rapidement à la fin des années 1980, ce qui a mené à son effondrement, ainsi qu'à la fermeture de la chasse en 1993. La biomasse du stock est restée à un niveau faible pendant plus d'une décennie, mais croît depuis peu de temps et on y observe une amélioration de la survie des jeunes morues. La mortalité élevée et le déclin persistant depuis le milieu des années 1990, malgré les restrictions de la pêche, caractérise aussi le stock de morue 4X.
- En ce qui concerne la morue de 4T, plusieurs causes potentielles permettant d'expliquer l'augmentation de la mortalité d'animaux adultes ont été examinées, telles que les prises accessoires, l'émigration, la maladie, les contaminants, les parasites, la mauvaise condition des poissons, les changements biodémographiques et la prédation causée par les phoques ainsi que par d'autres prédateurs. Un rapport basé sur les données disponibles pour chacune de ces causes a mené à la conclusion que la prédation par les phoques gris était vraisemblablement la cause principale expliquant l'augmentation de la mortalité des morues de grande taille du sud du golfe. Les changements de composition des espèces et des tailles observés dans les communautés de poissons du sud du golfe pourraient correspondre à des changements de la mortalité similaires à ceux observés pour la morue. On considère que les phoques gris sont un élément important de la mortalité naturelle élevée de la raie tachetée et de la merluche, qui sont deux espèces à fort risque d'éradication dans le sud du golfe.
- La détermination du régime alimentaire des phoques gris repose essentiellement sur des méthodes indirectes car il est peu fréquent de pouvoir observer directement ce qu'ils ingèrent. Les méthodes utilisées sont basées sur la récupération de parties dures telles que les otolithes des poissons, à partir des contenus stomacaux, des intestins et des fèces, ainsi

que sur l'analyse chimique de la graisse des phoques et de leurs proies. Chacune de ces méthodes possède des points forts et des faiblesses. En plus de la difficulté de déterminer le régime alimentaire d'un phoque gris, il est aussi difficile d'obtenir un échantillon représentatif de ce régime alimentaire car les phoques se déplacent sur de vastes territoires et leur régime varie selon le sexe, la saison, l'aire d'étude et d'autres facteurs. L'analyse des sources de données ci-dessus procure une large gamme de valeurs en ce qui concerne le pourcentage de morues présentes dans le régime alimentaire des phoques gris; la moyenne dans l'ensemble est de 2-7% en 4VsW, et en 4t, elle s'étend de 1% pour les femelles l'été à 24% pour les échantillons de mâles pendant l'hiver. Ces méthodes font toutes des suppositions qui sont peut-être en partie inexactes, mais il est vraisemblable que ces estimations constituent des représentations crédibles du régime alimentaire des phoques dans les régions où les échantillons ont été collectés.

- Afin d'estimer la consommation, on procède à l'extrapolation des diverses estimations du régime alimentaire à la région dans sa totalité et sur l'année toute entière. Cependant, les lacunes dans l'échantillonnage augmentent fortement l'incertitude entourant ces estimations de consommation et peuvent introduire des biais. En particulier, la consommation de morues de grande taille pourrait être sous-estimée à cause des lacunes spatiales et saisonnières de l'échantillonnage pendant les périodes où les morues sont regroupées.
- Les modèles énergétiques indiquent qu'un phoque gris a besoin d'environ 1 à 2 tonnes de proies par année (3-6 kg/jour), selon l'âge et le sexe du phoque et selon le contenu énergétique des différentes proies qui constituent leur régime alimentaire. Cette variabilité du contenu énergétique des proies a une incidence sur les estimations de la quantité de morues consommées par les phoques de chaque stock (voir paragraphe 8). La meilleure estimation possible de la consommation de morues par le phoque gris ces dernières années, se situe entre 4 500 et 20 000 tonnes par année en 4T, et entre 3 000 et 11 000 tonnes par année en 4VsW. Ces estimations elles-mêmes sont sujettes à de grands écarts-types et ces larges gammes de valeur reflètent l'incertitude due aux présuppositions faites pour pallier aux lacunes dans l'échantillonnage ainsi que le traitement des données sur le régime alimentaire en 4VsW.
- En 4T, on considère que les phoques gris représentent une source significative de mortalité pour les morues de grande taille (>35cm) ainsi que pour d'autres poissons benthiques adultes. Les morues du sud du golfe se rassemblent en groupes denses lors des migrations saisonnières et de la fraie, ainsi que sur les aires d'hivernage. Les suivis par satellite indiquent que des phoques gris, des mâles en particulier, s'approvisionnent là où ces rassemblements ont lieu. Des échantillons du contenu du système digestif de phoques gris s'approvisionnant sur des rassemblements de morue en hivernage contiennent une proportion relativement élevée de morue (environ 24% chez les mâles et 10% chez les femelles, selon les échantillons stomacaux), et une proportion élevée (58%) de ces morues mesuraient plus de 35 cm de long. Les phoques représentent aussi une source de mortalité élevée pour la raie tachetée et la merluche, deux espèces que le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) considère à très grand risque d'extirpation.
- En 4VsW, la morue est aussi sujette à une prédation par les phoques, mais dont l'ampleur, comparée à d'autres sources de mortalité, varie avec les présuppositions des modèles. La plupart des modèles n'expliquent pas une grande partie de la mortalité et n'attribuent qu'une petite partie (moins de 17%) de la mortalité totale des morues à la prédation par les phoques. Des données équivalentes ne sont pas disponibles quant à la mortalité causée par les phoques gris aux les morues de 4X et 4Vn.

- Les phoques gris sont vecteurs d'un parasite, le ver du phoque à l'état larvaire, qui s'accumule dans la chair des morues et d'autres poissons de fond, augmentant les coûts de traitement et diminuant le potentiel de mise en marché. L'abondance de vers du phoque a augmenté considérablement en 2008-09 en 4T et a atteint des niveaux dépassant grandement ceux enregistrés en 2006 en 4VsW et en 4X. Il semble que l'infection n'ait que peu d'effet sur la condition de la morue en 4T.
- Des modèles basés sur un certain nombre de présuppositions ont été utilisés afin d'estimer le nombre de phoques qu'il serait nécessaire d'abattre pour inverser le déclin observé chez les morues en 4T. Les modèles ont donné des résultats très différents reflétant ainsi les incertitudes au sujet des interactions entre les phoques et les morues. Par conséquent, il est impossible de déterminer le niveau de réduction nécessaire ou suffisant pour inverser le déclin de la morue. Selon l'un des ensembles de présuppositions sur la manière de combler les lacunes dans les données, on estime que la proportion de la mortalité qui est causée par la prédation par les phoques est si faible que l'élimination totale de cette source de mortalité ne serait pas suffisante pour permettre le rétablissement de la morue. Selon d'autres présuppositions sur la manière de combler les lacunes dans les données, qui produisent des estimations de mortalité cohérentes avec les données disponibles (paragraphe 7), les captures de phoques pourraient permettre de réduire la mortalité de la morue dans des proportions permettant le rétablissement, mais les réductions nécessaires seraient considérables. Ce modèle estime qu'afin de diminuer la mortalité naturelle de la morue à 0,4, il faudrait réduire le nombre de phoques s'approvisionnant dans la région du sud du golfe de 70% à 31 000 phoques. On estime actuellement que 104 000 phoques s'approvisionnent dans le sud du golfe; ceci inclut 36 000 phoques de l'île de Sable, 5 000 phoques de la côte est et 63 000 phoques du sud du golfe. Selon la productivité actuelle et en l'absence de pêche, la morue pourrait alors se rétablir et atteindre une mortalité naturelle de 0,4. Des captures de cette ampleur devraient aussi faire baisser la mortalité naturelle de la raie tachetée de telle manière que son abondance se stabiliserait et peut-être même augmenterait; mais la quantité de captures ne serait pas suffisante à enrayer le déclin en cours de la population de merluche. Si certains phoques se spécialisaient dans la prédation de morues et qu'il était possible de cibler ces phoques lors des captures (par ex.: des mâles dans des régions de chevauchement important avec la morue, tel que le détroit de Cabot pendant l'hiver), alors les captures requises seraient beaucoup moins élevées. De même, si on arrivait à cibler des phoques gris se nourrissant dans des régions où la raie tachetée et la merluche se rassemblent (Détroit de Northumberland, chenal Laurentien), le nombre de captures nécessaires serait probablement moindre pour obtenir une diminution comparable des taux de mortalité.
- Pour 4VsW, les modèles étudiés ont fourni une gamme étendue de résultats reflétant l'incertitude qui subsiste ces dernières années à propos des interactions phoque-morue. De nombreux scénarios ont mis en évidence le fait que la prédation par les phoques n'est pas une composante importante de la mortalité des morues et ne prédisent pas une réaction d'ampleur du stock de morue en 4VsW en réponse à des changements dans l'abondance des phoques. Si une intervention avait lieu, les conséquences pour la morue de la diminution de la population de phoques dépendraient de l'âge et du sexe des phoques capturés. Le troupeau présent sur l'île de Sable étant environ cinq fois plus nombreux que le troupeau du golfe, il conviendrait, pour que l'intervention permette la diminution de la population de manière significative, qu'elle soit de plus grande ampleur que celle décrite pour la zone 4T au paragraphe 14. La capture ou la contraception des femelles adultes représente le moyen d'intervention le plus efficace, suivi par la capture des jeunes puis par celle des mâles adultes. Un programme de contrôle des prédateurs ou de contraception des femelles de l'ordre de 10 000 phoques par année sur 5 ans n'aurait qu'une très faible probabilité d'avoir des conséquences décelables pour la morue.

- L'ampleur des captures potentielles de phoques gris qui s'approvisionnent dans le sud du golfe (décrite au paragraphe 14) ne constitue pas un risque de dommage irréversible envers la population de phoques. Par contre, si les productivités de la morue, de la raie tachetée et de la merluche en 4T restent au niveau actuel, il est à prévoir d'autres déclinés au sein de ces populations que le COSEPAC a qualifiées comme étant à risque élevé d'extirpation.
- La pratique de l'abattage est communément utilisée comme moyen de limiter la prédation sur le cheptel et la faune sauvage et peut se montrer efficace pour réduire l'abondance de prédateurs. Elle a déjà été utilisée pour réduire l'abondance chez certaines espèces de phoques. Néanmoins, bien qu'elle soit pratiquée fréquemment, l'ampleur de la réduction nécessaire de la population de phoques et la réponse correspondante des populations de proies visées sont des sujets qui ont rarement été évalués, à tel point que leur efficacité est mal comprise. De plus, les résultats provenant d'autres programmes de contrôle des prédateurs indiquent que des conséquences sur le réseau trophique, non désirées et difficiles à prédire, sont néanmoins communément observées. Ainsi, une intervention dans le sud du golfe devra d'abord être soumise à une étude complète des répercussions qui toucheront probablement plusieurs espèces de l'écosystème au sein duquel interagissent phoques et morues. Elle devra aussi être soumise à un programme soigneusement élaboré incluant des objectifs clairement établis et une surveillance rigoureuse des populations de phoques et de morues et de l'écosystème afin d'en évaluer les conséquences.
- Pour qu'un programme de contrôle des prédateurs soit conçu de manière efficace et puisse être bien évalué, il convient de respecter plusieurs protocoles et d'effectuer les suivis appropriés. La clé est d'exposer clairement les objectifs et les avantages attendus et d'utiliser des indices de performance qui permettent une interprétation quantitative de l'atteinte des objectifs et des bénéfices. Afin d'être instructif, le programme de contrôle devrait être planifié et mené au sein d'un cadre de gestion adaptatif.

INTRODUCTION

L'objectif de l'atelier du SCCS qui a eu lieu à Halifax (Nouvelle-Écosse) du 4 au 8 octobre 2010, a été de procéder à la revue d'une série de documents de recherche au sujet des interactions entre phoques gris, morues et autres espèces de poissons démersaux, et de fournir des avis scientifiques sur des questions soulevées par la Gestion des Ecosystèmes et des Pêches: Combien de phoques gris devraient être capturés sur une période de cinq ans pour diminuer de manière notable la mortalité naturelle de la morue du sud du golfe et d'autres stocks de morues sujets à une mortalité naturelle élevée? Quelles seraient les réponses de l'écosystème (par ex.: abondance des autres prédateurs et des proies) en cas de captures ciblées de phoques gris, particulièrement dans le cas où ces captures auraient des répercussions sur le rétablissement de la morue?

Afin de mettre l'atelier sur pied, le ministère a créé, en février 2010, un comité directeur dont le but était de définir des objectifs ainsi que le temps nécessaire à préparer et revoir le matériel. Le comité directeur a reconnu l'importance d'inclure l'industrie, les organisations non gouvernementales, le milieu universitaire et l'expertise d'autres pays lors de cet atelier. Les questions suivantes ont été abordées lors de l'atelier:

- 1) Preuves directes de la consommation de morues par les phoques gris
- 2) Preuves indirectes de la consommation de morues par les phoques gris
- 3) Baisse minimale de la mortalité naturelle permettant de rétablir les populations de morues aux niveaux de référence

- 4) Changements concernant l'abondance, la distribution et l'écologie des phoques gris
- 5) Scénarios de réduction du nombre de phoques gris permettant le rétablissement des populations de morues
- 6) Exemples de programmes de contrôle des grands prédateurs marins dans d'autres régions du monde
- 7) Projet d'un essai contrôlé permettant d'évaluer les répercussions de la capture ciblée de phoques gris sur la mortalité des morues du sud du golfe

Une mise en contexte contenant des informations pertinentes pour la tenue de l'atelier a été fournie pour la population de phoques gris, les stocks de morue franche considérés et les trois écosystèmes où ces espèces coexistent.

Les écosystèmes

Sud du golfe du Saint-Laurent - 4T

Le sud du golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest – OPANO) est une mer semi-fermée, peu profonde s'étendant sur une région de 80 000 km². Les eaux de ruissellement du fleuve Saint-Laurent apportent dans le système des quantités importantes de nutriments qui forment un gradient de l'estuaire jusqu'au sud du golfe. L'été, on trouve trois couches d'eau dans le sud du golfe: une couche chaude de surface jusqu'à une profondeur de 30 m, une couche intermédiaire froide située à des profondeurs comprises entre 30 et 100 m et une couche profonde légèrement plus chaude. La couche intermédiaire froide tapisse le fond d'une grande partie des eaux peu profondes du sud du golfe. L'hiver, la couche de surface refroidit et la région est généralement recouverte de glace. La communauté des poissons démersaux était dominée dans le passé par de grandes populations de morues franches et de plies canadiennes alors que les harengs et les maquereaux dominaient le système pélagique. Le crabe des neiges et le homard sont abondants dans le sud du golfe. La majorité des espèces de poissons de grande taille migrent de manière à éviter les froides températures hivernales, soit en quittant complètement le golfe, soit en allant vers des eaux plus profondes et légèrement plus chaudes au sein du chenal Laurentien. Un changement spectaculaire de composition de la communauté de poissons a eu lieu au début des années 1990 et a été marqué par le déclin drastique de la biomasse des poissons démersaux de grande taille et l'augmentation de la biomasse de poissons de petite taille. Le changement initial de la composition de la communauté semble être le reflet des conséquences directes et indirectes de la surpêche, mais la persistance du phénomène, malgré des réductions considérables des efforts de pêche au début des années 1990, doit être causée par d'autres facteurs.

Est du plateau néo-écossais - 4VsW

La partie orientale du plateau néo-écossais (division 4VsW de l'OPANO, voir la figure 1) est un large plateau continental creusé de bassins profonds bordés au large par de nombreux bancs de moindre profondeur. Il englobe une région d'environ 110 000 km² qui s'étend du chenal Laurentien au nord-est à une ligne partant d'Halifax vers le sud jusqu'à la limite du plateau. L'environnement physique de l'est du plateau néo-écossais est dicté par une topographie complexe et la proximité de courants océaniques importants. La communauté de poissons était composée de grandes populations de poissons de fond telles que la morue, l'aiglefin, la plie, le merlu argenté et la merluche, mais plusieurs analyses montrent que la structure démographique de l'écosystème de 4VsW a été profondément modifiée dans les années 1980, avec le déclin historique de la biomasse de la plupart des poissons de fond, dont la morue, en même temps que l'augmentation exponentielle des phoques gris et celle d'espèces fourragères telles que la crevette et le lançon (d'après les augmentations observées dans les estimations d'abondance et d'aire d'occupation issues des relevés menés par les navires de recherche, bien qu'il ait été

montré que la distribution verticale des organismes pélagiques est fortement susceptible de changer, ce qui influe sur leur capturabilité) et d'autres invertébrés tels que le crabe des neiges, les mollusques bivalves et le homard. Le déclin de la biomasse des poissons de fond a été accompagné de la diminution à grande échelle de la structure d'âge et de taille et une moins bonne condition des individus dans de nombreuses populations de poissons. On a observé une baisse sur le long terme du nombre de poissons de grande taille ainsi qu'une diminution du poids moyen de chaque individu.

Partie sud-ouest du plateau néo-écossais - 4X

La partie sud-ouest du plateau néo-écossais (division 4X de l'OPANO, voir la figure 1) s'étend au sud-ouest de la ligne passant par Halifax jusque dans la baie de Fundy; elle est contiguë au golfe du Maine et au Banc de Georges dans les eaux américaines et couvre une région d'environ 80 000 km². Les profonds bassins du centre du plateau sont directement influencés par les eaux du talus, dont les propriétés sont déterminées par les interactions entre le courant du Labrador venant du nord et le Gulf Stream venant du sud. Par conséquent, les parties centrales et occidentales du plateau néo-écossais sont généralement plus chaudes que la partie orientale. La caractéristique principale de la baie de Fundy est l'amplitude des marées qui va d'une hauteur moyenne de 6 mètres (maximum de 8 m) dans la partie externe de la baie à 11,9 m (maximum de 16 m) dans la partie interne, ce qui représente la plus haute amplitude à l'échelle mondiale. L'historique de l'exploitation de cette région est semblable à celui de la partie orientale du plateau néo-écossais, mais le déclin des stocks de poissons de fond y a été moins important qu'en 4X. Cependant l'abondance de plusieurs espèces, dont la morue, est à un bas niveau et le taux de mortalité reste élevé. Les populations d'autres espèces telles que les aiguillats, les sébastes et les plies rouges ont augmenté tandis que d'autres (par ex.: la chèvre impériale) ont migré des eaux profondes vers le plateau. On a observé une baisse sur le long terme du nombre de poissons de grande taille ainsi qu'une diminution du poids moyen de chaque individu. On observe aussi des détériorations de la condition et des baisses du taux de croissance chez certains poissons de fond en 4X similaires à celles observées en 4VsW.

La population de phoques gris

À fins de gestion, le phoque gris canadien forme une seule population divisée en trois groupes selon les lieux de concentration (colonies ou troupeaux) des animaux lors de la reproduction: l'île de Sable, le golfe du Saint-Laurent (Golfe) et les éléments de la côte est. En dehors de la saison de reproduction, on observe des chevauchements des patrons de distribution des animaux des différentes colonies.

La population de phoques gris du Canada atlantique a augmenté ces cinquante dernières années et est passée d'environ 13 000 animaux en 1960 à entre 330 000 et 410 000 individus en 2010. On trouve d'autres phoques gris au nord-est des États-Unis, région où ils ont établi de nouvelles colonies de reproduction. Les raisons d'un tel rétablissement ne sont pas bien comprises, mais résultent probablement de l'amélioration des conditions au sein de l'habitat de reproduction et de la diminution des captures. La baisse du nombre de prédateurs de phoques (requins et orques) a aussi sûrement joué un rôle en faveur de ce rétablissement sans en être cependant une cause importante.

Il est probable que l'amélioration des conditions de reproduction dans le sud du golfe soit liée aux changements des conditions de glace. D'abord, la Chaussée de Canso, reliant l'île du Cap Breton au continent en Nouvelle-Ecosse, fut construite au milieu des années 1950. Avant la construction de la chaussée, la glace dérivait dans le détroit au-delà de Port Hawkesbury jusqu'à l'Atlantique où elle était rapidement détruite, ce qui résultait en une mortalité élevée parmi les jeunes phoques. La construction de la chaussée a bloqué la voie de sortie de la glace

de cette région, la forçant à se déplacer vers le nord et autour de l'île du Cap Breton, créant ainsi un amoncellement dans le détroit de Canso et la baie de St-Georges et augmentant la disponibilité d'habitats de mise bas pour les troupeaux de phoques gris du golfe. Ce changement aurait donc permis la formation de glace stable plus tôt dans la saison dans ces régions du sud du golfe. Ces dix dernières années ont vu une baisse générale de la qualité et de l'étendue de la couverture de glace dans le sud du golfe. Conséquence de ces mauvaises conditions de glace, une proportion croissante des mises bas a lieu sur les îles. Les phoques gris occupent tout au long de l'année les îles les plus éloignées de la côte et choisissent d'y mettre bas car il y a moins d'habitants et soit les animaux sont rarement dérangés (par ex.: l'île d'Anticosti, le Corps-Mort), soit les perturbations y sont vraiment bénignes (île de Sable, île Pictou). Les changements des conditions de glace n'expliquent pas l'augmentation des mises bas au sein du troupeau de l'île de Sable.

