



MISE À JOUR SUR L'ÉTAT DES STOCKS DE CAPELAN DANS LES DIVISIONS 2J3KL DE L'OPANO POUR 2022

Contexte

La présente réponse des Sciences découle de l'examen par les pairs régional qui s'est tenu les 14 et 15 mars 2022 sur la mise à jour de l'état des stocks de capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J3KL, conformément à la demande du Secteur de la gestion des ressources de Pêches et Océans Canada (MPO). Une réunion régionale complète d'examen par les pairs, prévue du 8 au 11 mars 2022, a été annulée en raison de la réduction de la couverture spatiale des relevés acoustiques de printemps et des relevés plurispécifiques d'automne au chalut de fond sur le capelan en 2021. Les limitations de données qui en ont résulté ont empêché le Secteur des sciences du MPO de procéder à une évaluation complète du stock. Il a été décidé que le Centre des avis scientifiques de la région de Terre-Neuve-et-Labrador organiserait plutôt une mise à jour interne du stock par le MPO.

La dernière évaluation complète de ce stock remonte à 2021 et comprenait des données indépendantes de la pêche et des données sur la pêche commerciale jusqu'en 2020, ainsi qu'une prévision de la biomasse de capelan pour le relevé acoustique du printemps (mai) 2021. Cette mise à jour repose sur de nouvelles données indépendantes de la pêche et sur les données concernant les prises de 2021.

Renseignements de base

Depuis 1992, le capelan des divisions 2J, 3K et 3L de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) est évalué comme un seul complexe de stocks (figure 1). Deux autres stocks de capelan sont évalués dans les eaux canadiennes : celui du golfe du Saint-Laurent (divisions 4RST) et celui du Platier (divisions 3NO; évalué par l'OPANO); un autre stock, sur la côte sud de Terre-Neuve (sous-division 3Ps), n'est pas évalué.

Le capelan est une espèce de poisson fourrage clé dans l'écosystème de Terre-Neuve-et-Labrador. Il passe la majeure partie de sa vie au large du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, mais migre pour la reproduction au printemps et en été vers les zones côtières du sud et du nord-est de Terre-Neuve, jusqu'au nord du Labrador, où il fraye sur les plages et dans les habitats d'eaux profondes proches du rivage. Le stock de capelan des divisions 2J3KL s'est effondré au début des années 1990 et n'a depuis connu qu'un rétablissement minime dans les 30 dernières années (examen dans Buren *et al.* 2019). L'indice de la biomasse selon le relevé acoustique annuel de printemps, essentiellement composé de capelans immatures d'âge deux, a baissé de plus d'un ordre de grandeur; il est passé du pic de la série chronologique de six millions de tonnes (t) à la fin des années 1980 à moins de 150 000 tonnes en 1991. Depuis 1991, l'indice est demeuré faible, avec une moyenne de 250 000 tonnes sur les trois dernières décennies. Autrefois, le capelan arrivait à maturité et frayait à l'âge 3 ou 4. Après l'effondrement du stock, les capelans immatures ont connu des taux de croissance plus rapides et sont arrivés à maturité plus tôt, à l'âge 2 ou 3, peut-être en raison d'un mécanisme d'adaptation à une concurrence moindre pour la nourriture. Pendant les périodes où les poissons immatures ont des taux de croissance élevés, les classes d'âge

arriveront à maturité et frayeront à un âge plus jeune (Ricker 1981). De plus, puisque la majorité des capelans de Terre-Neuve sont sémelpares (Winters et Carscadden 1978, Shackell *et al.* 1994, Burton et Flynn 1998), des taux de croissance accrus chez les poissons immatures et une maturation précoce produisent une population reproductrice à la fois plus jeune et plus petite en longueur par rapport aux poissons qui arrivent à maturité et frayent à des âges plus avancés. Lorsque le stock s'est effondré, le capelan a connu un retard abrupt et persistant dans les périodes de fraie sur les plages, la fraie ayant lieu environ 18 jours plus tard de 1991 à 2019 par rapport à la majeure partie du 20^e siècle (de 1919 à 1990). La reproduction a été minimale sur les plages du Labrador depuis l'effondrement du stock (Murphy *et al.* 2021). La force de la classe d'âge est déterminée tôt dans le cycle biologique du capelan (Murphy *et al.* 2018) et on prévoit des classes d'âge faibles lorsque la fraie est plus tardive en été (Murphy *et al.* 2021).

Description de la pêche commerciale

Le capelan faisait autrefois l'objet de pêches côtières sur les plages de fraie aux fins d'alimentation, de fabrication d'engrais ou d'approvisionnement en poissons-appâts. Une pêche dirigée étrangère dans les zones hauturières, menée par de grands navires, a commencé au début des années 1970; elle a été fermée dans la division 3L en 1979 et dans les divisions 2J3K en 1992 (figure 2). Les prises hauturières ont culminé en 1976 à 250 000 tonnes. À la fin des années 1970, une pêche côtière ciblant les femelles roguées, menée par de petits navires, a débuté. La pêche côtière utilise des pièges à capelan, des sennes coulissantes et, moins fréquemment, des sennes de plage. Depuis 1998, des sennes de plage modifiées (senne tuck) ont été déployées pour cibler le capelan en eaux profondes. Les débarquements de la pêche côtière ont atteint un pic d'environ 80 000 tonnes entre 1988 et 1990 (figure 2). Depuis 1991, les débarquements annuels sont en moyenne d'environ 25 000 t (figure 2). Certaines années, l'effort de pêche et les débarquements de capelan subissent l'effet négatif de la faiblesse des prix, de la capacité de transformation limitée, des marchés internationaux (décisions relatives aux quotas en Islande et en Norvège) et de la rentabilité relative de pêches concurrentes comme celle du crabe des neiges. Ces facteurs peuvent entraîner une réduction de la participation à la pêche dans certaines baies, et les totaux autorisés des captures (TAC) ne sont alors pas atteints. D'autres années, l'arrivée du capelan dans certaines baies peut être plus tardive que prévu, ce qui amène les usines de transformation du poisson à se tourner vers d'autres espèces. C'est pourquoi le taux de capture commerciale du capelan est extrêmement stable et ne reflète pas nécessairement l'état du stock, de sorte que l'on n'utilise plus le taux de capture dans l'évaluation du stock de capelan dans les divisions 2J3KL depuis les années 1990.

Analyse et réponse

Renseignements sur l'écosystème

Le capelan constitue le niveau trophique intermédiaire d'un écosystème de type « taille de guêpe » (Cury *et al.* 2000), dans lequel quelques espèces fourragères transfèrent l'énergie des niveaux trophiques inférieurs (zooplancton) aux prédateurs des niveaux trophiques supérieurs. La dynamique des populations de capelan est influencée par des facteurs ascendants tels que le climat et la dynamique des populations de zooplancton (Buren *et al.* 2014a) et le capelan, à son tour, joue un rôle vital dans l'écosystème plus large en influençant la dynamique des populations de ses prédateurs (Buren *et al.* 2014b, Koen-Alonso *et al.* 2021).

Le climat de Terre-Neuve-et-Labrador fluctue à l'échelle décennale, et peut avoir des effets sur la productivité des écosystèmes. Depuis 2018, on observe une tendance au réchauffement, 2021 étant l'une des années les plus chaudes jamais enregistrées (à égalité avec 2010 et 1966), avec un écart-type (ET) de +1,3 au-dessus de la moyenne de 1991 à 2020 pour l'indice climatique de la province (figure 3). Bien que l'on ignore en grande partie l'effet des variations à grande échelle du climat océanique sur le capelan, des recherches récentes ont montré que l'oscillation nord-atlantique estivale et les indices climatiques de Terre-Neuve-et-Labrador étaient des prédicteurs de la période de fraie du capelan (Murphy *et al.* 2021). On a posé l'hypothèse que la variabilité interannuelle de la disponibilité des proies associée aux changements dans la période du recul de la glace de mer au printemps influence le capelan adulte et, par extension, sa biomasse (Buren *et al.* 2014a).

Une tendance générale d'apparition plus précoce de la prolifération phytoplanctonique printanière se dégage depuis le milieu des années 2010, avec des effets mitigés sur la production printanière totale (figure 4). Les changements dans la structure de la communauté zooplanctonique étaient également évidents au cours de la même période, avec une tendance à l'augmentation de l'abondance des grands copépodes riches en lipides (par exemple, *Calanus finmarchicus*) et une tendance à la diminution de l'abondance des petits copépodes (par exemple, *Pseudocalanus* spp.). Ils se sont traduits par une augmentation globale de la biomasse totale du zooplancton (figure 5; MPO 2021). Ces changements dans la communauté zooplanctonique laissent supposer une amélioration des conditions de quête de nourriture pour le capelan adulte (Buren *et al.* 2014a), mais peut-être une détérioration pour les larves (Murphy *et al.* 2018).