Tous troupeaux confondus, la réduction des programmes de primes et d'abattage sélectif, la limitation de la chasse commerciale et un changement de comportement de la part des humains (moins de propension à tirer sur les phoques en général), ont aussi vraisemblablement favorisé le rétablissement des stocks de phoques gris.

L'abondance totale de phoques gris est estimée en utilisant un modèle de population qui inclut les estimations du nombre de mises bas, obtenues à partir de décomptes directs ou de relevés (tableau 1), d'informations sur la fécondité (tableau 2), des captures (tableau 3) et de la mortalité des jeunes phoques de l'année liée aux conditions de glace. Le modèle est ajusté aux estimations indépendantes des chiffres de mise bas pour chaque troupeau en faisant jouer la taille de la population de départ et la mortalité des adultes. On a supposé que les taux de reproduction n'ont pas changé et que la mortalité naturelle des femelles est la même pour tous les troupeaux: $M = 0,05$. On a considéré que la mortalité des mâles était la même que celle des femelles jusqu'à l'âge de 9 ans et qu'elle doublait pour les animaux de 10 ans et plus. On a supposé qu'il y avait un phénomène de densité-dépendance pour le troupeau de l'île de Sable et qu'elle jouait un rôle à la fois sur le nombre de naissances de petits et sur la mortalité des jeunes dans leur première année. Le coefficient représentant la force de la densité-dépendance a été établi à 2,4 et la capacité limite à 600 000 individus avec un coefficient de variation (CV) de 10%.

L'ajustement du modèle aux données d'études du golfe était de très faible qualité. Les relevés concernant ce troupeau sont compliqués par une longue saison de mise bas et la mauvaise capacité d'adaptation des mères phoques gris et de leurs jeunes à des glaces fragiles. Les phoques gris semblent aussi mal adaptés à l'exposition aux eaux froides lors de la première mue (stade brasseur), ce qui laisse penser que la mise bas sur la glace est davantage signe de la flexibilité de cet animal à s'ajuster aux conditions environnementales, plutôt qu'une preuve de son évolution sur le long terme dans cet environnement. Une relation positive a été observée entre les bonnes conditions de glace et le nombre de mises bas.

La population de phoques gris du Canada atlantique est vraisemblablement 30 fois plus nombreuse que dans les années 1960, si on se base sur les décomptes de nouveaux-nés et les modèles actuels (figure 2). La population actuelle, comprise entre 330 000 et 410 000 individus, est sans doute la plus nombreuse depuis plus de 200 ans.

La projection de l'abondance future de la population de phoques gris est très incertaine. Le nombre de mises bas de la population du golfe est très variable, ce qui est peut-être dû aux conditions de glace. De plus, il n'y a pas d'indices probants de densité-dépendance. En ce qui concerne le troupeau de l'île de Sable, on commence à peine à voir apparaître des signes de densité-dépendance, en se basant sur les estimations d'abondance des petits de 2007 et 2010. L'abondance des phoques gris dans les régions côtières de la Nouvelle-Écosse (4VWX) et le

golfe du Maine semble augmenter. Ces tendances suggèrent que les projections sur l'abondance des phoques gris après 2020 sont hautement spéculatives.

Tableau 1. Estimations du nombre de mises bas dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Troupeaux de l'île de Sable et de la côte est. Aucune estimation de l'erreur type (ET) n'est disponible pour les études les plus anciennes (pour lesquelles l'erreur type a été considérée comme égale à la valeur estimée).

	Sud du golfe		Île de Sable		Partie orientale	
	Estimation	ET	Estimation	ET	Estimation	ET
1962					130	200 ¹
1963			400	400 ¹	180	200 ¹
1964			550	550 ¹	190	200 ¹
1965			660	660 ¹	230	200 ¹
1966	900	500 ¹			180	200 ¹
1967			580	580 ¹	270	200 ¹
1968			700	700 ¹		
1969			800	800 ¹		
1970			800	800 ¹	100	200 ¹
1971			1000	1000 ¹	130	200 ¹
1972			950	950 ¹		
1973			1200	1200 ¹		
1974			1250	1250 ¹	135	200 ¹
1975	3800	3800 ¹			180	200 ¹
1976			2000	2000 ¹	130	200 ¹
1977	3900	3900 ¹	2181	173		
1978			2687	192		
1979			2933	201		
1980			3344	214		
1981			3143	208		
1982			4489	248		
1983			5435	273		
1984	7169	911	5856	283	142	200 ¹
1985	6706	795	5606	277	135	200 ¹
1986	5588	679	6301	294	151	200 ¹
1987			7391	318	179	200 ¹
1988			8593	343		
1989	9352	1756	9712	365	179	200 ¹
1990	9176	649	10451	575		
1993			15500	463		
1996	10717	1306			395	74
1997	6839	800	25400	750	1061	121
2000	5260	910			799	105
2004	14210	1200	41100	4381	2469	76
2007	11413	1077	54482	1288	3017	40
2010	11329	6442	62,054	587	2,960	236

Tableau 2. Taux de reproduction selon l'âge des phoques gris du golfe utilisés dans le modèle (ET=erreur type).

Âge	Estimation	ET
4	0.167	0.051
5	0.607	0.082
6	0.849	0.037
7	0.906	0.018
8	0.888	0.021

Tableau 3. Captures de phoques gris du golfe du Saint-Laurent.

Année	Total Sable	Total Golfe	Total Est	Année	Total Sable	Total Golfe	Total Est
1960	0	0	0				
1961	0	0	0	1986	0	812	0
1962	0	0	0	1987	0	1298	0
1963	0	0	293	1988	46	767	0
1964	0	0	6	1989	477	1883	24
1965	0	0	1	1990	197	152	9
1966	0	0	0	1991	0	50	0
1967	0	0	229	1992	6	310	0
1968	0	0	256	1993	0	56	0
1969	0	644	136	1994	0	89	0
1970	45	92	575	1995	0	55	0
1971	13	406	479	1996	24	83	6
1972	0	271	440	1997	7	75	0
1973	0	166	467	1998	0	70	0
1974	2	636	533	1999	1849	119	0
1975	22	1686	599	2000	1967	139	82
1976	9	96	546	2001	2054	89	1301
1977	69	981	407	2002	2204	150	0
1978	0	324	380	2003	2346	63	0
1979	0	414	314	2004	3002	143	0
1980	0	1330	326	2005	3105	591	494
1981	69	1794	278	2006	3437	1055	830
1982	0	2040	387	2007	3373	966	868
1983	214	2547	394	2008	3334	210	1261
1984	20	243	114	2009	3381	0	263
1985	0	254	0	2010	2933	83	0

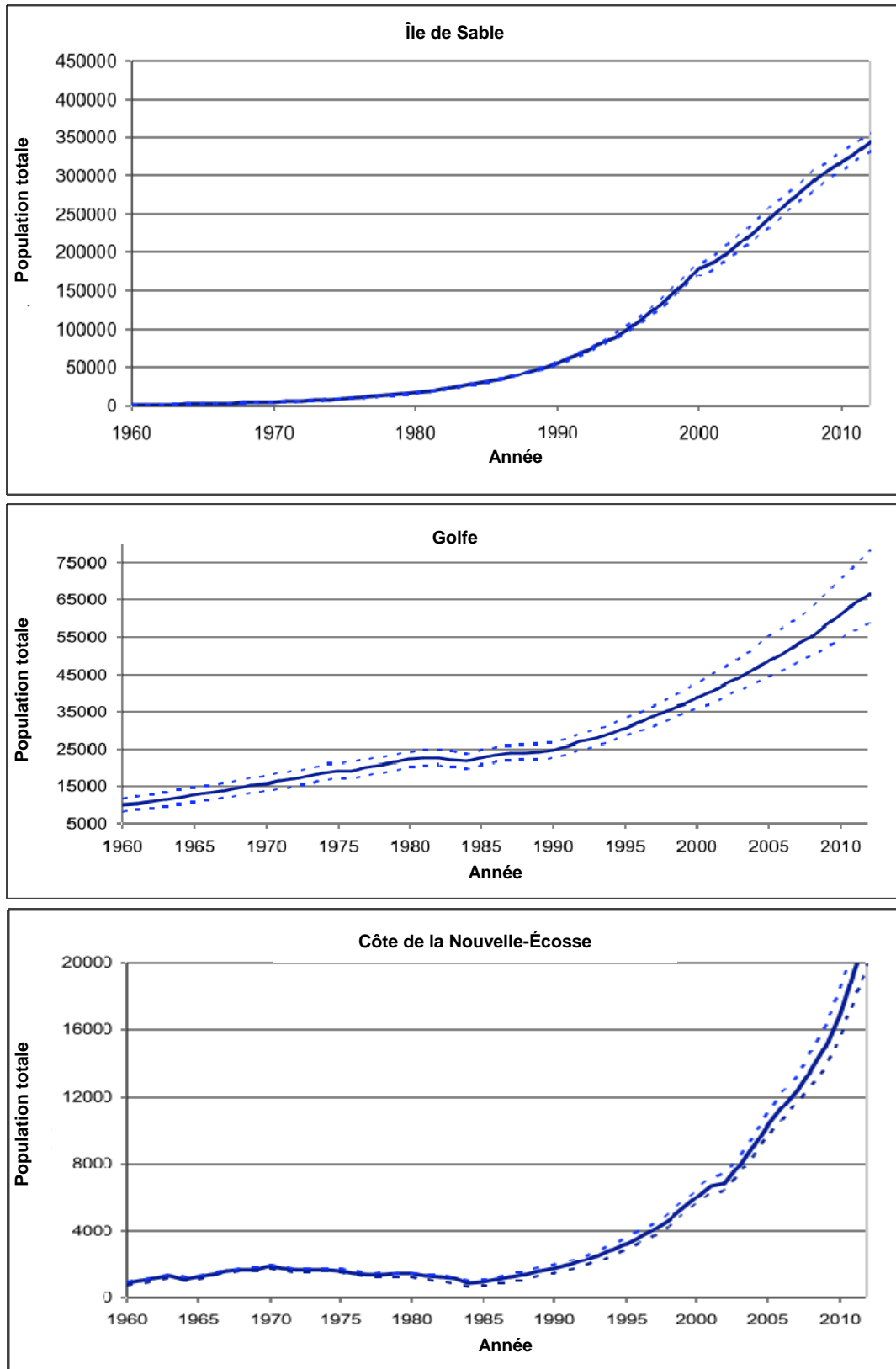


Figure 2. Trajectoires (moyenne \pm intervalle de confiance à 95%) de la population totale pour les trois troupeaux de l'est du Canada.

Les stocks de morue franche en 4TVn, 4VsW et 4X

Morue du sud du golfe du Saint-Laurent (4TVn)

La population de morue du sud du golfe du Saint-Laurent est un stock migrateur, qui hiverne le long du talus du chenal Laurentien dans la région du détroit de Cabot (sous-division 4Vn de l'OPANO). Elle migre au printemps (avril-mai) jusque dans le sud du GSL pour frayer et se disperse ensuite dans toute la région pour s'alimenter avant de retourner vers les aires d'hivernage à la fin de l'automne.

Les tendances de l'abondance relative de ce stock sont suivies par des relevés annuels au chalut de fond. Des informations supplémentaires sur l'abondance relative sont obtenues grâce aux taux de capture des pêcheries commerciales (avant 1993) ainsi que plusieurs relevés menés en collaboration avec l'industrie de la pêche (depuis 1995). L'utilisation de modèles de population intégrant les données sur les prises selon l'âge ainsi que les valeurs estimées ou supposées de la mortalité naturelle (M) permettent de transformer ces indices d'abondance relative en valeurs d'abondance absolue. La dernière évaluation de ce stock (février 2009) a été effectuée en utilisant un modèle de population où la valeur de M était la même pour toutes les classes d'âge de 2 ans et plus (2+). Le modèle d'évaluation a supposé que la valeur de M des 2+ était 0,2 dans les années 1970 et a estimé M en blocs de plusieurs années pour la période après 1970. Les recherches menées depuis cette analyse ont montré que les tendances diffèrent entre la jeune morue (2-4 ans) et la morue plus âgée (5 ans et plus). Les modèles qui incluent des tendances séparées pour la mortalité naturelle des jeunes morues et celle des plus âgées sont bien mieux ajustés aux indices d'abondance de ce stock. C'est un de ces modèles qui a été choisi pour fournir l'avis scientifique lors de cet atelier. Pour les années 1971-1976, ce modèle fixait M à 0,1 pour les morues âgées de 5 ans et plus (selon les résultats d'études précédentes) et à 0,5 pour les morues plus jeunes. Ensuite, le modèle a évalué M pour les blocs d'années ultérieures, et ce séparément pour les deux groupes d'âge. Les coefficients de variation de ce modèle pour les estimations d'abondance au début de 2010 sont de 45% pour les individus de 3 ans, 32 % pour ceux de 4 ans, 29% pour 5 ans et 20-24% pour les individus plus âgés. Les résultats de ce modèle pour 2009 sont:

Groupe d'âge (années)	biomasse à mi-année (t)	Mortalité naturelle (M)	Perte de biomasse de morue due à M
2-4	33 872	0,28 ± 0,126 SE	9 544
5+	35 017	0,63 ± 0,038 SE	22 384

Les débarquements de morues du sud du GSL ont considérablement augmenté suite à l'introduction des chaluts à panneaux à la fin des années 1940. Le taux d'exploitation du stock a augmenté du début des années 1950 au milieu des années 1970 (figure 3). La biomasse du stock a décliné pendant cette période d'exploitation intense (figure 4). La biomasse de la morue s'est rétablie rapidement à la fin des années 1970 malgré la poursuite de la pêche. Elle a ensuite brusquement diminué au début des années 1990. La pêche ciblée a été arrêtée en septembre 1993 et l'effort de pêche est resté particulièrement bas depuis. Malgré une mortalité due à la pêche très basse, la biomasse de la morue a continué à baisser tout au long des années 1990 et 2000. Le contraste frappant entre le rétablissement rapide de la fin des années 1970 malgré la poursuite de la pêche et l'absence de rétablissement dans les années 1990 et 2000 malgré les restrictions importantes sur la pêche est le signe d'un déclin important de la productivité de cette ressource entre les années 1970 et 1990. Toutes les composantes de la production (le recrutement, la croissance individuelle et la mortalité naturelle) jouent un rôle dans le déclin de la productivité. Cependant, le facteur le plus important lors du rétablissement rapide des années 1970 a été un recrutement particulièrement élevé, alors que, lors de

l'absence de rétablissement dans les années 1990 et 2000, c'est la mortalité naturelle inhabituellement élevée qui a été le facteur principal. On suppose que le fort recrutement observé entre le milieu des années 1970 et le début des années 1980 était le résultat de l'abondance particulièrement faible des poissons pélagiques (hareng et maquereau) à cette période. Le hareng et le maquereau sont des prédateurs potentiels des oeufs et des larves de morues. La biomasse du hareng dans le sud du golfe est à un niveau relativement élevé depuis le milieu des années 1980. Les causes potentielles de la mortalité naturelle élevée des années 1990 et 2000 sont analysées ci-dessous. Si les conditions actuelles de basse productivité persistaient, le stock continuerait de baisser, même sans pêche. La pêche ciblée concernant ce stock a été arrêtée en 2009 et 2010.

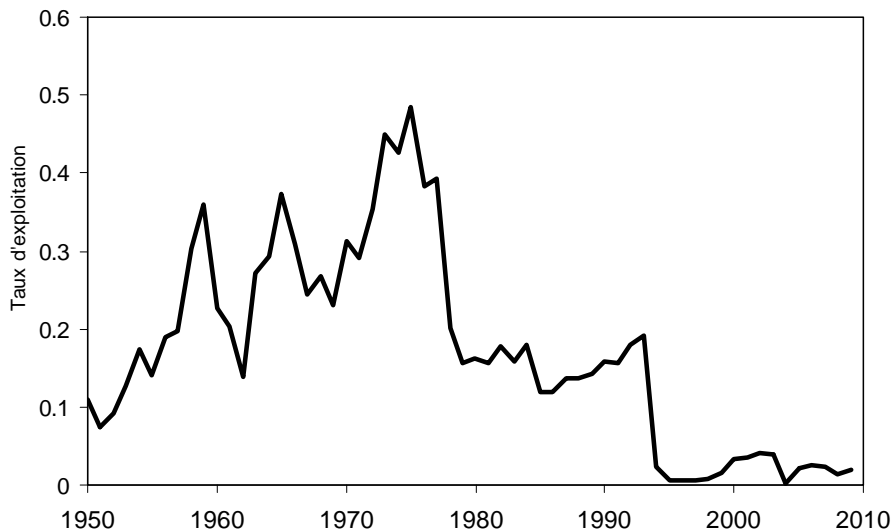


Figure 3. Estimation du taux d'exploitation pour la morue du sud du GSL (5 ans et plus).

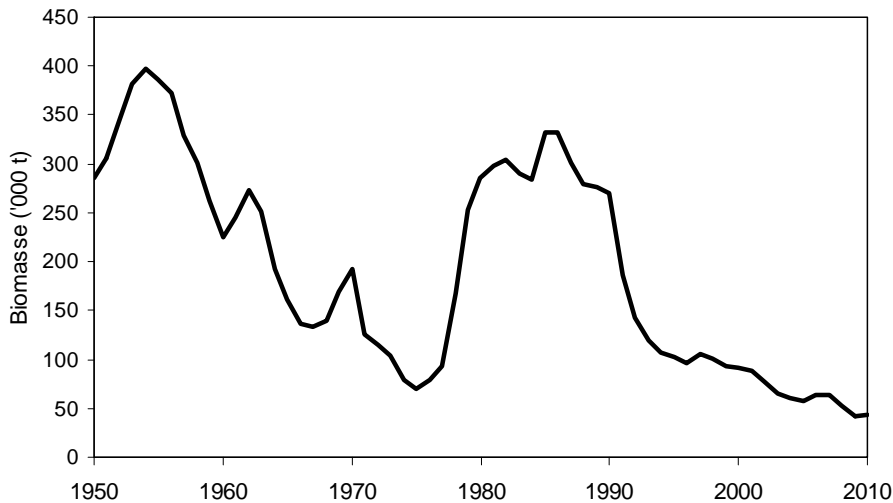


Figure 4. Estimation de la biomasse du stock de morue du sud du GSL (5 ans et plus).

Morue de l'est du plateau néo-écossais (4VsW)

La dernière évaluation de ce stock par le SCCS (MPO, 2003) suggérait que la mortalité naturelle des adultes comme des juvéniles était extrêmement élevée et qu'il n'y avait aucune indication d'un éventuel rétablissement du stock. Depuis, plusieurs analyses ont été menées afin de modéliser la dynamique de population de la morue en 4VsW (par ex.: Trzcinski et al, 2006; 2009). Les estimations actuelles (2009) de la biomasse, de la mortalité naturelle et de la perte de la biomasse de la morue due à M sont représentées dans le tableau ci-dessous. L'amplitude des gammes de valeurs reflète l'incertitude des estimations dues à l'emploi de présuppositions différentes lors de la modélisation.

Longueur	biomasse à mi-année (t)	Mortalité naturelle (M)	Perte de la biomasse de la morue due à M
<35cm	15 200 – 83 700	0,2 – 0,8	3 500 – 52 600
>35cm	13 600 – 68 200	0,2 – 0,7	10 300 – 18 800

Morue du sud-ouest du plateau néo-écossais (4X)

La conclusion de la dernière évaluation du SCCS pour le stock 4X (février 2009) était que la mortalité naturelle n'avait pas évolué pour les morues de petite taille (d'âge <4) mais qu'elle avait augmenté de 0,2 à 0,7 pour les morues de grande taille depuis le milieu des années 1990. Si les patrons actuels de productivité persistent, le stock pourrait augmenter lentement aux niveaux de pêche actuelles (TAC en 2009 = 3 000t). S'il n'y a pas de diminution de la mortalité naturelle, il est peu probable que la biomasse du stock de géniteurs atteigne le niveau de référence de 25 000 t.

Longueur	biomasse à mi-année (t)	Mortalité naturelle (M)	Perte de la biomasse de la morue due à M
<35cm	500	0,2	160
>35cm	10 000	0,7	4 000

ÉVALUATION**1. Preuve directe de la consommation de morues par les phoques gris**1.1 Quelles sont les estimations des régimes alimentaires des phoques gris?