La communauté de poissons du plateau de Terre-Neuve et du nord du Grand Banc (divisions 2J3KL de l'OPANO) était dominée par les poissons à nageoires (capelan et poissons de fond) dans les années 1980, mais ces populations se sont effondrées au début des années 1990, tandis que les mollusques et crustacés proliféraient (Koen-Alonso and Cuff 2018, Buren *et al.* 2019). Même avec les augmentations des mollusques et crustacés depuis les années 1990, la biomasse totale est bien inférieure aux niveaux d'avant l'effondrement. Après les déclin du milieu à la fin des années 2010, la biomasse semble se redresser modérément au niveau de la communauté de poissons dans les divisions 2J3K (pas de données pour la division 3L en 2021; figure 6A). La biomasse du capelan dans le relevé au chalut de fond en 2021 étant la plus élevée depuis 2014 (figure 6B). La répartition du capelan à l'automne 2021 s'est étendue vers le nord jusqu'au Labrador (division 2J), une caractéristique des années de plus grande abondance (2012 à 2014; figure 6C). L'abondance du capelan d'âge 2 dans le relevé d'automne au chalut de fond était élevée en 2021. D'après les années précédentes (2012 à 2015), cette tendance laisse supposer la possibilité d'une forte abondance du capelan dans le relevé acoustique de printemps en 2022 (figure 6D).

La consommation de capelan par les groupes fonctionnels de poissons qui sont considérés comme des prédateurs d'espèces fourragères (les benthivores de taille moyenne et grande, les plancto-piscivores et les piscivores) dans les divisions 2J3K a augmenté en 2020–2021 par rapport à 2019 (figure 7A). La proportion de capelan dans le régime alimentaire de ses principaux prédateurs, la morue franche et le flétan noir (flétan du Groenland), a augmenté pour en représenter respectivement près d'un quart et de la moitié dans la division 2J en 2021 (figure 7B). Les tendances alimentaires pour le sébaste ne sont pas concluantes en raison de la petite taille des échantillons. Les changements dans le régime alimentaire étaient relativement mineurs dans la division 3K et il n'y avait pas de données sur le régime alimentaire dans la division 3L en 2021 (figure 7B). Si la consommation et le régime alimentaire des prédateurs à

l'automne sont un indicateur de la biomasse du capelan au printemps suivant, ce que nos analyses permettent de penser, on s'attendrait à une amélioration de la biomasse dans le relevé acoustique de 2022 sur le capelan.

On avait prédit que la biomasse de capelan augmenterait dans le relevé acoustique du printemps 2021 par rapport à 2019–2020, d'après les modèles utilisant les estomacs échantillonnés (c'est-à-dire que les deux proies dominantes dans les estomacs des poissons échantillonnés sont enregistrées pendant le relevé plurispécifique d'automne dans les divisions 2J3K) de la morue franche et du flétan noir. Ces modèles relient les estimations acoustiques de la biomasse du capelan et la probabilité moyenne que des capelans se trouvent dans les estomacs des prédateurs par une formule dérivée de la réponse fonctionnelle du prédateur. Le modèle de la morue franche a prédit une augmentation plus modeste que celui de flétan noir (figure 8; voir la structure et les diagnostics du modèle, ainsi que les intervalles de confiance, à l'annexe 3).

Une incertitude importante entoure chacune des analyses ci-dessus; toutefois, le poids de la preuve indique des signes positifs pour la biomasse du capelan en 2022.

Pêche

En 2021, la pêche commerciale dans les divisions 2J3KL a débarqué 13 945 t (96 % du TAC de 14 533 t pour les divisions 2J3KL+ 3Ps; figure 2). Le TAC du capelan a été réduit de 35 % en 2018, et deux fois depuis, en 2020 (15 %) et 2021 (24 %).