Les phoques sont des prédateurs généralistes qui consomment un grand éventail d'espèces de poissons ainsi que quelques espèces d'invertébrés. Leur régime alimentaire est influencé par de nombreux facteurs dont le sexe et l'âge. De plus, il varie selon les variations saisonnières et géographiques d'abondance et de distribution de leurs proies. Un rapport sur le régime alimentaire des phoques gris dans l'Atlantique nord-est et nord-ouest a montré que la morue en fait communément partie.

Ces régimes alimentaires ont été estimés à partir des contenus stomacaux (Estomac), intestinaux (Intestin), d'échantillons de fèces (Fèces) et de la signature d'acides gras obtenue à partir du gras des phoques (AG) (tableau 4).

Tableau 4. Disponibilité des données sur le régime alimentaire des phoques gris. NR indique que les données ne sont pas requises pour estimer la consommation de morues. Les éléments pour lesquels les données ne sont pas disponibles sont indiqués par X.

	janv-avril	mai-juin	juil-oct	nov-déc
Sud du golfe				
4Vn	Estomac Intestin	NR	NR	X
Eaux côtières 4T	Estomac Intestin	Estomac Intestin	Estomac Intestin	Estomac Intestin
Eaux du large 4T	X	X	X	X
Plateau néo-écossais				
Eaux côtières	AG	AG	Estomac, AG	Estomac, AG
Eaux du large	AG	AG	AG	AG
Île de Sable	Estomac, AG	Estomac, AG	Estomac, AG, Fèces	Estomac, AG, Fèces

Dans l'est du plateau néo-écossais, la composition du régime alimentaire a été estimée principalement à partir d'analyses d'otolithes de poisson récupérés dans plus de 1 300 fèces et à partir de la composition en acides gras d'environ 740 échantillons de lard. Des espèces de proies similaires (> 30 espèces) ont été détectées par les deux méthodes mais la contribution estimée de chaque proie au régime alimentaire diffère. Une des raisons expliquant cette différence est que les acides gras représentent l'alimentation ayant eu lieu au cours de plusieurs semaines ou plusieurs mois alors que les fèces ne sont représentatives que des derniers repas. Selon toutes les méthodes, le lançon est une proie dominante dans le régime alimentaire du phoque gris du plateau néo-écossais. D'autres espèces telles que des poissons plats (par ex.: la plie canadienne), la morue, la goberge, le sébaste, le hareng, le capelan, le maquereau, les chabots, la raie, le merlu argenté et le calmar font partie des autres espèces consommées. L'importance relative de ces espèces dans le régime alimentaire des phoques varie selon la méthode utilisée.

La composition du régime alimentaire des phoques gris dans le sud du golfe du Saint-Laurent a été estimée grâce à l'analyse d'otolithes récupérés dans le système digestif de 470 individus. Quarante-six taxons de proies différents ont été identifiés. Les principales espèces de proies sont le lançon, le hareng, le merlu et la plie rouge. La morue est une proie importante pour les régions occidentales et orientales du golfe, mais elle ne représente qu'une proportion mineure des proies dans la région du détroit de Northumberland où elle est rarement présente. La diversité des régimes alimentaires est plus grande chez les phoques mâles que chez les femelles ou chez les jeunes de l'année (< 6 mois). Dans certaines régions, la morue constitue une proie importante pour les mâles, mais s'avère être une proie beaucoup moins importante pour les femelles.

Notre connaissance du régime alimentaire des phoques gris dans le golfe pendant l'hiver repose sur un échantillon unique de 100 individus recueillis entre les îles du Cap Breton et de Saint-Paul entre octobre et décembre 2008. De la nourriture était présente dans l'estomac de 50 de ces animaux; et les intestins de 91 individus contenaient des morceaux de proies. On considère que l'analyse des intestins est moins biaisée et donc plus apte à fournir une meilleure estimation du régime alimentaire que celle des estomacs. Les proies les plus fréquemment

présentes dans les intestins étaient les poissons plats. Le réajustement de ces données grâce à des facteurs de correction prenant en compte la sous-estimation de certaines espèces avec des otolithes petits et fragiles, donne un pourcentage de morue dans le régime alimentaire équivalant à 16,2% pour les phoques mâles et 2,6% pour les femelles. Si on inclut les otolithes répertoriés sous l'étiquette de poissons non-identifiés semblables à de la morue (qui proviendraient très vraisemblablement de morues franches), ces pourcentages augmentent et sont de 24,1% pour les phoques mâles et de 10,4% pour les femelles. Les contenus stomacaux des mâles et des femelles sont très différents. Les mâles (n=35) se nourrissent en priorité de morue franche, de hareng, de plie rouge, de merluche, de lançon et de capelan. Aucun échantillon de morue n'a été trouvé chez les femelles (n=15), qui se nourrissent principalement de hareng, de merluche et de poissons plats. Aucun ADN de morue n'a été trouvé dans les estomacs de phoques qui ne contenaient pas d'otolithes de morue, ce qui laisse supposer que si les phoques se nourrissent de parties molles de morues (c.-à-d. par le biais de morsures ventrales), ce comportement n'était pas fréquent dans cette région.

1.2 Quelles sont les estimations des proportions et de la distribution par taille des morues mangées par les phoques gris?

Le pourcentage moyen de morue présente dans les régimes alimentaires des phoques gris a été calculé pour les différents échantillons recueillis: les résultats sont rassemblés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5: Estimation du pourcentage de morue présente dans le régime alimentaire selon le poids, pour des échantillons recueillis dans des régions et à des saisons différentes. Les estimations concernant les mâles et les femelles sont présentées séparément. Aucun échantillon n'a été recueilli dans la région 4X.

Région	Année	Saison	Méthode	% Morue phoques mâles	% Morue phoques femelles
4Vn	2008	Oct-Déc	Intestin	24	10
4T (côtière)	1994-2008	Juin - Nov	Intestin	7	1
4VsW	1991-2010	Printemps, été, automne, hiver	Fèces	7	7
4VsW	1996-2005	Printemps, été, automne, hiver	Acides gras	2	2
4X	na	na	na	na	na

La majorité des études montre que lorsque les phoques se nourrissent de morue, ce sont principalement des morues de petite taille. Les otolithes recueillis dans les fèces, dans la région 4VsW, indiquent que les phoques gris consomment généralement de jeunes morues mesurant moins de 35 cm, mais que des individus plus âgés sont également consommés (figure 5). Ces échantillons correspondent au comportement d'approvisionnement aux environs de l'île de Sable, où les relevés au chalut effectués par le MPO montrent qu'on retrouve des morues de petite taille en plus grandes quantités que des morues de grande taille. Ainsi, il est probable que la composition par taille des morues présentes dans le régime alimentaire des phoques, dont l'analyse est faite grâce aux échantillons de fèces, soit biaisée. D'un autre côté, les analyses des acides gras suggèrent que les morues de plus de 35 cm de long contribuent davantage au régime alimentaire. La longueur moyenne des morues consommées par les phoques gris en 4T entre juin et novembre était de 23,8 cm (écart-type = 11,0, N=94), voir figure 6.

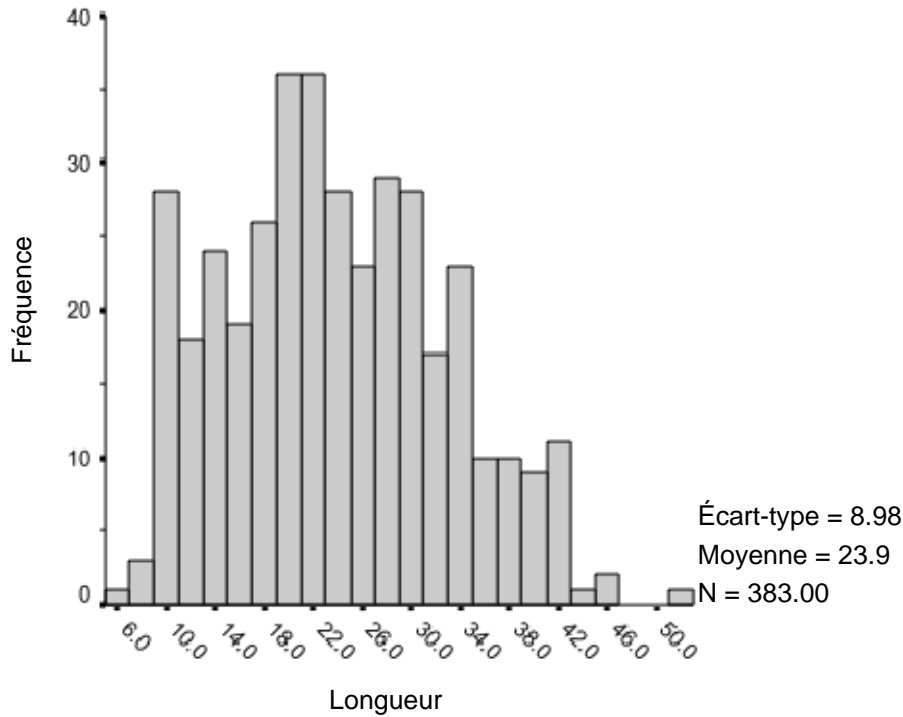


Figure 5. Longueur des morues franches consommées par les phoques gris en 4VsW, par intervalles de 2 cm, présentée comme fréquence d'occurrence.

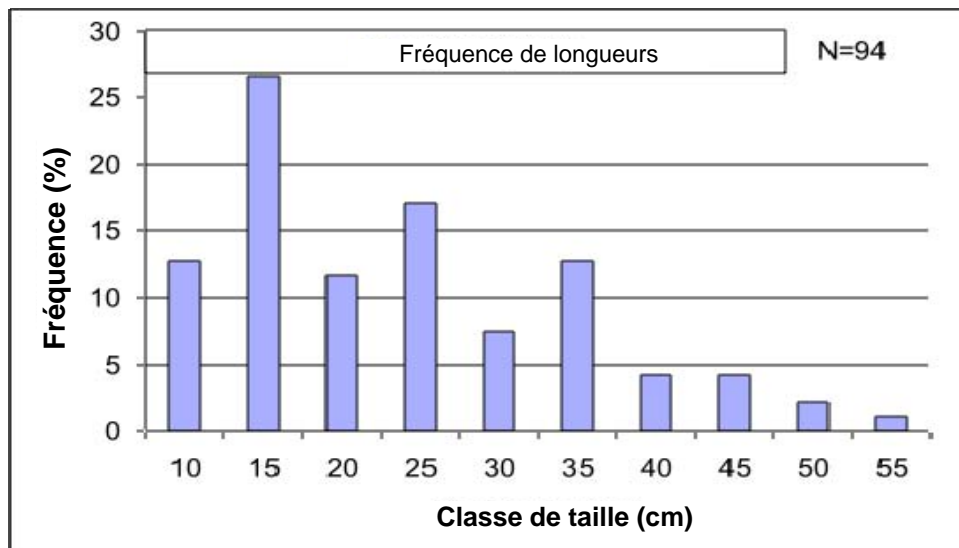


Figure 6. Longueur des morues consommées par les phoques gris dans le sud du golfe, présentée comme fréquence d'occurrence. La catégorie de longueur 10 cm inclut les poissons de taille entre 5 cm et 9,9 cm de long; la catégorie 15 cm inclut les poissons de 10 cm à 19,9 cm de long.

Selon un échantillon d'animaux recueilli sur une période de deux mois en 2008, les phoques gris du détroit de Cabot consomment pendant l'hiver des morues de plus grande taille que ce qui avait été observé lors d'autres études. D'après la taille des otolithes de morue récupérés dans les estomacs et les intestins, la longueur moyenne des morues consommées était de 38,6

cm (écart-type = 14,3 cm) et 58% des morues consommées était d'une la longueur supérieure à 35 cm (figure 7).

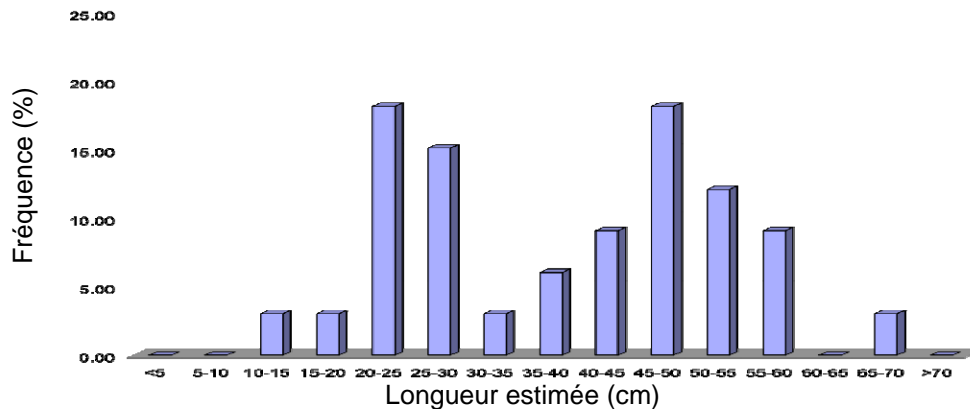


Figure 7. Longueur estimée des morues consommées par les phoques gris dans le détroit de Cabot, présentée comme fréquence d'occurrence.

La taille des morues consommées par les phoques a des implications importantes: elle permet d'estimer la mortalité due à la prédation par les phoques gris et en particulier d'expliquer le taux élevé de mortalité de la morue de grande taille (c.-à-d., >35 cm). Alors que la majorité des études montre que les phoques gris se nourrissent principalement de morues de petite taille, les études concernant le golfe et le détroit de Cabot montrent que les morues de grande taille sont elles aussi consommées et pourraient être sélectionnées de préférence. Si les phoques gris préfèrent les morues de grande taille, c'est-à-dire si on retrouve des morues de grande taille dans leur régime alimentaire dans une plus grande proportion que celle à laquelle on pourrait s'attendre si on ne se basait que sur l'abondance relative des différentes tailles de morues là où les phoques s'alimentent, alors il est plus probable qu'ils soient responsables de la mortalité naturelle élevée de la morue de grande taille. L'estimation du régime alimentaire pour le détroit de Cabot suggère que les morues de grande taille sont choisies préférentiellement lors des concentrations d'hivernage. De plus, la composition en taille des morues consommées et retrouvées dans les échantillons de régime alimentaire de l'été est très proche de la distribution des tailles de la partie de la population mesurant de 15 à 65 cm de long (figure 8). Cette observation peut être interprétée comme une indication du fait que les phoques gris consomment des morues de tailles différentes en proportion de leur disponibilité. Cependant, il est difficile d'interpréter ces échantillons de régimes alimentaires car ils proviennent de régions d'approvisionnement côtières où la proportion de morues de grande taille (>35 cm) est moindre que dans la population en entier, ce qui suggère une prédation sélective de la morue de plus grande taille qui y est moins disponible. Néanmoins, on ne dispose pas actuellement d'estimations quantitatives de la sélection par la taille lors de la prédation de la morue par les phoques. En effet, la composition en taille des morues n'a pas encore été estimée aux échelles spatiales et temporelles utilisées par les phoques gris en approvisionnement.

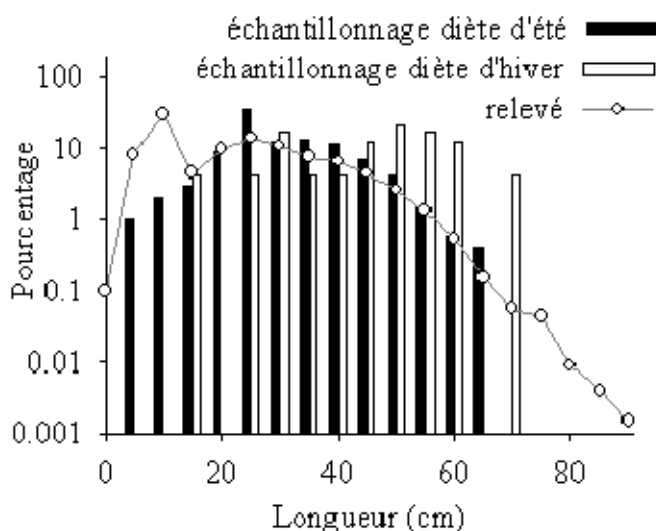


Figure 8. Fréquence des longueurs des morues du sud du GSL dans la population de 2005 et longueur des morues issues des échantillons de régime alimentaire des phoques gris au printemps/été et en hiver. La distribution des longueurs est basée sur les estimés provenant du relevé annuel de septembre, corrigés pour prendre en compte la capturabilité. Notez que l'axe des ordonnées est une échelle logarithmique.

1.3 Quelles sont les sources possibles de biais et d'incertitude dans les estimations des régimes alimentaires des phoques gris?

1.3.1 Analyse de parties dures

Les points suivants font la liste des présuppositions nécessaires pour utiliser les otolithes provenant des fèces, des intestins et des estomacs afin d'estimer le régime alimentaire. Le non-respect de ces hypothèses pourrait introduire des biais dans l'analyse.

1.3.1.1 Les fèces ou les contenus gastro-intestinaux (GI) doivent être représentatifs du régime alimentaire de la population

Si l'approvisionnement a lieu suffisamment loin des sites où les échantillons de phoques sont prélevés, de sorte que les restes sont déféqués dans la mer, il est possible que les régimes alimentaires déterminés à partir de ces échantillons ne soient pas représentatifs du régime et qu'un biais en résulte. Un biais peut aussi apparaître si les échantillons ne sont pas représentatifs des distributions par âge et par sexe de la population de phoques. La collecte et l'analyse d'échantillons doit être stratifiée par saison et par région, de manière à prendre en compte cette source de variation. Notons que les régimes alimentaires étant exprimés sous forme de pourcentages, la sous-estimation de l'une des espèces de proie impliquera la surestimation de toutes les autres.

1.3.1.2 Les restes de proies dans les échantillons doivent être représentatifs des proies consommées

Afin d'éviter les biais, il faut que toute proie consommée laisse des restes récupérables. Les biais peuvent être causés par de "fausses absences" si les proies n'ont pas d'otolithes ou d'autres parties dures récupérables (par ex.: les poissons cartilagineux), si les phoques consomment des poissons sans manger la tête ou si les parties dures sont petites et fragiles et

ne peuvent pas être identifiées. Bien que certains otolithes récupérés peuvent provenir de proies secondaires, on pense que cette source de biais n'est pas importante. Les processus de digestion et de rétention d'otolithes dans les estomacs varient selon les espèces de proies et les restes récupérés peuvent ne pas être représentatifs de la proie ingérée. Par exemple, des morceaux d'otolithes plus gros et plus robustes ou d'autres parties dures peuvent être retenues dans l'estomac alors que d'autres morceaux d'otolithes plus petits et plus fragiles peuvent être digérés ou passer dans l'appareil digestif plus rapidement. En règle générale, il est plus probable que les otolithes robustes et de grande taille soient surreprésentés par rapport aux petits otolithes, ce qui cause des biais. Finalement, si les proies sont digérées et quittent l'estomac à des rythmes différents, alors les contenus stomacaux fortement digérés pourraient ne pas être le reflet complet du régime alimentaire. La gravité de ce problème lors de l'examen des intestins n'est pas évidente. En ce qui concerne les fèces, si l'échantillonnage est adéquat, les variations entre les différents temps de rétention ne devraient pas poser de problème.

1.3.1.3 Mesures des restes de proies

Tous les restes de proies pertinents doivent être récupérés, identifiés et mesurés correctement afin d'éviter les biais. La taille des proies risque d'être sous-estimée si la digestion partielle ou complète des otolithes n'est pas prise en compte lors de l'examen d'échantillons provenant de l'estomac, des intestins ou des fèces: l'estimation de la composition du régime alimentaire pourrait alors être biaisée. S'ils sont disponibles, des coefficients de digestion spécifiques à chaque espèce, et idéalement à chaque stade de digestion, peuvent être utilisés pour corriger les mesures. À défaut, si on ne mesure que des otolithes non érodés, on peut présumer que leur taille est représentative des otolithes partiellement érodés de chaque espèce. Cependant, un degré avancé d'érosion peut être le signe d'otolithes qui étaient à l'origine plus petits en moyenne que les otolithes non érodés (c.-à-d. retenus plus longtemps dans l'estomac), ce qui créerait un biais dans les estimations en faveur de plus grandes longueurs de poisson.

Les otolithes sont parfois complètement digérés lors du passage dans l'intestin. Si l'on ne tient pas compte de ce phénomène, le nombre de morceaux de proie mangés sera sous-estimé. Tant que quelques otolithes d'une espèce en particulier subsistent, on peut appliquer aux échantillons des facteurs de correction spécifiques aux espèces. Si la digestion des contenus stomacaux est très avancée, des facteurs de correction pourraient être utilisés de manière similaire, bien que de tels facteurs spécifiques à l'estomac n'aient pas été développés.

On considère ici que les coefficients de digestion et les facteurs de correction, qui sont estimés lors des études en laboratoire, sont représentatifs des échantillons issus des animaux sauvages. Cependant, ces valeurs ne proviennent que de quelques études et sont disponibles pour quelques espèces seulement. Par conséquent, il est nécessaire de supposer que les facteurs de correction peuvent s'appliquer aux espèces qui n'ont pas été examinées. Les coefficients spécifiques aux stades d'érosion permettent une meilleure extrapolation que des valeurs uniques car il est peu probable que les études en laboratoire reflètent fidèlement les conditions de la vie sauvage.

1.3.2 Analyses d'acides gras

La liste suivante répertorie les présuppositions nécessaires à l'utilisation des acides gras pour estimer le régime alimentaire; leur non-respect peut induire des biais.

1.3.2.1 Les espèces de proies doivent avoir des signatures d'acides gras distinctes

À ce jour, la majorité des proies semblent avoir des signatures en acides gras distinctes. Cependant, des espèces de proies sans signature distincte ne peuvent pas être estimées de

manière fiable et pourraient produire des résultats en faux positif ou en faux négatif. L'analyse chimique d'un grand nombre de proies doit avoir été effectuée afin d'obtenir la composition en acides gras de chaque espèce ainsi que sa variabilité intra-espèce. Les proies non incluses dans le modèle ne peuvent être estimées. Par conséquent, il est important d'échantillonner de manière adéquate les espèces de proies de l'écosystème étudié.

1.3.2.2 Les coefficients de calibration doivent être déterminés au moyen d'expériences

Les coefficients de calibration permettent de tenir compte des différences de métabolisme des acides gras des proies. Ces différences influent sur le dépôt dans les réserves de graisse des prédateurs telles que la couche de gras. Les estimations de régimes alimentaires sont sensibles à l'utilisation de ces coefficients et les meilleurs résultats sont obtenus en utilisant des coefficients spécifiques aux espèces, lorsqu'ils sont disponibles. L'utilisation du mauvais coefficient peut mener à des erreurs lors de l'estimation du régime.

1.3.2.3 Contenu du gras des espèces de proies

Les estimations du régime alimentaire dépendent de l'estimation de la teneur en matières grasses des proies. Cette teneur en gras détermine la pondération donnée aux différentes espèces de proies. La variabilité de la teneur en gras des proies doit inclure les variations saisonnières.

1.3.2.4 Estimation de la composition des régimes alimentaires suivant l'analyse quantitative de la signature des acides gras (QFASA)

QFASA est un modèle statistique dont la limite est que le nombre d'espèces de proies utilisées dans le modèle ne peut être supérieur au nombre d'acides gras. Les acides gras dérivés uniquement ou principalement du régime alimentaire sont utilisés dans le modèle. Le choix des acides gras sélectionnés peut influencer l'estimation du régime alimentaire.

1.3.2.2 Temps d'intégration

Les acides gras sont représentatifs des aliments ingérés sur une période de plusieurs semaines, voire des mois. Cette méthode a l'avantage de renseigner sur les régimes alimentaires des phoques qui s'alimentent loin des aires d'échantillonnage. Cela peut cependant poser problème dans l'estimation des régimes alimentaires d'espèces fortement mobiles (telles que les phoques) au sein de petites régions spécifiques, car il se peut alors que l'estimation à partir des acides gras représente la combinaison d'événements d'alimentation ayant eu lieu au sein d'une zone géographique plus grande que celle étudiée.

1.3.3 Estimation de la consommation de la population

On utilise un modèle énergétique pour estimer les besoins caloriques quotidiens des phoques gris. Il faut éviter que les résultats obtenus par le modèle soient biaisés par : des différences en besoins énergétiques selon le sexe, l'âge et la saison; des différences saisonnières en termes de densité énergétique des proies; les estimations de la distribution saisonnière tenant compte des différences potentielles selon le sexe et l'âge; et, les régimes alimentaires pour chacune des composantes du modèle (âge, sexe, aire géographique et saison). De plus, les estimations concernant la taille de la population ne doivent pas être biaisées.

1.3.4 Incertitude

Le degré d'incertitude de chacune des composantes du modèle devrait, dans la mesure du possible, être pris en considération lors de l'estimation de la consommation totale. La liste ci-dessous décrit plusieurs manières de quantifier l'incertitude entourant les estimations du régime alimentaire et de la consommation des phoques gris:

- Lors de l'estimation de la composition du régime alimentaire à partir d'un échantillon (fèces ou contenu gastro-intestinal), on peut utiliser le rééchantillonnage paramétrique des coefficients de digestion, des facteurs de corrections et des coefficients des relations allométriques entre la taille des otolithes et la taille de la proie.
- Lorsque de nombreux échantillons (fèces ou contenu gastro-intestinal) sont disponibles, leur variabilité peut être estimée à l'aide des techniques de rééchantillonnage non-paramétrique.
- L'incertitude dans les estimations de la consommation par les individus peut-être estimée à l'aide d'un rééchantillonnage paramétrique des paramètres du modèle énergétique utilisé pour estimer les besoins calorifiques quotidiens.
- Dans les cas où les estimations du régime alimentaire sont utilisées pour calculer les besoins en nourriture la population de phoques toute entière, l'incertitude entourant l'estimation de la taille de la population doit aussi être prise en considération. Ceci implique peut-être d'envisager l'utilisation de modèles de population alternatifs, des techniques de sélection de modèle, et d'estimer les incertitudes caractérisant les paramètres de ces modèles.

1.4 Quel est le degrés de chevauchement spatial et temporel des phoques gris et de la morue et quelles sont les possibles sources de biais et d'incertitude affectant l'estimation de la distribution saisonnière des populations de phoques gris et de morues?

Le chevauchement temporel et spatial entre les phoques gris et la morue, ainsi que d'autres proies potentielles, donne un aperçu des opportunités de prédation, mais ce chevauchement ne prouve en aucun cas que le phénomène de prédation a eu lieu. Des positions obtenues par télémétrie satellite ont été utilisées pour identifier les emplacements où la distribution des phoques gris chevauchait celle de différentes espèces de proies. Les données de distribution des poissons proviennent de relevés synoptiques sur les poissons de fond.

Dans le sud du golfe du Saint-Laurent, les phoques gris qui fréquentent des échoueries le long de la côte du nord du Nouveau Brunswick passent 85% de leur temps à moins de 50 km de la côte. On a estimé qu'en août, la distribution des phoques gris à des distances comprises entre 10 et 30 km de la côte chevauche davantage la distribution des morues de petite taille et des plies rouges de grande taille, et moins celle du lançon, qu'à des distances de 50 – 100 km de la côte. En septembre, la probabilité de co-occurrence entre les phoques et les morues de taille moyenne, les morues de grande taille et la plie rouge était plus élevée à plus de 50 km de la côte qu'à des distances situées entre 30 et 50 km.

Les phoques gris ainsi que plusieurs espèces commerciales de poissons quittent le golfe pour hiverner dans la région du détroit de Cabot. Les données satellites montrent que les phoques gris sont concentrés dans des zones de moins de 200 m de profondeur, à l'ouest du chenal Laurentien. Il y a cependant des différences entre la distribution des mâles et celle des

femelles. Au début de l'hiver, les mâles ont concentré leur effort d'approvisionnement autour de l'île St-Paul où se trouvaient aussi des morues de moyenne et de grande taille, ainsi que du hareng. À la fin de l'hiver, la distribution des mâles en train de s'approvisionner s'est déplacée vers la partie sud-est de la région 4Vn où le turbot de grande taille, la morue de taille moyenne et la plie rouge de petite taille étaient moins abondants.

Tel qu'on l'observe dans le sud du golfe pendant l'été, la concentration et par conséquent l'effort d'approvisionnement supposé des phoques diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'île de Sable. Les espèces de poissons dont la distribution chevauche celle des phoques à proximité de l'île de Sable sont différentes de celles présentes sur les zones d'approvisionnement plus loin au large. En juillet, on retrouve au même endroit des phoques gris femelles et des morues de taille moyenne, ainsi que du merlu argenté de petite taille, alors qu'aucune co-occurrence significative n'a été observée chez les mâles. En mars, le degré de co-occurrence des femelles décroît à mesure qu'augmente l'abondance du merlu argenté de petite taille, ce qui contraste avec ce qui a été observé en juillet. Toujours en mars, la probabilité de co-occurrence entre les phoques mâles et les morues de taille moyenne (avant 2000) et grande (après 2000) était statistiquement significative mais cette association devient de plus en plus faible à mesure que l'on s'éloigne de l'île.

Les mouvements des phoques gris diffèrent selon les troupes, le sexe et le stade de développement. La distribution des phoques gris juvéniles et adultes du troupeau du golfe chevauche celle de la morue du sud du golfe, avec une moyenne mensuelle de 16% des individus se retrouvant au même endroit que la morue. Le chevauchement entre les phoques de l'île de Sable et la morue de la zone 4T était plus réduit (<1%).

1.4.1 Biais potentiel et incertitude

Les informations sur les mouvements des phoques proviennent d'un petit nombre de phoques équipés d'émetteurs, ce qui peut poser problème vu le besoin de prendre en compte les différences entre les sexes et les stades de développement. Du fait de la taille réduite de cet échantillon, une incertitude importante entoure les conclusions sur la distribution des phoques. Malheureusement, le nombre de phoques équipés d'émetteurs est particulièrement réduit pendant les périodes de concentration de la morue (hiver, fraie, migration).

De plus, il est probable que les phoques équipés d'émetteurs ne représentent pas de manière homogène les différentes échoueries dans le golfe du Saint-Laurent. Ces biais spatiaux peuvent affecter les conclusions sur la distribution des phoques gris à l'échelle de la population. De plus, il n'y a pas eu de pose d'émetteurs sur les phoques gris qui se reproduisent sur la côte est de la Nouvelle-Écosse ou qui passent l'été dans des lieux tels que Terre-Neuve. Les mouvements des phoques gris sur ces aires de distribution ne sont donc pas bien décrits. On sait cependant que les phoques qui utilisent ces zones en dehors du golfe ne représentent qu'une petite fraction de la population, ce qui minimise un biais éventuel.

Les analyses du chevauchement dans le détroit de Cabot pâtissent de ne pas disposer d'informations provenant de relevés récents sur la distribution hivernale de la morue et des autres espèces de poissons. Plus généralement, dans toutes les zones, les estimations sur l'abondance de poissons ne sont disponibles qu'à des échelles plutôt grossières, qui ne correspondent peut-être pas aux échelles auxquelles les phoques prennent leurs décisions sur les proies à consommer. De plus, les estimations de l'abondance et de la distribution des poissons pélagiques par des relevés au chalut de fond sont biaisées par les différences de disponibilité au chalut entre espèces, ce qui biaise les tendances d'abondance relativement à la morue et aux autres poissons de fond.

1.5 Quels sont les estimations des taux et des tendances pour la mortalité due à la prédation des morues par les phoques gris et dans quelle mesure ces estimations peuvent-elles expliquer la mortalité naturelle spécifique à la taille des morues?

1.5.1 Sud du golfe du Saint-Laurent

Un modèle prédateur-proie composé de trois éléments (un modèle de consommation des phoques, un modèle démographique et énergétique des poissons et un modèle du chevauchement spatio-temporel entre phoques et poissons) a été utilisé en 4T pour étudier les répercussions de la présence des phoques gris sur la morue. À cause d'importantes lacunes d'ordre spatial et saisonnier quant à la distribution des échantillons de régime alimentaire (voir section 1.6), il était difficile de quantifier la consommation de morues du sud du GSL par les phoques gris. L'utilisation de différentes présuppositions pour combler ces lacunes dans les données a fourni des estimations de la consommation annuelle de morues très différentes les unes des autres, allant de 4 500 à 20 000 t pour ces dernières années. En ce qui concerne la morue de grande taille (>35 cm), dont la mortalité naturelle est élevée, la prédation estimée représente entre 10 et 50% de la mortalité naturelle totale de ces dernières années, tout dépendant des présuppositions utilisées pour combler les lacunes dans les données.

Vu les difficultés rencontrées lors de la quantification de la consommation de la morue du sud du GSL par les phoques gris à cause des lacunes dans l'échantillonnage du régime alimentaire, une approche de modélisation inversée a été utilisée pour étudier à quel point il était plausible que la prédation par les phoques soit responsable de la mortalité naturelle de la morue. Cette approche calcule combien de morues devaient être consommées par les phoques au vu des données sur le chevauchement spatial entre les phoques et les morues et des besoins énergétiques des phoques. Comme avec n'importe quel modèle, la capacité des résultats à refléter la réalité dépend d'à quel point les présuppositions du modèle sont satisfaites. Selon cette approche, la prédation peut vraisemblablement expliquer jusqu'à 30-50% de la mortalité naturelle des morues adultes (5+) même si ces morues ne représentent qu'un petit pourcentage du régime alimentaire des phoques gris (<15%). Si les phoques ne consomment que partiellement certains de ces poissons, en sélectionnant les parties molles, la plausibilité que la prédation représente un pourcentage important de M augmente considérablement.

On a aussi utilisé la modélisation inversée pour étudier la consommation potentielle de merluches et de raies tachetées par les phoques gris. Dans la simulation, la consommation de merluches entières de plus de 3 ans par les phoques gris expliquait approximativement 45% ou 25% de la mortalité naturelle, selon que l'on accepte une probabilité de 0,5 ou de 0,95, respectivement. La possibilité que la merluche constitue environ 8% du régime alimentaire des phoques présents dans la zone de chevauchement correspond à une probabilité de 0,5. Dans ce cas, la merluche constituerait 2,5% et <0,5% des régimes alimentaires moyens des populations du golfe et de l'île de Sable, respectivement. La prédation de la merluche a été fortement limitée dans le modèle par le chevauchement spatial important avec la morue adulte et la présupposition d'une réponse fonctionnelle proportionnelle. Si la merluche constituait 13% et 4% du régime alimentaire des phoques gris de la zone de chevauchement et du golfe, respectivement, cela expliquerait alors toute la proportion de la mortalité naturelle qui dépasse une valeur d'environ 0,2. La prédation expliquait en totalité la mortalité naturelle de la raie tachetée dans chacune des simulations entreprises. Pour cela, la raie tachetée adulte ne doit pas constituer plus de 0,7% du régime alimentaire des phoques gris dans leur zone de chevauchement, ni plus de 0,2% et <0,05% des régimes alimentaires moyens des populations du golfe et de l'île de Sable, respectivement.

1.5.2 Est du plateau néo-écossais

La plupart des modèles estiment que la prédation par les phoques gris compte pour une faible proportion de la mortalité totale de la morue dans l'est du plateau néo-écossais (4VsW). Du fait de l'incertitude à la fois sur le pourcentage de morues présentes dans le régime alimentaire des phoques gris et sur la taille des morues consommées, plusieurs scénarios ont été étudiés. En voici quatre: 1) 7% de morue dans le régime alimentaire des phoques et distribution par âge de la morue consommée telle qu'estimée par analyse de fèces; 2) 7% de morue dans le régime alimentaire des phoques et distribution par âge de la morue décalée vers des classes plus âgées en utilisant les données sur la taille des morues obtenues lors des relevés annuels effectués à partir du navire de recherche; 3) 2% de morue dans le régime alimentaire des phoques tel qu'indiqué par les analyses des acides gras et et distribution par âge de la morue consommée telle qu'estimée par analyse de fèces; et, 4) 2% de morue dans le régime alimentaire des phoques tel qu'indiqué par les analyses des acides gras et distribution par âge de la morue décalée vers des classes plus âgées en utilisant les données sur la taille des morues obtenues lors des relevés annuels effectués à partir du navire de recherche. Les estimations de la mortalité due à la prédation par les phoques varient selon les scénarios (figure 9). En 2009, les résultats du modèle montrent que les phoques gris ont été responsables d'un faible niveau de mortalité instantanée (scénarios 1-4, respectivement: 0,013, 0,021, 0,087, 0,166), ce qui représente approximativement entre 2 et 22% de la mortalité totale.

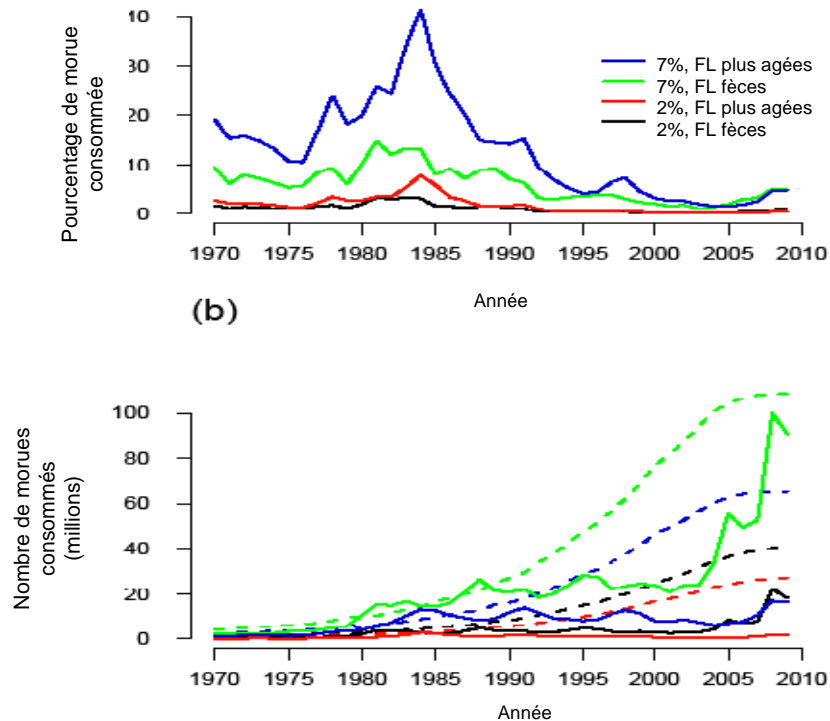


Figure 9. Tendances de la mortalité due à la prédation par les phoques selon quatre scénarios différents. Le taux de mortalité naturelle de la morue est représenté en fonction de l'année. La couleur des courbes représente les différentes hypothèses utilisées dans le calcul de la mortalité, soit: 7% de morue dans le régime alimentaire des phoques et distribution par âge de la morue consommée telle qu'estimée par analyse de fèces (courbe verte); 7% de morue dans le régime alimentaire des phoques et distribution par âge de la morue décalée vers des classes plus âgées en utilisant les données sur la taille des morues obtenues lors des relevés annuels effectués à partir du navire de recherche (courbe bleue); 2% de morue dans le régime alimentaire des phoques tel qu'indiqué par les analyses des acides gras et distribution par âge de la morue consommée telle qu'estimée par analyse de fèces (courbe noire); et, 2% de morue dans le régime alimentaire des phoques tel qu'indiqué par les analyses des acides gras et distribution par âge de la morue décalée vers des classes plus âgées en utilisant les données sur la taille des morues obtenues lors des relevés annuels effectués à partir du navire de recherche (courbe rouge). Les lignes pleines correspondent aux modèles de réponse fonctionnelle et les lignes pointillées aux modèles de ration constante. L'année de référence pour les scénarios du 2% et du 7% est 1993.

Ces modèles supposent que la mortalité naturelle de la morue est restée élevée (0,6 – 0,8) depuis le milieu des années 1990.

Un autre ensemble de modèles estime que la mortalité totale de la morue a baissé depuis le début des années 2000 jusqu'à atteindre environ 0,2 en 2009. La mortalité totale mesurée lors des relevés d'été du MPO a également baissé pendant cette période. Ces résultats suggèrent que la prédation par les phoques pourrait être responsable d'une composante importante de la mortalité naturelle de la morue depuis le milieu des années 1990 si on suppose que la proportion de morue dans le régime alimentaire est en fait deux fois plus élevée que la valeur

estimée à partir des analyses de fèces. La variation entre les différents scénarios souligne l'incertitude qui pèse sur la compréhension des interactions morue-phoque gris en 4VsW.

1.6 Quelle est la sensibilité des résultats du point 1.5 aux biais et aux incertitudes possibles identifiés aux paragraphes 1.3 et 1.4?