Indicateurs de l'état du stock

L'évaluation du stock de capelan repose principalement sur deux sources de données indépendantes de la pêche : un indice de la biomasse du capelan (principalement d'âge 2), tiré du relevé acoustique du printemps dans la division 3L et le sud de la division 3K; et un indice de l'abondance des larves de capelan sur la plage Bellevue, dans la baie Trinity (division 3L). En raison de la pandémie de COVID-19, il n'y a pas eu de relevé acoustique printanier en mai 2020. En 2021, comme les navires de recherche hauturiers n'étaient pas disponibles, deux chalutiers crevettiers de 65 pieds ont été engagés pour effectuer un relevé acoustique de trois strates extracôtières dans la division 3L en juin (12 strates en mer font l'objet d'un relevé au cours d'une année typique; figure 9). Ces trois strates principales (strates A, B, C) contiennent généralement environ 60 % de la biomasse du relevé chaque année. En 2020 et 2021, nous avons pu réaliser notre protocole d'échantillonnage habituel à la plage Bellevue, comme décrit dans Nakashima et Mowbray 2014.

Les autres données utilisées dans la présente réponse des Sciences sont la période de la fraie sur les plages, les caractéristiques biologiques du capelan (âge, longueur, état) tirées des relevés acoustiques modifiés de printemps et des relevés plurispécifiques d'automne au chalut de fond (uniquement dans les divisions 2J3K), ainsi que les données biologiques des poissons reproducteurs tirées des prises commerciales. Le modèle de prévision du capelan utilise l'indice larvaire de la plage Bellevue, la densité estivale de *Pseudocalanus* spp., l'état du capelan à l'automne d'après le relevé au chalut de fond dans les divisions 2J3KL et la période du recul de la glace de mer. Il prévoit la biomasse de capelan disponible pour le relevé acoustique de printemps de l'année en cours et produit une prévision partielle pour l'année suivante. Comme les relevés acoustiques sont manquants ou incomplets pour deux années consécutives, nous ne pouvons pas réajuster le modèle avec des données supplémentaires et il y a peu de données acoustiques disponibles pour vérifier les prévisions du modèle pour 2020 et 2021, ce qui est considéré comme une pratique exemplaire. En outre, il n'y a pas de données disponibles

sur l'état à l'automne dans la division 3L en 2021, car le relevé plurispécifique d'automne n'a pas couvert cette division. Ainsi, on n'utilisera pas le modèle de prévision du capelan pour prévoir la biomasse du capelan dans le relevé acoustique de printemps pour mai 2022 (estimation en cours de saison) et mai 2023. Toutefois, nous présenterons des résultats sur la façon dont les résultats du relevé acoustique partiel de 2021 correspondaient à l'intervalle de prévision du modèle du capelan pour 2021 (MPO 2022), en utilisant des données actualisées dans le modèle de prévision (par exemple, la période connue du recul de la glace de mer en 2021).

Période de fraie sur les plages

Les données sur les périodes de fraie sur les plages ont été recueillies à la plage Bellevue (de 1990 à 2021) par le MPO et par un réseau d'environ 18 scientifiques citoyens, qui vérifiaient leurs plages locales dans les divisions 3KL+3Ps tous les un à deux jours en été (juin-août) et enregistraient leurs observations du comportement reproducteur du capelan dans un journal de frai (de 1991 à 2021) [Murphy *et al.* 2021]. Le jour du pic de la fraie à la plage Bellevue a été le 20 juin 2021. Le programme des scientifiques citoyens a surveillé vingt plages en 2021; aucun comportement reproducteur n'a été enregistré sur trois plages (une plage dans la sous-division 3Ps et deux plages dans la division 3K) (figure 10). Le jour médian du pic de la fraie en 2021 était le 22 juin, 17 jours plus tôt que la médiane entre 1991 et 2020 (9 juillet). La fraie a commencé dans la sous-division 3Ps (12 juin; seulement deux plages surveillées), puis dans la division 3K (19 juin) et la division 3L (27 juin). Il est atypique qu'elle ait lieu dans la division 3K avant la division 3L. La fraie précoce sur les plages en 2021 peut être de bon augure pour la production d'une classe d'âge forte en 2021, car une fraie précoce prédit des classes d'âge plus fortes (Murphy *et al.* 2021).