Les estimations de la mortalité de la morue du sud du golfe dépendent fortement des présuppositions faites sur le régime alimentaire, la taille des poissons consommés ainsi que sur la distribution saisonnière de la morue. Il y a malheureusement des lacunes, spatiales et saisonnières, dans la distribution des échantillons de régime alimentaire en 4T. Les échantillons proviennent principalement de zones côtières, ont été récoltés de la fin du printemps à l'automne et sont représentatifs du comportement d'approvisionnement dans des régions où les morues ne sont pas abondantes et ont tendance à être plus petites (<35 cm). Les suivis par satellite indiquent que les phoques s'approvisionnent dans d'autres régions où les morues de plus grande taille sont plus abondantes. La collecte de données dans une telle région, à un moment où se regroupent à la fois les morues de petites et de grandes tailles, indique une proportion plus élevée de morues dans le régime alimentaire des phoques et que la majorité (58%) des morues consommées, sont de grande taille (>35+ cm). Les techniques d'échantillonnage actuelles ne permettent pas de prendre en compte une éventuelle consommation partielle des proies si les otolithes ne sont pas ingérés (morsures ventrales). Du fait des lacunes dans les données, il est difficile de quantifier de manière fiable la consommation de morue par les phoques. C'est pourquoi on a utilisé différentes approches pour tenter de combler ces lacunes; selon l'approche, l'estimation de la consommation de morues de grande taille représente entre 15% et 50% de la mortalité naturelle de la morue adulte de ce stock.

Pour estimer la consommation totale pour le sud du golfe en extrapolant la composition du régime alimentaire, il faut partir du principe que la distribution spatiale actuelle de la morue du sud du golfe lors des mois autres qu'août et septembre, est la même que celle observée lors des relevés d'il y a 15-20 ans. Les données obtenues par la pêche sentinelle et par une pêche commerciale restreinte suggèrent qu'il y a eu un changement drastique de distribution depuis les relevés antérieurs, bien que ces sources d'information soient elles aussi limitées dans le temps et dans l'espace. Ainsi, la distribution actuelle de la morue est mal connue pendant certains mois, tels que les mois de migration. De plus, les changements mensuels de distribution ne sont pas bien définis à cause de changements affectant les dates de migrations au printemps et à l'automne.

On fait aussi face à une grande incertitude sur la consommation de morues par les phoques gris sur la partie orientale du plateau néo-écossais. L'incertitude entourant le nombre de phoques qui s'approvisionnent dans l'est du plateau néo-écossais est faible (CV 6%) par rapport aux valeurs d'incertitude associées aux besoins énergétiques des phoques gris (CV 30%) et à la proportion de morues dans le régime alimentaire (CV 150%). Les incertitudes concernant l'abondance et la mortalité totale de la morue sont élevées également et ont un impact considérable sur le niveau de mortalité dû à la prédation par les phoques gris. La manière dont la consommation de morue par les phoques gris réagit aux variations d'abondance de la morue est elle aussi incertaine. Les estimations de la mortalité naturelle due à la prédation par les phoques gris sont très sensibles à l'incertitude entourant cette réponse fonctionnelle; cette dernière représentant aussi une source d'incertitude quant aux interactions phoque-morue ailleurs, notamment dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

2. Preuves indirectes de la consommation de morues par les phoques gris

2.1 Quelles sont les tendances de la mortalité naturelle de la morue et des autres espèces de poissons pertinentes dans chaque écosystème?

2.1.1 Sud du golfe du Saint-Laurent

Les modèles de population indiquent que, dans la population du sud du GSL, la tendance de la mortalité naturelle (M) est différente entre les jeunes morues (2-4 ans) et les morues plus âgées (5+ ans) (figure 10). Des études antérieures, utilisant des données des années 1970 et même antérieures, ont estimé que la mortalité des morues plus âgées était d'environ 0,1. Les valeurs estimées de M pour des morues de 5 ans et plus ont légèrement augmenté (d'environ 0,1-0,2) dans les années 1980. On a observé une augmentation brutale de M entre la fin des années 1980 et le début des années 1990. Depuis, l'estimation de M pour les morues de 5 ans et plus est restée élevée (à près de 0,6). À l'inverse, l'estimation de M pour les morues plus jeunes a baissé entre la fin des années 1980 et le début des années 1990 et est restée relativement basse depuis.

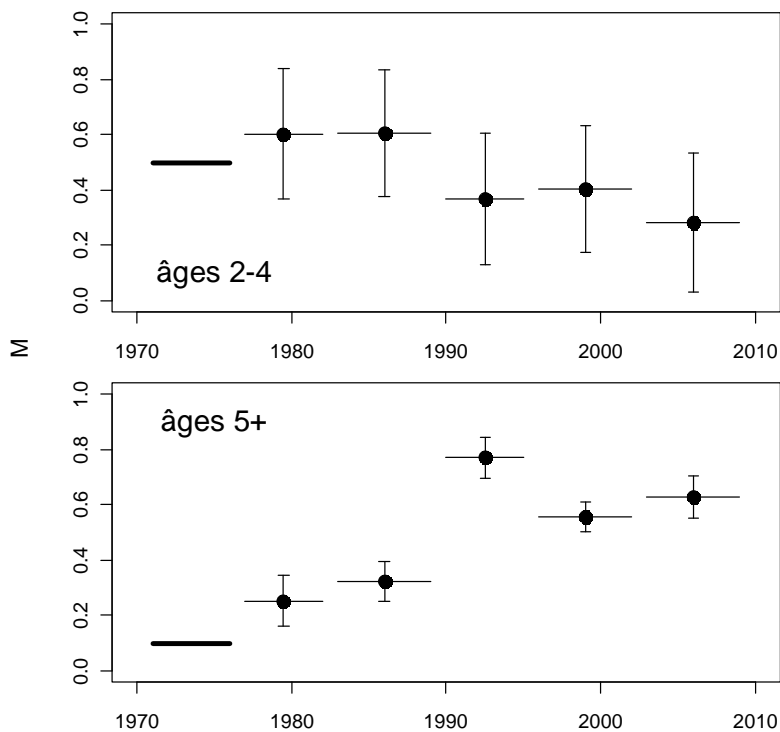


Figure 10. Taux instantané de la mortalité naturelle (M) de la morue du sud du GSL âgée de 2-4 ans (en haut) et de 5+ans (en bas). Les traits horizontaux en gras représentent des valeurs supposées. Les traits horizontaux fins indiquent la période de temps pour chaque valeur estimée (cercles). Les lignes verticales représentent ± 2 erreurs-types.

Des tendances similaires semblent être répandues à l'échelle de la communauté de poisson du sud du GSL: la mortalité a augmenté jusqu'à des niveaux élevés dans les années 1990 et 2000 pour les gros poissons et a baissé jusqu'à de bas niveaux pour les poissons de plus petite taille.

La mortalité totale de la merluche adulte a augmenté tout au long des années 1990, jusqu'à atteindre de très hauts niveaux dans les années 2000 (figure 11). La mortalité est désormais si élevée que peu de merluches vivent jusqu'à l'âge de 7 ans; aucune merluche de plus de 7 ans n'a été capturée depuis 2000 alors que des merluches de 12-15 ans étaient capturées lors des relevés du milieu des années 1980. La pêche ciblée à la merluche a été arrêtée depuis 1995 et la mortalité par la pêche est restée à un très bas niveau depuis lors (figure 11). Ainsi, la mortalité actuelle élevée des merluches adultes est due à une forte mortalité naturelle dont l'estimation a augmenté de 0,1-0,2 avant 1985 à environ 2,0 pendant les années 2000. À l'inverse des adultes, la mortalité des merluches juvéniles semble avoir décliné jusqu'à un bas niveau, si l'on en croit les taux de recrutement élevés observés dans les années 2000.

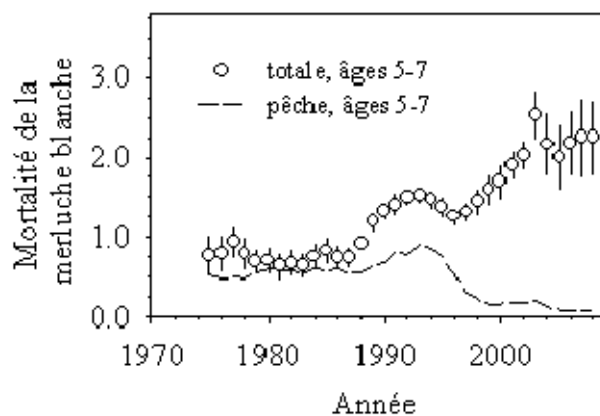


Figure 11. Mortalité totale de merluches adultes (5-7 ans) estimée par fenêtres mobiles de 7 ans et estimation de la mortalité due à la pêche pour la même période. Les lignes verticales sont ± 2 erreurs-types.

Pour les trois espèces de raies fréquentes dans le sud GSL (raie tachetée, épineuse et lisse), les modèles de population indiquent que la mortalité des adultes a augmenté jusqu'à un niveau très élevé dans les années 1990 et 2000 alors que la mortalité des juvéniles est tombée à de bas niveaux pendant cette période (figure 12). Il n'y a pas de pêche visant directement la raie dans le sud du GSL et l'effort de pêche total a baissé à un niveau très bas dans cette région dans les années 1990 et 2000. On peut donc en déduire que l'augmentation de la mortalité des adultes reflète une augmentation de la mortalité naturelle. Ceci est confirmé dans le cas de la raie tachetée grâce à des modèles de population intégrant les estimations de prises accessoires lors d'activités de pêche visant d'autres poissons de fond. Ces modèles montrent que la mortalité de la raie tachetée adulte due à la pêche a diminué jusqu'à un bas niveau dans les années 1990 alors que leur mortalité naturelle était à un niveau élevé pendant cette période. Les modèles de population indiquent aussi que la mortalité M de la plie canadienne ( g e de 4 ans et +)  tait à un niveau élevé ($>0,5$) tout au long des années 1990 et 2000.

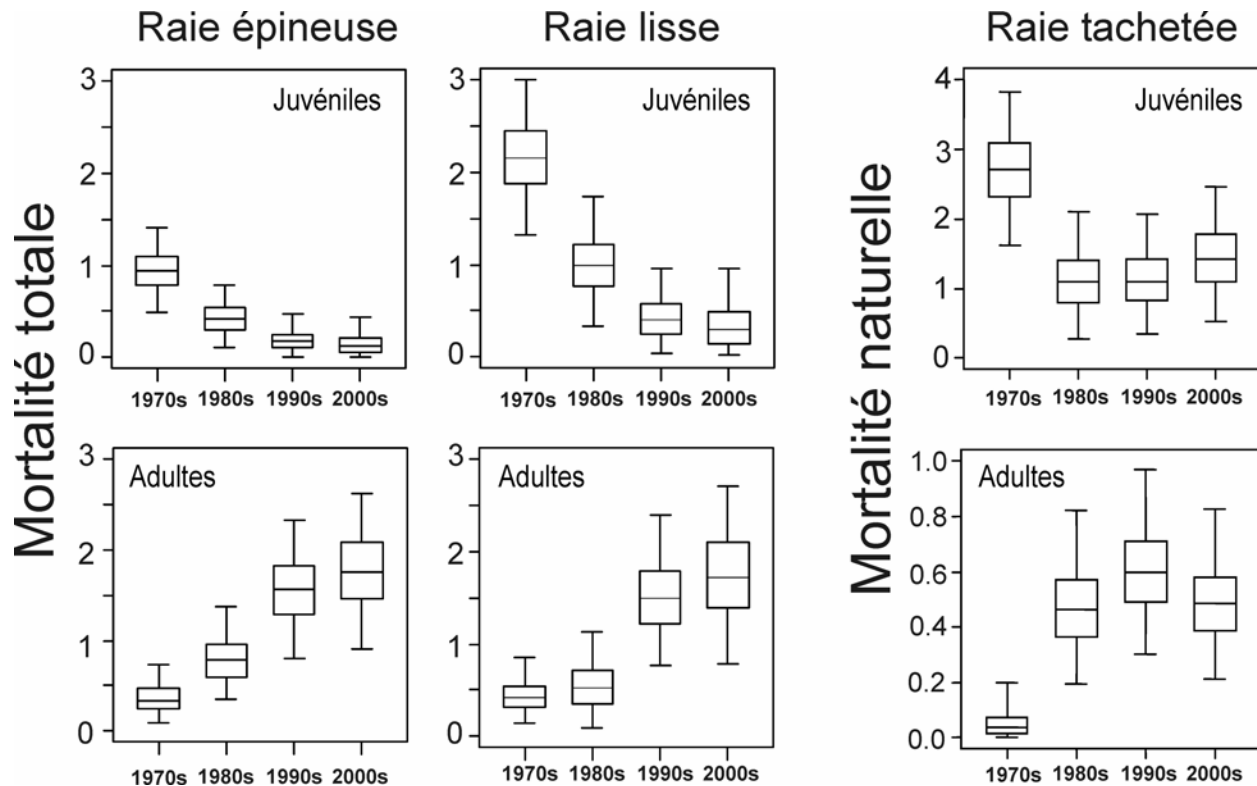


Figure 12. Variation décennale des taux estimés de mortalité totale des raies épineuses et lisses juvéniles et adultes et mortalité naturelle de raies tachetée juvéniles et adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent. On définit les juvéniles comme des raies de longueur totale inférieure à 54 cm (raie épineuse), 48 cm (raie lisse) ou 45 cm (raie tachetée). Les barres horizontales des boîtes indiquent les 2,5ème, 25ème, 50ème, 75ème et 97,5ème percentiles des distributions postérieures des paramètres de mortalité.

Les changements observés dans la composition des espèces au sein de la communauté des poissons du sud du GSL correspondent bien aux effets d'une augmentation de la mortalité pour les poissons de grande taille et d'une baisse de la mortalité des poissons de petite taille. Les effectifs des espèces de grande taille ont généralement décliné dans les années 1990 et se sont maintenues à un bas niveau d'abondance depuis. Par contre, ceux des espèces de petite taille ont généralement augmenté au milieu fin des années 1990 et dans les années 2000. Parmi les espèces de grande taille, l'abondance a généralement décliné pour les individus de grande taille, mais a augmenté ou est restée relativement élevée pour les individus de petite taille. À l'échelle de la communauté, l'abondance de poissons de petite taille a augmenté dans les années 2000 alors que celle des poissons de grande taille n'a cessé de décroître depuis le début des années 1990 jusqu'à atteindre des bas niveaux records lors de la période la plus récente (figure 13).

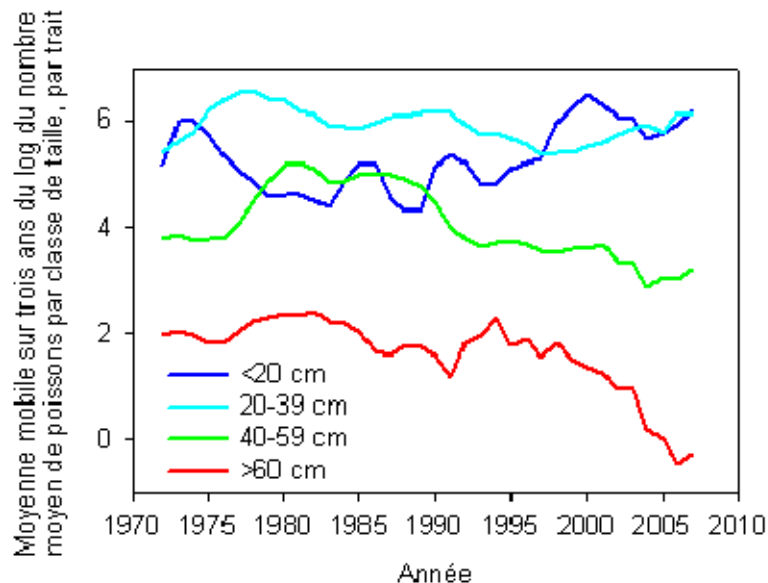


Figure 13. Moyenne mobile sur trois ans de l'abondance de poissons du sud du GSL dans le relevé annuel (log du nombre moyen de poissons par trait), selon quatre catégories de taille (toutes espèces confondues).

L'amélioration de la survie de poissons de petite taille dans les années 1990 et 2000 est cohérente avec l'interprétation d'un relâchement de la prédation qui aurait découlé des déclin abrupts de l'abondance de poissons démersaux de grande taille à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Les déclin dans l'abondance de poissons de plus grande taille sont peut-être liés à la pêche et à la prédation par les phoques gris. L'intensité générale de la pêche des différentes espèces de poissons de fond a augmenté à la fin des années 1980 et au début des années 1990; elle a décliné de manière abrupte avec l'arrêt de la pêche à la morue en 1993 et est restée à un très bas niveau depuis. Les baisses d'abondance de poissons de grande taille, qui coïncident avec l'augmentation de l'intensité de la pêche de la fin des années 1980 et du début des années 1990, correspondent bien à l'idée d'un effet direct de la pêche, mais ce n'est pas le cas de l'absence de rétablissement de ces populations malgré la période récente marquée par une pêche très ralentie. Les espèces qui ne se sont pas rétablies sont toutes des proies connues des phoques gris.

2.1.2 Est du Plateau néo-écossais

Le stock de morue du 4VsW a rapidement décliné à la fin des années 1980, ce qui a mené à son effondrement, puis à l'arrêt de la pêche en 1993. La biomasse de ce stock est restée faible pendant plus d'une décennie, mais des signes d'augmentation et d'amélioration de la survie des jeunes morues ont été observés récemment. Depuis le début des séries temporelles (dans les années 1950), on a observé une réduction importante de la longueur de la morue à 50% de maturité. L'aiglefin a suivi une tendance similaire. Ces changements concernant la maturité des deux espèces semblent avoir précédé les changements observés au niveau de la mortalité naturelle et de la croissance.

2.1.3 Sud-ouest du plateau néo-écossais

Les données des relevés montrent qu'il y a eu une augmentation de la mortalité naturelle des morues de grande taille (âgées de 4 ans et plus) au milieu des années 1990. La modélisation de ces changements permet de chiffrer cette augmentation de la mortalité naturelle, qui est

passée de 0,2 à 0,7 en 1996. Un changement similaire (de 0,2 à 0,5) a été estimé pour les morues de grande taille au Banc de Georges. Les tendances de la mortalité naturelle n'ont pas été formellement étudiées pour d'autres espèces de poissons en 4X; cependant, des analyses exploratrices menées pour l'aiglefin suggèrent elles aussi une augmentation de la mortalité naturelle au milieu des années 1990.

Les prédateurs principaux de la morue sont les autres morues. L'abondance des phoques a augmenté en 4X. Il est vraisemblable que les phoques gris contribuent à la mortalité naturelle des morues en 4X, mais l'ampleur de cette interaction reste floue à cause du manque d'information sur les régimes alimentaires des phoques gris en 4X.

2.2 Quelles sont les autres hypothèses pouvant expliquer la mortalité naturelle élevée des espèces pour lesquelles ce phénomène est observé (morue et autres)?

Les autres hypothèses qui ont été étudiées pour la morue de 4T sont: 1) les captures non signalées, 2) l'émigration, 3) la maladie, 4) les contaminants, 5) la mauvaise condition physique des poissons, 6) les changements biodémographiques (coûts de mortalité plus élevés suite à l'atteinte de la maturité à un plus jeune âge ou à une taille plus petite, et sénescence précoce), 7) les parasites, et 8) une situation dite du « puits de prédation », due à la prédation par les phoques gris, les phoques du Groenland et d'autres prédateurs.

2.3 Selon l'approche du poids de la preuve, laquelle de ces hypothèses contribue le plus vraisemblablement aux augmentations observées de la mortalité naturelle?

L'approche du poids de la preuve a été utilisée pour étudier une série d'hypothèses sur les autres causes possibles de la mortalité naturelle élevée des morues âgées (5+ans) du sud du golfe. Les autres stocks de morues n'ont pas été étudiés.

2.3.1 Les captures non signalées

Les estimations de M incluent toutes les sources de mortalité autres que celles dues aux prises de pêche répertoriées. Ainsi, en plus des cas de mortalité dus à des causes naturelles, M inclut les mortalités causées par des captures non signalées. On pense que le signalement erroné des captures est devenu plus fréquent alors que la pêche à la morue s'intensifiait à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Des analyses récentes ont permis d'estimer que les captures non signalées pendant cette période étaient substantielles. Ainsi il semblerait qu'une proportion significative des pertes attribuées à M à la fin des années 1980 et au début des années 1990 soit en fait attribuable à des captures non signalées.

L'effort de pêche aux poissons de fond a baissé de façon drastique dans le sud du golfe au début des années 1990 et est depuis demeuré très faible. De plus, la surveillance des captures a beaucoup augmenté et des mesures de gestion ont été prises afin de réduire les prises accessoires de morues lors des pêches ciblant d'autres poissons. Les prises accessoires de morues dans le sud du golfe lors de pêches ne ciblant pas les poissons de fond, sont très rares. Ainsi, les captures non signalées de morues ne sont sans doute pas très fréquentes depuis le milieu des années 1990. Même si le nombre réel de captures était le double du nombre de captures signalées, ce qui est peu probable, les conséquences sur les estimations de M seraient négligeables. Cette hypothèse peut être rejetée pour la période récente (du milieu des années 1990 à aujourd'hui).

2.3.2 Émigration

Cette hypothèse suppose qu'au lieu de mourir, les poissons manquants ont émigré vers une autre région. Les stocks voisins de celui du sud du golfe sont le stock du nord du golfe (3Pn4RS), celui de 4Vn et celui de 4VsW. On distingue les morues du sud du GSL de celles des autres stocks par une petite taille selon l'âge et un plus petit nombre de vertèbres. Si on en croit des études d'étiquetage ainsi qu'une étude de mélange de stocks menée au milieu des années 1990, l'hypothèse de l'émigration de quantités significatives de morues du sud du GSL par delà le chenal Laurentien en direction du nord du GSL peut être écartée. Le prolongement du relevé annuel de septembre de 4T vers 4Vn en 1994, 1995 et 2006 a permis de déterminer que seule une partie négligeable du stock du sud du GSL (<3%) s'était retrouvée en 4Vn ces années-là.

De plus, le nombre estimé de morues de 5 ans et plus qui sont perdues chaque année par mortalité naturelle dans le stock du sud du GSL est égal à quatre fois le nombre estimé de morues de 5 ans et plus dans le stock 4VsW au complet. Ainsi l'afflux d'une partie importante des poissons dont la perte est attribuée à M dans le stock du sud du golfe aurait été remarqué lors des évaluations du stock 4VsW. Les estimations de M pour le stock 4VsW sont aussi très élevées, ce qui ne serait pas le cas si l'abondance de morues âgées dans 4VsW était renforcée par l'immigration venant de 4T. Cette hypothèse peut donc être rejetée.

2.3.3 Maladie

Aucun agent pathogène, bactérien ou viral, n'a été détecté dans les morues examinées provenant du sud du golfe et aucune mention de morues malades n'a été rapportée par des pêcheurs ou des transformateurs, ni par les échantillonneurs du relevé annuel (qui ont examiné plus de 31 000 individus de morue depuis 1995). Bien que les données soient limitées, aucune preuve ne permet d'étayer l'hypothèse que la maladie contribue fortement à une mortalité M élevée.

2.3.4 Contaminants

Les taux de contaminants sont très faibles dans le golfe, en dehors de l'estuaire du Saint-Laurent. Le golfe est moins contaminé que d'autres mers semi-fermées telles que la mer Baltique ou la mer du Nord. Les concentrations de contaminants sont beaucoup plus faibles dans la morue du golfe que dans celle venant de la mer Baltique. Malgré des charges de contaminants supérieures, la mortalité naturelle de la morue de la mer Baltique ne semble pas excessivement élevée; les évaluations des morues de la mer Baltique utilisent une valeur de M de 0,2. Quant aux évaluations des stocks de morue de la mer du Nord, elles utilisent une tendance de M à la hausse pour les morues âgées (3-6 ans), mais la justification avancée pour cette augmentation est la prédation par les phoques et non la mortalité due aux contaminants. Aucune preuve ne permet d'étayer l'hypothèse que la mortalité causée par les contaminants est une composante significative de la mortalité naturelle élevée.

2.3.5 Mauvaise condition des poissons

La condition corporelle de la morue du sud du golfe suit un cycle saisonnier marqué. La plus mauvaise condition est observée pendant le printemps, saison qui suit la période d'hivernage pendant laquelle les morues se nourrissent moins. Il a été suggéré que cette mauvaise condition du poisson au printemps, causée par des conditions environnementales difficiles (froides), a contribué à l'augmentation de M au sein du stock de morue du nord du golfe au début des années 1990. Selon le suivi saisonnier mené depuis 1991, la morue du sud de golfe est en meilleure condition au printemps ne l'était celle du nord du golfe dans les années 1990-

1995. Au début des années 1990, la proportion de morues ayant un risque accru de mortalité dû à sa mauvaise condition printanière était beaucoup plus faible pour le stock du sud du golfe que pour celui du nord. La condition des morues du sud du golfe au printemps s'est améliorée de manière importante au début des années 2000 et est restée relativement bonne depuis lors. Suite aux suivis à long terme (en septembre, 1971-2010), on peut dire que la condition de la morue du sud du golfe était à son minimum de la fin des années 1970 au milieu des années 1980 et était proche de la moyenne à long terme tout au long des années 1990 et 2000.

Du début au milieu des années 1990, la température des eaux proches du fond dans le sud du golfe était sous la normale; elle s'est depuis réchauffée et a été au-dessus de la moyenne tout au long des années 2000. En revanche, la température ambiante de la morue du sud du golfe (c.-à-d. la température au fond dans les régions occupées par la morue) en septembre (pendant la saison d'alimentation) était à son minimum du début au milieu des années 1980 et a été proche de la moyenne tout au long des années 1990 et 2000.

D'après les données sur la condition de la morue et les tendances des conditions environnementales, l'hypothèse selon laquelle la mauvaise condition des poissons est un facteur important de la mortalité élevée de la morue du sud du golfe peut être rejetée, au moins pour les années 2000. Bien qu'il n'y ait pas de preuve directe, il semble que la mauvaise condition des poissons ait été une cause plus importante de mortalité du début au milieu des années 1980, quand la température ambiante de la morue était relativement basse et sa condition était assez mauvaise en septembre, ou au début des années 1990 quand la température de l'eau des couches profondes était sous la normale et que la condition des morues au printemps était moins bonne que celle observée dans les années 2000.

2.3.6 Changements biodémographiques

2.3.6.1 Maturation précoce

Dans la plupart des cas, on s'attend à ce que l'âge et la taille à maturité baissent en réponse à l'augmentation de la mortalité imposée par la pêche. Lors de cette réponse évolutive, les coûts de la reproduction en termes de survie sont supposés augmenter, ce qui permet de penser que la baisse de l'âge et de la taille à maturité suite aux déclin dus à la pêche pourrait contribuer à la mortalité naturelle élevée.

L'âge et la taille à maturité ont décliné drastiquement chez les cohortes de morues du sud du golfe produites dans les années 1950 et 1960, mais peu de changements ont eu lieu depuis. Contrairement aux prédictions de cette hypothèse, M est restée basse au cours des années 1970 après le déclin abrupt de la taille à maturité, et les augmentations ultérieures de M ont eu lieu au cours d'une période de temps pendant laquelle la taille à maturité a peu changé (figure 14). Les coûts de la reproduction sont peut-être plus apparents lorsque les conditions physiologiques et écologiques sont stressantes. La condition de la morue était mauvaise du début au milieu des années 1980. Ainsi, les effets combinés de la maturation précoce et des conditions difficiles auraient pu contribuer à l'augmentation de M qui a été observée durant cette période. Si c'était le cas, on se serait attendu à un déclin de M lorsque les conditions se sont améliorées par la suite. Puisque la condition de la morue a été bonne tout au long des années 2000, les effets combinés de la maturation précoce et des conditions difficiles ne semblent pas être un facteur important du niveau actuel élevé de M .

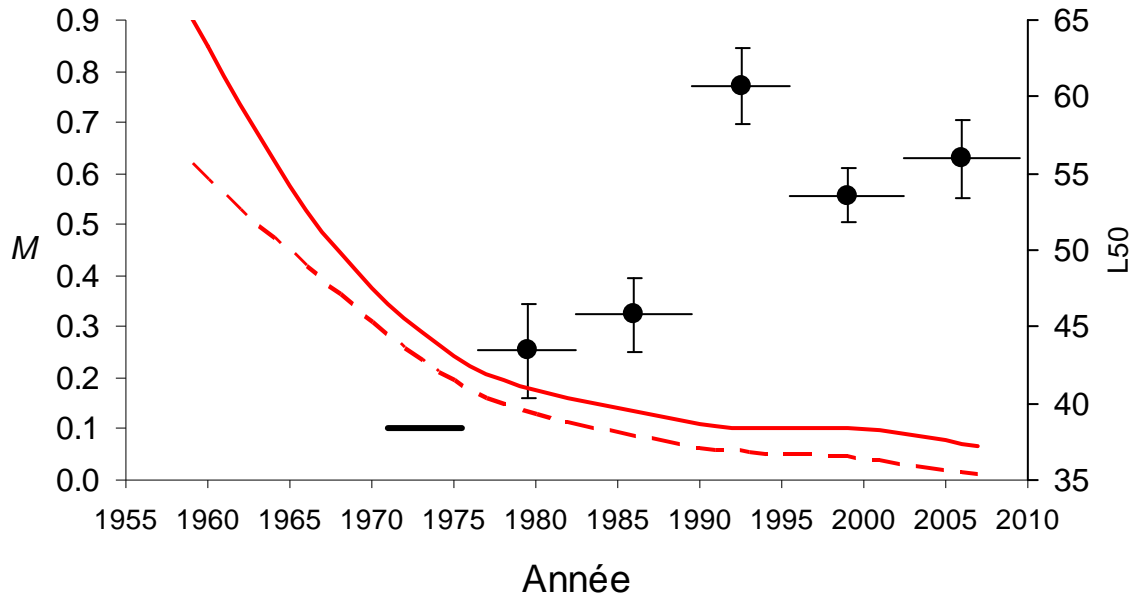


Figure 14. Tendances de la taille à laquelle 50% des individus femelles (ligne pleine) et mâles (pointillés) de morue du sud du golfe sont matures, et M supposée (ligne noire) et estimée (cercles) pour les morues de 5 ans et plus.

2.3.6.2 Sénescence précoce

Selon certaines hypothèses, une forte mortalité pourrait avoir comme conséquence l'évolution d'une sénescence précoce ou plus rapide, bien que les théories biodémographiques ne mènent pas toutes à la même prédiction. On ne considère pas cet effet hypothétique comme étant une cause de la M élevée chez la morue du sud du GSL. Rien n'indique une baisse de l'investissement reproducteur des morues âgées telle qu'on pourrait l'attendre d'individus sénescents. De plus, la sénescence et la maturation précoces peuvent toutes deux être exclues des causes principales de la valeur actuelle élevée de M car elles ne devraient évoluer que si la mortalité était élevée à cause de quelque facteur externe que seraient la pêche ou la prédation et non si elles étaient elles-mêmes la cause principale de la mortalité élevée.

2.3.7 Parasites

On a étudié la relation entre les infections parasitaires et la condition des poissons pour environ 4 000 morues du sud du golfe. Les résultats ont montré que les effets négatifs des infections parasitaires sur la condition de la morue étaient faibles en comparaison des autres facteurs pouvant affecter cette condition. Puisque les effets sub-létaux devraient apparaître avant les effets létaux, ces résultats suggèrent que la mortalité causée par des parasites et liée à des dommages directs sur les organes et les tissus ou à l'épuisement des réserves énergétiques est faible dans cette population. Cependant, il est possible qu'une infection parasitaire contribue à la mortalité élevée en augmentant la susceptibilité des poissons fortement infectés aux prédateurs, mais cette hypothèse n'a pas été examinée.

2.3.8 Prédation

L'augmentation rapide de M chez les morues de plus de 5 ans lors de l'effondrement de leur abondance à la fin des années 1980 et au début des années 1990 est cohérente avec

l'hypothèse selon laquelle elles sont entrées dans un « puits de prédation » alors que leur abondance déclinait. Au vu des régimes alimentaires, de la distribution et de l'abondance des prédateurs potentiels des morues de grande taille, il est très probable que les phoques gris en soient les prédateurs principaux. Les données disponibles sur les régimes alimentaires indiquent que les phoques gris consomment des morues de grande taille (>35-40 cm de long), qu'ils semblent sélectionner de manière préférentielle aux morues de petite taille et que, quand ils s'alimentent aux environs de concentrations de morues en hivernage, les morues de grande taille constituent alors une partie significative de leur régime alimentaire. À cause de lacunes dans les données, la quantité de morues de grande taille consommées par les phoques gris est incertaine. Cependant, selon certaines présuppositions émises afin de combler les lacunes dans les données, on estime que cette consommation pourrait représenter une grande partie de M pour les morues âgées de 5 ans et plus.

On pourrait arguer qu'une forte corrélation positive devrait être observée entre la mortalité naturelle de la morue et l'abondance des phoques gris si la prédation par les phoques gris était une cause importante de la mortalité naturelle élevée. M était à un niveau élevé tout au long des années 1990 et 2000 et n'a pas augmenté avec l'accroissement de l'abondance de phoques pendant cette période. Plusieurs facteurs semblent contribuer à cette contradiction apparente. D'abord, la prédation par les phoques gris a peut-être représenté une plus petite partie de M dans les années 1990 que dans les années 2000. Par exemple, il est probable que les captures non signalées aient représenté une partie substantielle de la mortalité M estimée du début au milieu des années 1990, mais qu'elles aient été une composante négligeable de M dans les années plus récentes. Ensuite, un grand nombre de raisons peuvent expliquer l'absence d'une relation linéaire simple entre la mortalité des proies et l'abondance de prédateurs, comme le fait de changer de proie quand l'abondance de la proie visée décline jusqu'à des niveaux très faibles ou que l'abondance de proies de remplacement augmente. Cependant, il n'y a aucune preuve permettant de déterminer si des changements de proie se sont réellement produits.

Il existe aussi des preuves indirectes du rôle de la prédation des phoques gris sur la mortalité naturelle élevée des morues adultes et d'autres poissons de fond de grande taille. Les niveaux de mortalité naturelle des morues sont corrélés à l'abondance des phoques gris au sein des différents écosystèmes. Dans l'écosystème du sud du golfe, l'augmentation de l'abondance des phoques gris est aussi corrélée à l'augmentation de la mortalité de plusieurs poissons de fond de grande taille, en plus de celle de la morue (par ex.: la merluche et les trois espèces de raies). Les changements de composition des espèces dans la communauté de poissons du sud du golfe sont associés à une mesure de la susceptibilité de ces espèces à la prédation par les phoques gris. L'augmentation de l'abondance de phoques gris entre 1971 et 2005 a coïncidé avec le passage d'une communauté dominée par des espèces fréquentes dans leur régime alimentaire vers une communauté dominée par des espèces moins souvent consommées. Les changements de distribution spatiale des morues de grande taille suggèrent eux aussi que les phoques gris sont des prédateurs importants de ces morues; lorsque l'abondance des phoques gris a augmenté entre les années 1970 et 2000, la distribution de morues de grande taille s'est déplacée loin des régions où le risque de prédation par les phoques gris était élevé.

L'hypothèse la plus probable selon les données disponibles est que la prédation par les phoques gris est une composante importante de la mortalité naturelle actuelle élevée des morues du sud du golfe âgées de 5 ans et plus. D'autres facteurs, tels que les captures non signalées et la maturation précoce en interaction avec la mauvaise condition des poissons, ont peut-être contribué à une mortalité naturelle élevée lors de périodes antérieures, mais ne semblent pas avoir été des facteurs importants dans les années 2000.

Dans les analyses présentées ci-dessus, chacune des hypothèses avancées pour expliquer la mortalité naturelle élevée chez les morues âgées de 4TVn a été prise en considération individuellement. Lorsqu'on les considère individuellement, aucune d'entre elles, excepté l'hypothèse de la prédation par les phoques gris, ne semble être un facteur important. Cependant, l'impact cumulé de multiples effets de petite taille n'a pas été pris en considération. Bien qu'il y ait des signes que certains de ces facteurs ont pu être important dans le passé (les captures non signalées au début des années 1990, la maturation précoce combinée à une mauvaise condition du début au milieu des années 1980), rien ne permet d'affirmer que ces facteurs aient contribué aux niveaux élevés de M dans les années 2000. Cela suggère que la prise en considération des impacts cumulés ne changerait pas les conclusions de manière significative à propos de l'importance de la prédation par les phoques sur la mortalité naturelle élevée.

3. Baisse minimale de la mortalité naturelle permettant le rétablissement des populations de morues à leurs niveaux de référence

3.1 Morue du sud du golfe du Saint-Laurent - 4TVn

À fins de conservation, un point de référence limite (PRL) a été établi pour le stock 4TVn: il est basé sur la biomasse du stock reproducteur (BSR), valeur en dessous de laquelle la probabilité d'un recrutement faible est importante. On estime que le PRL est d'environ 80 000 t. Le BSR actuel est estimé bien en deçà de cette valeur. Des projections ont été menées sur la population afin de déterminer la baisse de la mortalité des 5 ans et plus qui serait nécessaire pour permettre le rétablissement de la BSR au PRL, en supposant que les autres composantes de productivité restent à leurs niveaux actuels. Ces projections ont pris en compte l'incertitude entourant l'estimation de l'abondance selon l'âge faite en 2010 et l'estimation de la mortalité naturelle, ainsi que la variabilité du poids selon l'âge et le taux de recrutement observé au cours des vingt dernières années. Dans ces projections, les captures dues à la pêche étaient considérées comme nulles.

Selon les niveaux actuels de M et des autres composantes de la productivité, on prévoit un déclin exponentiel de la BSR jusqu'à atteindre des niveaux proches de la disparition locale ($BSR < 1000$ t) dans 40-50 ans environ (figure 15). Pour que la BSR ait une forte probabilité d'augmenter (70%) jusqu'à atteindre le PRL d'ici 20 ans, il faudrait que la mortalité naturelle des 5 ans et plus descende à 0,4 ou moins, toujours en supposant que les autres composantes de productivité demeurent inchangées.

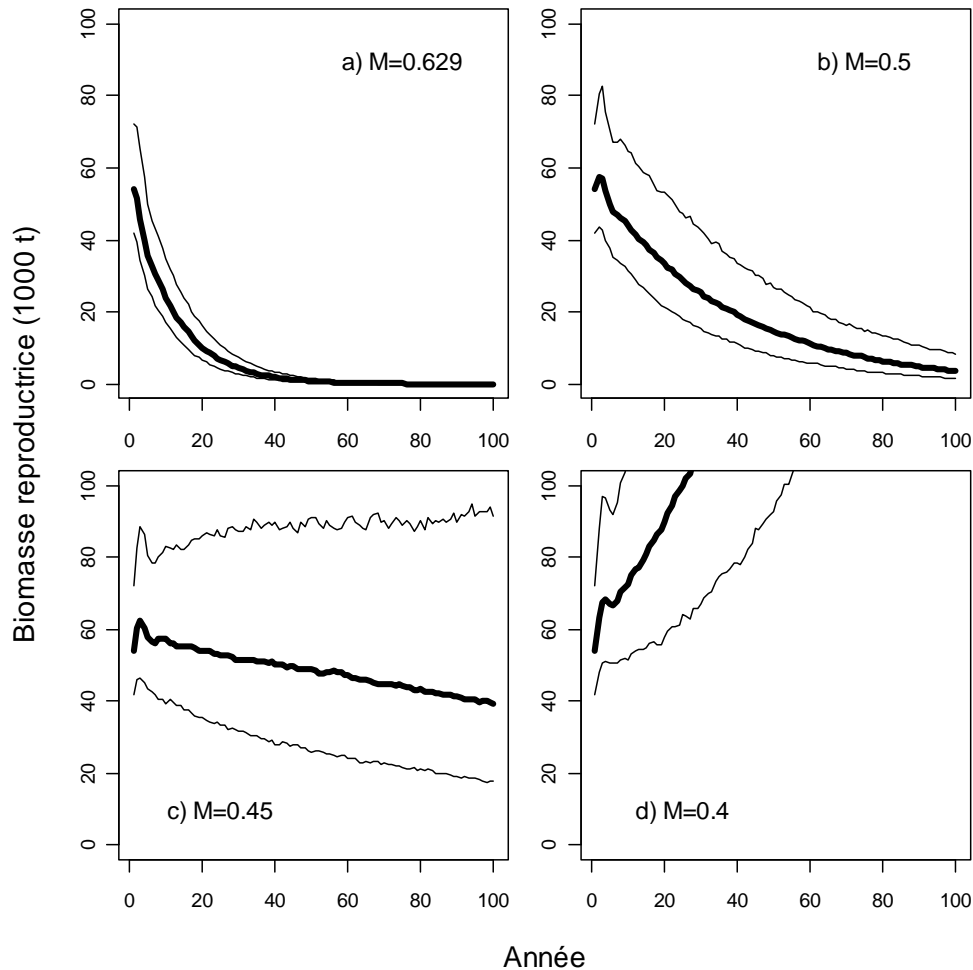


Figure 15. Projections de la BSR de la morue du sud du golfe pour 4 niveaux de M pour la morue âgée de 5 ans et plus. La courbe en gras représente la projection médiane; les traits fins représentent les 2,5ème et 97,5ème percentiles.

3.2 Morue de l'est du plateau néo-écossais - 4VsW

La production est la combinaison de trois facteurs: la survie, la croissance et le recrutement. Le taux de croissance instantanée est d'environ 0,9 chez les jeunes morues (<35 cm) et de 0,4 chez les morues âgées (>35 cm). La mortalité naturelle des jeunes morues a diminué de moitié environ, ce qui, combiné à une bonne croissance, a permis à la biomasse d'augmenter ces dernières années. Toutefois, le recrutement de la morue reste faible comparé aux années 1970 et au début des années 1980, ce qui amoindrit cette croissance de la biomasse. Ainsi, des réductions minimales de M sont requises afin de rétablir cette population de morues à son niveau de référence.

4. Changements dans l'abondance, la distribution et l'écologie des phoques gris

4.1 Quels facteurs ont pu jouer un rôle sur tout impact croissant des phoques sur leurs proies en général et sur la morue en particulier? Inclut une revue des changements en matière d'écologie, de distribution et des prédateurs naturels des phoques gris.

Bien que rares pendant la première partie du siècle dernier, les phoques gris ont été assez abondants dans le passé pour être chassés par les tribus indigènes ainsi que par les premiers explorateurs européens. Ils occupent l'Atlantique nord-ouest depuis des millénaires. Des données archéologiques de la région de Quoddy dans la baie de Fundy ont révélé l'existence d'os de phoques gris datant de 2200-350 ans avant JC et, plus au sud, des restes de phoques gris ont été trouvés sur des sites archéologiques du Maine et du Massachusetts datant de 4000-400 ans avant JC. Bien que l'historique de cette abondance ne soit pas bien connu, la première estimation quantitative de l'abondance des phoques sur l'île de Sable dénombrait, au milieu des années 1800, une population de plusieurs centaines d'individus. La taille actuelle de cette même population est à son plus haut niveau des deux derniers siècles.

La chasse est probablement responsable de la rareté des phoques gris pendant la plus grande partie du siècle, jusqu'aux années 1960. Mais l'augmentation soudaine de la population, qui a débuté dans les années 1960, est encore mal comprise. L'une des hypothèses est que l'augmentation de la taille de la population de phoques gris pendant les années 1960 ait été due à une prédation moins fréquente par les requins, suite à la diminution des populations de requins par la surpêche et les prises accessoires, entre autres lors de la pêche à l'espadon.

Les phoques gris ont peu de prédateurs dans l'est du Canada, probablement à cause de leur grande taille. Les orques épaulards (*Orcinus orca*) et les morses (*Odobenus rosmarus*) sont des prédateurs connus des pinnipèdes et en ont certainement chassé dans le passé. Il y a longtemps que les morses ont disparu de la région et au vu du nombre et de la distribution des orques, il semble peu probable que la baisse de la prédation par les orques ait contribué à l'augmentation de la population de phoques gris dans le sud du golfe et l'est du plateau néo-écossais. Les espèces de requins qui pourraient être ou sont connus pour être des prédateurs des phoques gris comprennent le requin blanc (*Carcharodon carcharias*), le requin bleu (*Prionace glauca*) et assez probablement, le requin mako (*Isurus oxyrinchus*) et la laimargue du Groenland (*Somniosus microcephalus*). L'abondance de ces prédateurs potentiels a décliné, mais on dispose de peu de données sur le régime alimentaire de celui qui est potentiellement le prédateur le plus important, le requin blanc. Bien que le relâchement de la prédation par les requins ait pu jouer un rôle, les données, même si elles ont été considérées insuffisantes, suggèrent que ce rôle était mineur.

Le changement de manière de procéder dans le cas des primes pour l'abattage des phoques communs en 1949 a peut-être été plus important pour l'augmentation de la survie des phoques gris puisque la présentation de mâchoires est devenue obligatoire, ce qui a eu pour conséquence de diminuer l'effort de chasse sur les phoques gris. La construction de la Chaussée de Canso en 1955 a entraîné une augmentation de la surface de glace et de sa stabilité dans la baie de St-Georges que les phoques gris utilisent pour élever leur progéniture. Ces deux facteurs devraient avoir eu des répercussions positives sur la productivité des phoques gris. Les changements de la structure de l'écosystème pourraient aussi avoir contribué à la croissance de la population en assurant une nourriture de meilleure qualité en abondance.

4.2 Ces facteurs peuvent-ils être soumis à des actions de gestions, incluant des mesures de contrôle des populations?

Comme cela a été décrit au paragraphe 4.1, plusieurs facteurs ont vraisemblablement contribué à l'augmentation de la taille de la population de phoques gris de l'est du Canada au cours des cinquante dernières années. L'importance de ces facteurs est cependant mal comprise. Les changements au sein des écosystèmes (prédateurs et abondance de nourriture), qui ont peut-être favorisé l'augmentation d'abondance des phoques gris, pourraient faire l'objet d'actions de gestion jusqu'à un certain point, dans la mesure où l'on décide de modifier l'impact des humains sur ces écosystèmes. De la même façon, certains aspects de l'utilisation et de la qualité de l'habitat pourraient être affectés par des décisions de gestion, mais d'autres, tels que la disponibilité d'habitats de reproduction sur la glace et la disponibilité des proies sont sans doute davantage influencés par la variabilité et les tendances du climat. Sans la preuve évidente de l'influence d'un facteur sur le taux de croissance de la population de phoques gris, il serait difficile voire impossible d'évaluer l'efficacité de toute mesure de gestion autre que le contrôle direct du nombre d'individus dans la population (par abattage ou par contraception).

5. Scénarios de réduction du nombre de phoques gris afin de rétablir les populations de morues.

- En considérant que la prédation des phoques gris joue un rôle dans la mortalité naturelle élevée, quelle serait la réduction minimale du nombre de phoques gris nécessaire pour avoir une probabilité de 50% d'augmenter la productivité à un niveau tel que la population puisse croître en l'absence de pêche (si telle était la seule mesure de gestion mise en œuvre)?
- Au vu des données et des différentes suppositions sur le régime alimentaire des phoques gris, quelles seraient les conséquences de réductions de 10%, 20% et 40% de la population de phoques gris sur la consommation directe de morues et d'autres proies et à quels changements de la mortalité naturelle cela conduirait-il?
- Quelles seraient les conséquences d'un *statu quo*?

5.1 Sud du golfe du Saint-Laurent – 4T

Les analyses se sont concentrées sur la morue franche, la raie tachetée et la merluche, trois espèces que le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a classées à haut risque de disparition du pays. Les morues du sud du golfe font partie d'un groupe considéré en voie de disparition par le COSEPAC en 2010, ce qui constitue un statut plus critique que celui de préoccupant qui avait été attribué à la morue de 4T en 2003. En 2005, le COSEPAC a considéré la raie tachetée du sud du golfe en voie de disparition. Cette évaluation est particulièrement critique car la raie tachetée du sud du golfe pourrait constituer une espèce distincte qui n'a pas encore été totalement décrite. Bien que le COSEPAC doive encore évaluer le statut de la merluche, il a récemment (octobre 2010) annoncé que cette espèce devrait être le sujet d'un rapport de situation. Cela va relancer le processus d'évaluation pour la merluche, processus qui avait été retardé depuis que l'ébauche initiale du rapport sur cette espèce avait été préparée au milieu des années 2000. La loi sur les espèces en péril attribue au COSEPAC la fonction de « déterminer le moment auquel doit être effectuée l'évaluation des espèces sauvages, la priorité étant donnée à celles dont la probabilité d'extinction est la plus grande » (section 15(b)) : on peut en déduire que le comité considère la merluche comme étant à haut risque de disparition du pays.

5.1.1 La morue

Afin d'estimer les répercussions des réductions du nombre de phoques gris sur la morue de 4T, il est nécessaire d'estimer l'abondance des phoques gris qui se nourrissent de la morue de 4T ainsi que la quantité de morues consommées par ces phoques. À cette fin, on a supposé que les réductions ciblaient les phoques gris qui s'approvisionnent dans la région 4T ou en 4Vn pendant l'hiver (décembre à avril), régions dans lesquelles se trouve la morue de 4T. L'année considérée par cette analyse est 2009. En se basant sur la distribution des phoques suivis par satellite, on a estimé que 36 000 phoques de l'île de Sable, 5 000 phoques de la côte est (du plateau néo-écossais) et 63 000 phoques du golfe s'approvisionnent dans ces régions à un moment ou à un autre de l'année (ou en hiver dans le cas de 4Vn), soit un total de 104 000 phoques en 2009. À partir de ces estimations sur l'abondance des phoques et celles sur la consommation de morues âgées de 5 ans et plus, on a calculé le nombre de phoques qui devraient être capturés afin de réduire la mortalité naturelle (M) des morues de 5 ans et plus à 0,4. Avec ce niveau de mortalité pour les 5 ans et plus, et avec les niveaux actuels des autres composantes de la productivité, on estime que la population de morues croîtra s'il y a absence de pêche.

À cause des lacunes spatiales et saisonnières de l'échantillonnage des régimes alimentaires, il est difficile de quantifier la consommation de morues de 4T par les phoques gris. On a utilisé deux approches différentes pour combler ces lacunes. L'une des approches a donné une estimation de la consommation de 2 500 t de morues de 4T de 38 cm ou plus (ce qui correspond en âge à 5 ans et plus). À ce niveau, la consommation ne représente que 11% de la mortalité M des 5 ans et plus. Il n'est donc pas possible de réduire la mortalité des 5 ans et plus à 0,4 par la capture de phoques gris. Selon les présuppositions propres à cette approche, la mortalité des 5 ans et plus causée par des facteurs autres que la prédation par les phoques gris s'élève à 0,56, ce qui est beaucoup trop élevé pour permettre le rétablissement de la population dans les conditions de productivité actuelles.

La seconde approche a livré une estimation de la consommation de 11 000 t de morues de 4T de 38 cm ou plus, ce qui représente 49% de la mortalité des 5 ans et plus. Cette seconde approche est plus cohérente avec la conclusion, fondée sur le poids de la preuve, que la prédation par les phoques gris est une des composantes principales de la mortalité élevée actuelle des morues de 5 ans et plus. Étant donné ce niveau de consommation, la mortalité des morues de 5 ans et plus descendrait à 0,4 si le nombre de phoques s'approvisionnant dans ces régions occupées par les morues de 4T était réduit à 31 000 individus. Si certains phoques gris se spécialisaient dans la prédation de morues de grande taille, et qu'il était possible de les cibler lors des captures, alors la réduction du nombre de phoques nécessaire pour permettre le rétablissement de la morue serait moindre. Par exemple, si la consommation totale de morues de 4T de 5 ans et plus était due à la moitié des phoques qui s'approvisionnent dans les régions occupées par le stock, et qu'il était possible de cibler ces phoques lors des captures, alors il faudrait capturer deux fois moins de phoques, c.-à-d. que le nombre de phoques gris se nourrissant de morues en 4T ne devrait être réduit que de 36 000 animaux.

5.1.2 Raie tachetée et merluche

La mortalité élevée des adultes de ces deux espèces est en train de conduire au déclin des populations, avec une possible disparition du pays d'ici quelques décennies si les conditions de productivité actuelles persistent. Pour la raie tachetée, une baisse de la mortalité des adultes de 57% permettrait d'arrêter le déclin de la population; mais il faudrait réduire la mortalité des adultes de 75% pour avoir 50% de chance d'atteindre, d'ici 50 ans, un niveau d'abondance comparable à celui des années 1980. En ce qui concerne la merluche, la mortalité des adultes doit être réduite de 55-68% (selon les présuppositions du modèle) pour mettre fin au déclin de

la population et de 75% si on veut permettre le rétablissement au niveau d'abondance observé dans les années 1970 et 1980.

Selon l'approche du poids de la preuve, comme celle décrite ci-dessus pour la morue de 4T, la prédation par les phoques gris semble contribuer de manière significative à la mortalité élevée de la raie tachetée et de la merluche, bien que les preuves des effets de la prédation soient principalement indirectes. Si on considère que la prédation par les phoques gris contribue à 90% de la mortalité naturelle des adultes chez la raie tachetée, le nombre de phoques gris s'approvisionnant dans la région 4TVn devrait être réduit de 45% (environ 45 000 animaux) pour réduire M de 57%, ce qui est la réduction nécessaire pour interrompre le déclin de la population de raies tachetées. La raie tachetée étant fortement concentrée dans la partie occidentale du détroit de Northumberland pendant l'été et le début de l'automne, il est envisageable de réduire le nombre de phoques gris qui doivent être capturés en agissant de manière plus ciblée. Par exemple, si la raie tachetée constitue 1% du régime alimentaire des phoques gris dans la région et qu'approximativement la moitié de l'effort d'alimentation des phoques a lieu pendant l'été et le début de l'automne, il faudrait capturer environ 1 700 phoques gris s'approvisionnant dans la partie occidentale du détroit de Northumberland afin de stabiliser la population de raies tachetées.

On a supposé que la prédation par les phoques gris était responsable de toute la proportion de la mortalité des merluches adultes dépassant un niveau de 0,05-0,15. Afin d'avoir 50% de chances d'atteindre une population de 6 millions de merluches de 3 ans et plus en 2020 (c.-à-d. proche du niveau moyen des années 2000), il faudrait réduire le nombre de phoques se nourrissant de merluches de 51-76%. Il est peut-être possible de réduire le nombre de captures nécessaires en ciblant les phoques qui s'approvisionnent dans des zones de concentration des merluches, c.-à-d. dans le chenal Laurentien et celui du Cap Breton ainsi que dans la baie de St-Georges pendant l'été. Selon les suppositions émises quant aux régimes alimentaires, ceci pourrait réduire le nombre de captures nécessaires à environ 13 000 animaux.

5.1.3 Analyse de risque

On a utilisé une analyse de risque pour évaluer les risques écologiques associés au projet d'entreprendre, ou non, la réduction de la population de phoques gris, dans l'hypothèse, étayée par le poids de la preuve, que la prédation par les phoques gris est la contribution principale à la mortalité naturelle élevée et non viable de la morue adulte, de la raie tachetée et de la merluche du sud GSL. Les risques associés aux conséquences plus larges, qu'elles soient écologiques, sociales, politiques ou économiques, d'entreprendre la réduction de la population de phoques gris, ou ceux résultant au contraire de la perception qu'on permet la disparition locale de certaines populations de poissons marins, n'ont pas été pris en considération lors de ce processus scientifique.

5.1.3.1 L'hypothèse est vraie; aucune mesure de gestion pour les phoques n'est prise

D'après les tendances observées pour les populations de phoques gris de l'Atlantique nord-ouest, les projections prédisent que ces populations vont continuer d'augmenter, quoique peut-être à un rythme plus réduit sur l'île de Sable. Si on se base sur les niveaux actuels de productivité, le risque que les trois espèces de poissons disparaissent de la région est très grand. La mortalité naturelle élevée des adultes étant le contributeur principal au déclin continu de ces espèces, le fait de ne pas réduire la mortalité causée par la prédation des phoques gris aura probablement pour conséquence la disparition de ces populations en quelques décennies. La raie tachetée du sud du golfe pourrait constituer une espèce distincte qui n'a pas encore été totalement décrite: la suppression de cette population pourrait donc constituer l'extinction de l'espèce. Une autre éventualité est suggérée par la théorie sur le phénomène de puits de

prédation : si la tendance actuelle se maintient, les populations pourraient simplement être réduites jusqu'à atteindre des niveaux considérablement plus bas que ceux qui sont observés aujourd'hui. Ces niveaux d'abondance accentueraient la vulnérabilité de ces populations à d'autres facteurs susceptibles de provoquer leur disparition.

5.1.3.2 L'hypothèse est vraie; des mesures adéquates de gestion des phoques ont été prises

La réduction du troupeau de phoques aura des conséquences directes, via la réduction de la prédation, sur les trois espèces de poissons et des conséquences indirectes via les changements qui toucheront d'autres éléments du réseau trophique. Les effets directs sont assez clairs; la réduction du nombre de phoques gris qui consomment les espèces de poissons réduira leur mortalité et ainsi diminuera le risque de disparition des espèces de la région. Une diminution substantielle de M pourrait même permettre le rétablissement de la population en seulement 15-30 ans pour la morue et la merluche.

Il est vraisemblablement impossible de prévoir tous les effets indirects que la réduction de la population de phoques gris pourrait avoir sur les trois espèces de poissons; c'est pourquoi seuls les mécanismes principaux ont été explorés. Ce rapport s'est concentré sur les effets négatifs, non pas parce qu'ils sont nécessairement les plus probables, mais parce qu'ils contribueraient à augmenter le risque pour le statut des poissons.

On ne s'attend pas à un effet indirect important sur les poissons adultes car les phoques gris ne suppriment aucun de leurs prédateurs potentiels. De plus, même si l'abondance des compétiteurs augmentait, les données issues de la période de forte abondance des poissons de fond de grande taille dans les années 1980 suggèrent qu'il n'y aurait pas de graves conséquences sur la survie (par des mécanismes de densité-dépendance affectant la condition des poissons).

Les effets indirects de la réduction de la population de phoques, s'ils apparaissaient, toucheraient plus probablement les poissons juvéniles. L'augmentation de la population chez des espèces qui sont à la fois des proies des phoques gris et des prédateurs ou des compétiteurs des stades juvéniles des trois espèces de poissons pourrait mener à la réduction de la survie ou de la performance des juvéniles.

Prédation sur les œufs et les larves: Le taux de recrutement de la morue (mais pas de la raie tachetée ni de la merluche) est lié à la biomasse des poissons pélagiques dans l'écosystème, principalement du hareng et du maquereau. Ceci est probablement causé par la prédation sur les œufs et les larves de morue. Les poissons pélagiques en question sont aussi les cibles principales d'importantes industries de pêche dirigée. L'augmentation possible de l'abondance de poissons pélagiques grâce au relâchement de la prédation par les phoques mènerait probablement à l'augmentation des prises maximales autorisées pour la pêche. Par conséquent, on ne s'attend pas à une augmentation importante de la pression de prédation sur les stades précoces des morues. Il semble que les œufs de raies tachetées soient sujets à la prédation par les gastéropodes. Certaines des proies des phoques gris sont elles-mêmes des prédateurs des gastéropodes (par ex.: la tanche-tautogue, la plie rouge) et l'augmentation de leur nombre suite à la diminution de la prédation par les phoques gris pourrait indirectement augmenter la survie des capsules d'œufs.

Prédation sur les juvéniles: Les prédateurs principaux des juvéniles sont les poissons de grande taille. Avec le temps, on s'attend à ce que le rétablissement des adultes de grande taille réduise la survie des juvéniles, ralentissant ainsi la croissance de la population. Suite à l'effondrement des stocks de poissons de grande taille, la mortalité des juvéniles a été très

fortement réduite, ce qui offre une marge considérable pour l'augmentation de la mortalité jusqu'à des niveaux communément observés chez la majorité des populations de poissons marins du monde et qui permettraient néanmoins de maintenir de grandes populations dans le sud du golfe avant les années 1990.

Compétition: Les autres poissons de même taille constituent des compétiteurs importants des poissons juvéniles. Ces compétiteurs sont aussi des proies pour les phoques gris et d'autres poissons démersaux de grande taille tels que la morue adulte, la merluche et la raie. Il est par conséquent possible que ces espèces n'augmentent pas en abondance sur le long terme alors que les poissons deviendraient leurs prédateurs principaux dans l'écosystème. On ne sait pas très bien si les interactions compétitives affectent la performance des juvéniles, ni comment, même si la diminution de la croissance et peut-être l'augmentation du risque de mortalité durant l'hivernage restent des conséquences possibles. Cependant, on s'attend à ce que l'augmentation de la mortalité résultant de la mauvaise condition soit faible par rapport à la diminution de la mortalité naturelle qui a eu lieu pendant les trois dernières décennies.

Bien que cette liste soit loin d'être exhaustive, il n'a pas été possible d'identifier des effets indirects forts et concrets qui auraient pour conséquence une détérioration générale du statut des populations de morues, merluches et raies tachetées du sud du GSL. Cependant, notre compréhension des dynamiques trophiques dans cet écosystème et dans les écosystèmes marins côtiers en général est limitée et par conséquent, on ne peut pas écarter la possibilité de voir apparaître d'autres effets indirects imprévus.

On considère que les risques en ce qui concerne la viabilité de la population de phoques gris de l'Atlantique nord-ouest suite à une réduction modérée de la population sont faibles. Les tendances récentes au sein des trois troupeaux qui constituent la population suggèrent qu'ils sont très productifs et pourraient rapidement retrouver leurs niveaux actuels même avec une réduction totale de 50% (temps de récupération de 10 ans pour l'île de Sable, 18 ans dans le golfe), si leur productivité reste inchangée.

5.1.3.3 L'hypothèse est fausse; des mesures de gestion des phoques sont prises (par erreur)

On prévoit que les tendances de la mortalité naturelle des poissons adultes demeurent telles quelles. Puisqu'on ne suspecte pour l'instant pas d'autre cause de mortalité des adultes qui puisse être directement soumise à des mesures de gestion, on laissera la nature suivre son cours. Les effets indirects sur les poissons juvéniles rapportés au paragraphe 5.1.3.2 pourraient être causés par la réduction de la population de phoques gris. Puisqu'on a peu de preuves que la mortalité naturelle des adultes déclinera de manière importante dans un futur proche, la diminution de la survie des juvéniles, si elle a lieu, accélérerait simplement la disparition inéluctable des populations de la région.

Tel qu'il a été décrit en 5.1.3.2, la population de phoques récupèrera probablement rapidement lorsque cessera le contrôle de la population.

5.1.3.4 L'hypothèse est fausse; aucune mesure de gestion n'est engagée

On prévoit que les tendances de la mortalité naturelle des poissons adultes demeurent telles quelles. Puisqu'on ne suspecte pour l'instant pas d'autre cause de mortalité des adultes qui puisse être directement soumise à des mesures de gestion, on laissera la nature suivre son cours.

5.1.3.5 Conclusions de l'analyse de risques

Tout bien pesé, il semble qu'en entreprenant une réduction du nombre de phoques gris dans l'Atlantique nord-ouest, on réduise les risques écologiques estimés liés au statut des phoques gris, de la morue, de la merluche et de la raie tachetée du sud du golfe. De telles réductions ne présenteraient que des risques de conservation minimales à la population de phoques. Selon le meilleur scénario pour les poissons, la réduction de la mortalité des adultes mettrait fin au déclin de la population et encouragerait peut-être le rétablissement. Dans le pire des cas, les populations de poissons disparaîtraient probablement de la région plus rapidement et l'abattage des phoques mènera à des conséquences imprévues, imprédictibles et non désirées pour l'écosystème.

Les risques peuvent être réduits davantage en surveillant attentivement les taux démographiques des populations de poissons. Selon le scénario décrit en 5.1.3.3, les indices d'une mortalité croissante et non viable des juvéniles, résultant de la réduction du nombre de phoques et de l'absence de déclin de la mortalité naturelle des adultes, devraient être observables après approximativement 5 à 10 années de surveillance. L'arrêt du contrôle de la population de phoques leur permettrait de revenir rapidement à une situation de statu quo, ralentissant ainsi la progression accélérée vers la disparition de la région des trois espèces de poissons.

5.2 Est du plateau néo-écossais – 4VsW

Pour 4VsW, les modèles étudiés ont donné une vaste gamme de résultats reflétant l'incertitude qui entoure les interactions phoque-morue au cours des dernières années. Certains modèles ont établi que la prédation par les phoques n'est pas une composante importante de la mortalité de la morue et ne prédisent donc pas une réponse importante du stock de morues de 4VsW à d'éventuels changements de l'abondance des phoques. D'autres modèles indiquent que la prédation par les phoques pourrait représenter une grande proportion de la mortalité naturelle de la morue, si on suppose que la proportion de morue dans le régime alimentaire est le double des estimations corrigées provenant des échantillons de fèces. Si on intervenait, les conséquences pour la morue d'une réduction de la population de phoques dépendraient de l'âge et du sexe des phoques capturés. Le troupeau de phoques de l'île de Sable est cinq fois plus gros que celui du golfe : une intervention destinée à réduire de manière significative cette population devrait être effectuée à bien plus grande échelle que ce qui a été décrit pour 4T. La capture ou la contraception des femelles adultes représente l'intervention la plus efficace, suivie de la capture des jeunes puis de celle des mâles adultes. Un programme de contrôle des prédateurs ou un programme de contraception de l'ordre de 10 000 phoques par année pendant 5 ans aurait une très faible probabilité d'avoir des conséquences décelables pour la morue. Les conséquences de ne pas prendre de mesure de gestion ne peuvent pas être prédites avec confiance. Le coefficient de variation de la biomasse du stock reproducteur de 4VsW était supérieur à 100%.

6. Exemples de contrôle de prédateurs marins de grande taille dans d'autres régions du monde

Les écologistes savent depuis longtemps que les prédateurs peuvent avoir des impacts importants sur les populations de proies terrestres et aquatiques. L'abattage est communément pratiqué comme moyen de limiter la prédation sur le bétail et le gibier. Les changements de distribution et d'abondance des espèces montrent que ces programmes d'abattage sont très efficaces pour réduire la densité des prédateurs. Ils ont aussi été utilisés afin de réduire certaines populations de mammifères marins dans différents endroits du monde. Les espèces

côtières de pinnipèdes sont généralement ciblées par de tels programmes, mais les dauphins et les grands cétacés ont aussi été l'objet d'abattages. L'importance de la réduction des populations de mammifères marins et la réponse des populations de proies à ces abattages ont rarement été évaluées.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées des études expérimentales pratiquées dans les systèmes terrestres ainsi que des approches de modélisation pour les systèmes aquatiques. Premièrement, la capture de prédateurs peut augmenter la productivité et la taille des populations de proies ciblées, mais ce n'est pas toujours le cas. Deuxièmement, ces études impliquent habituellement la réduction d'une grande proportion (>50%) des populations de prédateurs, probablement pour augmenter la taille d'effet et le pouvoir statistique (capacité de détecter un effet significatif). Troisièmement, les effets des abattages reposent habituellement sur un suivi continu et, en l'absence de contrôle, les bénéfices disparaissent rapidement. Ceci souligne à quel point il est important que les captures de prédateurs constituent une stratégie de gestion à long terme. Quatrièmement, du moins dans le cas des mammifères marins, peu d'études ont exprimé clairement des objectifs mesurables quant au rétablissement et à l'augmentation des populations de proies et ont évalué le succès du programme de contrôle par rapport à ces objectifs. Cinquièmement, l'abattage de prédateurs a souvent des conséquences contre-intuitives et non désirées sur les espèces ciblées ainsi que sur d'autres espèces de proies et de prédateurs.

Malgré la prévalence de ces programmes, leur effectivité, leur efficacité et le rapport entre les bénéfices et les coûts ont été peu étudiés.

Une proposition d'abattage devrait inclure:

1. un énoncé clair des objectifs et des bénéfices attendus,
2. une définition des mesures de performance qui permettront une interprétation quantitative du degré d'atteinte des objectifs et des bénéfices réalisés,
3. l'estimation de la consommation par les phoques des espèces ciblées (par tête), de la mortalité résultant de la prédation par les phoques par rapport aux autres sources de mortalité, ainsi que la taille, la structure par âge et la durée de l'abattage proposé, et la réponse attendue de la population ciblée suite à l'abattage dans un contexte écosystémique (c.-à-d. en tenant compte des réponses à d'autres interactions importantes),
4. la sensibilité ou la robustesse des avantages attendus de l'abattage face aux présuppositions et aux incertitudes, et
5. l'identification de mesures de suivi de la population ciblée, afin d'évaluer les conséquences à long terme de l'abattage.

7. Plan d'une expérience contrôlée permettant de tester l'impact de la capture ciblée de phoques gris sur la mortalité de la morue du sud du golfe

7.1 Plan de l'expérience permettant de tester l'impact du contrôle des phoques gris sur la mortalité de la morue

D'après les réponses aux questions 1 à 6, la mortalité associée à la prédation par les phoques gris semble être un facteur important limitant le rétablissement de la morue et d'autres stocks

de poissons de fond (en particulier les populations de merluches et de raies tachetées) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, là où la distribution des poissons de fond et les concentrations de phoques gris se chevauchent. Ce résultat permet d'émettre l'hypothèse que la réduction des effectifs de phoques gris, particulièrement dans les régions de chevauchement du sud du golfe pourrait conduire au rétablissement des populations de morues et d'autres poissons de fond à cet endroit. Dans le contexte d'une gestion adaptative, basée sur la science et le principe de précaution, il est approprié de tester cette hypothèse en entreprenant un programme contrôlé de réduction des stocks de phoques gris, dans un écosystème attentivement surveillé. L'exécution d'un tel programme suppose:

1. *Un cadre de travail pour une gestion durable* – Le programme est fondé sur des principes bien définis de gestion écosystémique.
2. *Des objectifs de gestion des poissons de fond qui sont de réduire M et de relancer la biomasse du stock reproducteur de la morue et d'autres poissons de fond* – Des captures importantes de phoques gris réduiront la mortalité naturelle (M) de la morue de grande taille; M, dont la valeur actuelle est estimée à 0,63 et n'est pas viable, devrait décliner jusqu'à 0,4. D'après les projections, avec une M de 0,4, la biomasse du stock reproducteur de morue aura une forte probabilité d'augmenter jusqu'à atteindre le point de référence limite qui est de 80 000 t d'ici les 20 prochaines années.
3. *Des objectifs de gestion des phoques gris qui sont de procéder à la capture ciblée de 73 000 phoques gris en 4TVn, plus des captures de maintenance d'un nombre équivalent à la production annuelle* – La priorité est donnée aux captures ciblant les phoques qui s'alimentent de morues et d'autres concentrations de poissons de fond en 4T pendant l'été et en 4Vn pendant l'hiver.
4. *Le maintien du moratoire sur la pêche commerciale* – On maintient le moratoire sur les pêches dirigées en ce qui concerne les objectifs de rétablissement de la biomasse de morue et des autres espèces de poissons de fond.
5. *Le ciblage des périodes et des régions de concentration* – Cibler les phoques gris qui s'alimentent aux endroits et aux périodes de concentration des poissons de fond permettra de faciliter le rétablissement des stocks de poissons de fond.
6. *L'absence de répercussion sur la viabilité des populations de phoques gris* – La capture recommandée de plus de 73 000 phoques gris ne nuira pas à la population de phoques gris du Canada Atlantique. Selon ce programme de capture, la population totale ne tombera pas sous le seuil critique de référence identifié par la stratégie canadienne de gestion des phoques de l'Atlantique.

La conception de l'expérience contrôlée de capture des phoques gris et du programme de gestion pendant ces cinq années d'essai devrait inclure deux étapes: i) la dynamique spatio-temporelle opérationnelle d'un programme de réduction des stocks de phoques gris, et ii) le contexte de gestion de ce programme, dont les détails seront abordés lors d'une prochaine réunion. Au vu des suppositions énumérées ci-dessus, les éléments du programme opérationnel devraient être les suivants:

- *Construction du scénario et modélisation* – Les répercussions des captures de phoques sur le rétablissement de la morue vont être examinées grâce à une suite de modèles établis de manière à améliorer la compréhension des interactions proie-prédateur, à proposer des

scénarios qui augmenteront l'efficacité des mesures de gestion et à réduire le champ des conséquences possibles mais inattendues des captures.

- *Programme sur les mouvements et la distribution* – Des enregistreurs de données biologiques vont être déployés sur des phoques gris et des morues afin d'améliorer notre compréhension de leur distribution et de leurs mouvements. Ces dispositifs nous renseigneront sur le chevauchement géographique et saisonnier entre les deux espèces ainsi que sur le potentiel d'alimentation (pour les phoques) et de mortalité (pour la morue).
- *Concentration des captures dans les régions de chevauchement* – Des concentrations de phoques gris et de morues se chevauchent pendant l'été à Mirachimi-Gaspé, aux îles de la Madeleine et de Port Hood à Cape North; ainsi que pendant l'hiver aux îles de la Madeleine, de Port Hood à Cape North, dans le détroit de Cabot et dans le Sydney Bight. Ces caractéristiques spatio-temporelles permettront de concentrer les captures ciblées de phoques gris dans le sud du golfe à des endroits géographiques précis.
- *Suivi de la population de phoques gris* – Le nombre ainsi que la composition par âge et par sexe des captures de phoques gris vont être surveillés afin de modéliser la dynamique de population des phoques. Des échantillons recueillis lors des captures de phoques gris pourront fournir des informations supplémentaires et nécessaires sur les taux de croissance et de reproduction, les charges de parasites et la composition des régimes alimentaires. Le maintien (et si possible l'augmentation) de la fréquence des relevés sur la population de phoques gris permettra de comprendre les répercussions des captures sur la dynamique des phoques.
- *Suivi des populations de poissons de fond* – L'intensification locale et temporelle des relevés au chalut au sein de l'écosystème expérimental, de même que les relevés au chalut multi-espèces annuels, permettront la collecte d'échantillons destinés à surveiller précisément les paramètres des populations de morues et d'autres espèces proies des phoques gris.

7.2 Stocks, emplacements, méthodologie, calendrier et degré de contrôle nécessaires pour observer l'augmentation de la productivité chez les morues

Les stocks, emplacements, méthodologie, calendrier et degré de contrôle requis sont décrits ci-dessous pour les phoques gris et la morue, sur une période initiale de 5 ans pendant laquelle un processus expérimental de captures sera mené. Les connaissances sur les paramètres biodémographiques des phoques et de la morue permettent de prévoir que la durée de l'expérience devra être allongée de manière à en tirer des résultats sans équivoque.

7.2.1 Phoques gris

Le programme de captures ciblées s'appuie sur les connaissances des mouvements et de la distribution des phoques gris tout au long de leur cycle de vie. Tel qu'il est résumé dans le tableau 6, l'activité principale de capture aura lieu pendant l'hiver et au début du printemps (avec récolte des juvéniles et des adultes post-lactation pour l'huile et la fourrure dans les colonies de mise-bas) et pendant l'été et l'automne sur les sites d'échoueries du golfe et du détroit de Cabot.

Tableau 6. Programme de captures des phoques gris, présentant les stocks, les emplacements, le calendrier, et les mécanismes de contrôle.

Stock	Calendrier:	Hiver-Q1			Printemps-Q2			Été-Q3			Automne-Q4		
		Mois:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Phoques gris	Emplacement:	Îles Pictou et Henry Îles de la Madeleine Îles de Sable et de Hay			Îles Pictou et Henry Îles de la Madeleine Îles de Sable et de Hay			Miramichi-Gaspé Îles de la Madeleine Port Hood à Cape North			Détroit de Cabot Îles de la Madeleine Port Hood à Cape North		
	Activité des phoques:	Mise bas, lactation			Reproduction, dispersion			Alimentation, chasse			Alimentation, chasse		
	Contrôle:	Capture ciblée des mâles, des femelles et des juvéniles post-lactation			Capture ciblée des juvéniles			Capture de toutes classes d'âge par des chasseurs indépendants					
	Suivi:	Échantillonnage d'acides gras			Échantillonnage d'intestins			Récupération des étiquettes & de la mâchoire Échantillonnage d'intestins					
Morue	Emplacement:	4Vn			4Vn, 4T			Miramichi-Gaspé Îles de la Madeleine Port Hood à Cape North			Détroit de Cabot Îles de la Madeleine Port Hood à Cape North		
	Activité des poissons:	Hivernage			Migration, fraie			Alimentation			Alimentation, migration		
	Contrôle:	Programme d'étiquetage acoustique			Échantillonnage des étiquettes			Analyse du réseau alimentaire			Échantillonnage des étiquettes		
	Suivi:	Relevé au chalut			Échantillonnage éclosion printanière			Relevé annuel sur le navire de recherche			Mesures de production benthiques		

Légende:

- signifie chevauchement phoque-morue
- signifie points d'échantillonnage
- signifie activité de captures ciblées

7.2.2 Morue

Les zones de chevauchement entre les morues et les phoques gris fournissent des opportunités pour une protection plus efficace des stocks de morue (et d'autres poissons de fond) dans le sud du golfe. Elles déterminent le domaine spatio-temporel des captures ciblées de phoques gris adultes. Elles sont identifiées dans le tableau 6.

On trouve dans le tableau 6 la meilleure information scientifique disponible concernant les chevauchements de morues et de phoques gris tout au long de l'année dans le sud du golfe du Saint-Laurent (4T) et du Sydney Bight (4Vn). Ces éléments généraux fournissent la base à l'organisation d'une réduction efficace du nombre de phoques gris dans le sud du golfe et, par conséquent, à la réduction de la mortalité naturelle de la morue et d'autres poissons de fond causée par la prédation par les phoques et d'autres effets associés.

Afin d'être couronné de succès, le programme de réduction du nombre des phoques gris proposé dans ce document a besoin de s'inscrire dans un cadre de gestion durable, pour assurer la gouvernance efficace des interventions humaines dans l'écosystème du sud du golfe du Saint-Laurent. Ce cadre déterminera le mécanisme, la portée, l'échelle et la durée de cette

expérience de réduction des effectifs de phoques gris et représente la première étape d'un processus réussi de rétablissement local des stocks de poissons de fond en voie de disparition.

Lacunes dans les connaissances

Régime alimentaire des phoques

Les descriptions du régime alimentaire des phoques, et de ses variations dans l'espace et dans le temps, sont inadéquates sur certains points. Mieux comprendre ce régime alimentaire pourrait permettre de concilier les différences entre les estimations basées sur les contenus intestinaux, les fèces et les analyses chimique du gras. Peu d'études ont porté sur les variations (spatiales et temporelles) de la proportion de morue dans l'éventail des proies disponibles pour les phoques, et sur la manière dont ces variations pourraient affecter la proportion finale de morue dans le régime alimentaire. De ce fait, les réponses fonctionnelles des phoques gris aux changements d'abondance des morues et des autres proies restent mal comprises.

Mortalité des morues

L'approche du poids de la preuve suggère que la prédation par les phoques constitue l'hypothèse la plus probable pour expliquer la mortalité élevée des morues parmi toutes les hypothèses examinées pour la zone 4T. Il est possible qu'il y ait d'autres sources de mortalité qui n'aient pas été prises en considération, ou que certaines des hypothèses envisagées contribuent davantage à la mortalité qu'on ne le pensait. Dans l'une ou l'autre de ces éventualités, la prédation par les phoques pourrait s'avérer une source de mortalité moins importante qu'il ne l'a été suggéré ici.

La morue en 4VsW est sujette à une forte mortalité naturelle qui reste inexpliquée. Aucune autre hypothèse n'a été examinée pour déterminer l'importance de sources de mortalité additionnelles. Si les phoques consomment en fait davantage de morues que ne le suggèrent les analyses du régime alimentaire, alors leur contribution à la mortalité M pourrait être d'autant plus grande.

Écosystème

Les phoques gris sont des prédateurs généralistes et leur rôle dans l'écosystème est sans doute plus complexe que ne le décrit une simple relation entre deux espèces. Ce rôle devrait être étudié de manière plus approfondie au moyen d'une série de modèles de complexité croissante, du modèle minimal capable de décrire de manière réaliste les interactions multi-spécifiques, jusqu'aux modèles de l'écosystème tout entier. Une telle étude aurait deux objectifs importants : i) explorer les interactions indirectes, qui pourraient avoir des résultats difficiles à prévoir, voire contre-intuitifs ; et ii) améliorer notre compréhension de la relation entre les changements de M et l'augmentation des populations de phoques. Ce dernier point est préoccupant car le niveau de mortalité des morues adultes est similaire en 4T et en 4VsW malgré la densité quatre fois plus élevée de phoques en 4VsW. Nous ne savons donc pas si les phoques interagissent avec la morue de la même manière au sein de toute la zone où ces deux espèces se chevauchent, et il n'existe aucune méthode de quantification des interactions morue-phoque gris qui puisse donner des résultats cohérents pour différentes combinaisons d'abondances de phoques et de morues.

Environnement

Les projections issues des modèles sont basées sur un certain nombre de présuppositions. Elles supposent en particulier que la productivité se maintiendra aux niveaux observés ces vingt

dernières années. Ces prédictions pourraient s'avérer incorrectes si les conditions environnementales venaient à changer, ou si les autres présuppositions des modèles étaient inexactes. Les projections à long terme de l'impact de la prédation des morues par les phoques gris sont particulièrement peu fiables.

SOURCES D'INFORMATION

DFO. 2003. Eastern Scotian Shelf Cod. DFO Sci. Stock Status Report. 2003/020.

Trzcinski, M.K., R. Mohn and W. D. Bowen. 2006. Continued decline of an Atlantic cod population: how important is gray seal predation? *Ecol. Apps.* 16: 2276 – 2292.

Trzcinski, M.K., R. Mohn and W.D. Bowen. 2009. Estimating the impact of Grey seals on the Eastern Scotian Shelf and Western Scotian Shelf cod populations. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/052. viii + 19 p.

POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS

Contact: Mike Hammill
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice Lamontagne, PO Box 1000
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4
Tél: 418-775-0580
Télécopieur: 418-775-0740
Courriel: mike.hammill@dfo-mpo.gc.ca

Ce rapport est disponible auprès du:

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200, rue Kent
Téléphone: (613) 990-0293
Télécopieur: (613) 990-2471
Courriel: csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1919-5109 (Imprimé)
ISSN 1919-5117 (En ligne)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2011

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

**LA PRÉSENTE PUBLICATON DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :**

MPO. 2011. Impacts des phoques gris sur les populations de poissons de l'est du Canada.
Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/071.