Indice larvaire de la plage Bellevue

Le recrutement du capelan d'âge 2 était lié à l'indice de l'abondance larvaire de la plage Bellevue pour les années 2001 à 2013 (Murphy *et al.* 2018). De 2001 à 2021, dans la zone littorale adjacente à la plage Bellevue, on a réalisé un relevé tous les un à trois jours, du début à la fin de l'émergence des larves, en utilisant des traits de plancton de surface (Nakashima et Mowbray 2014). L'indice larvaire du capelan est inférieur à la moyenne depuis 2014 et a atteint un creux de la série chronologique en 2020 (figure 15). Même si la fraie a eu lieu plus tôt à la plage Bellevue en 2021, l'indice larvaire est resté inférieur à la moyenne (399 larves m⁻³, ET : ± 106 m⁻³; moyenne de 2002 à 2012 : 1 949 larves m⁻³). L'abondance des larves a été faible pendant huit années consécutives (de 2014 à 2021), y compris toutes les classes d'âge disponibles pour la pêche en 2022 (figure 11).

Indice des relevés acoustiques de printemps

Les relevés acoustiques de printemps (mai) sur le capelan ont été effectués sous leur forme actuelle dans la plupart des années depuis 1988 : 1988 à 1992, 1996, 1999 à 2005, 2007 à 2015, 2017 à 2019 et 2021 (couverture partielle) [figure 12A]. À la suite d'une période de biomasse très faible dans les années 1990 et au début des années 2000, l'indice acoustique de la biomasse du capelan a augmenté entre 2007 et 2012, à l'exception d'une valeur exceptionnellement basse enregistrée en 2010. De 2013 à 2015, l'indice de la biomasse était aux niveaux les plus élevés observés depuis 1990. Depuis 2015, il est comparable aux niveaux observés dans les années 2000. L'indice de la biomasse du capelan lors du dernier relevé acoustique complet de 2019 était de 283 kt (intervalle de confiance à 95 % : 239–356 kt), similaire à la moyenne de 1999 à 2019 (272 kt), tout en restant bien inférieur à la moyenne

observée à la fin des années 1980 (1988 à 1990; 4 593 kt) [figure 12A]. En 2021, le résultat du relevé acoustique partiel de printemps dans les strates A, B, C était de 474 kt (intervalle de confiance à 95 % : 319–578 kt) [figure 12B].

Les résultats du relevé acoustique sur le capelan de 2021 s'accompagnent de plusieurs mises en garde importantes. Tout d'abord, le relevé a généralement lieu en mai, mais en 2021, il a été mené en juin pour la première fois depuis 2003. Comme la fraie est intervenue à la mi-juin en 2021, le relevé acoustique a donc été le plus proche de la période de reproduction par rapport à tous les autres relevés acoustiques effectués depuis l'effondrement. Du fait de ce changement dans le calendrier du relevé, il est possible que les poissons immatures aient été plus disponibles pour le relevé puisque les poissons plus âgés et matures d'âge 2+ s'étaient déjà déplacés vers la côte pour frayer et n'ont pas été comptabilisés. L'abondance élevée de poissons d'âge 1 dans la zone du relevé peut également s'expliquer par une forte classe d'âge de 2020 ou l'émigration des poissons d'âge 1 loin des baies vers les zones au large pour éviter la prédation. Les relevés acoustiques de 1991, effectués en mai et en juin, ont également révélé une biomasse plus élevée de poissons d'âge 1 et une biomasse plus faible de poissons plus âgés en juin (Miller et Carscadden 1991). Ensuite, peu d'échantillons de capelan ont été prélevés pendant le relevé acoustique, en particulier dans les strates B et C (un échantillon dans chaque strate; tableau 1), avec seulement cinq traits de chalut comparativement aux 25 à 50 traits habituels pour toute la zone du relevé. Les échantillons de capelan sont utilisés pour déterminer la composition selon l'âge, calculer les estimations de la biomasse et « vérifier sur le terrain » le signal acoustique, car la morue arctique et le lançon sont également présents dans la zone du relevé et il est important de confirmer que le signal acoustique provient du capelan. Il convient donc de prendre en compte les résultats du relevé de juin 2021 avec prudence pour comparer les tendances de la biomasse et de la biologie aux relevés généralement effectués en mai.

Caractéristiques biologiques (âge, longueur, état)

En raison des limites documentées du relevé acoustique de juin 2021, seuls les résultats du relevé sans regroupement par âge pour le capelan immature d'âge 2 sont présentés, et les analyses des poissons d'âge 1 et des poissons matures d'âge 2+ sont exclues de la réponse des Sciences compte tenu de la migration potentielle dans la zone du relevé ou de l'émigration loin de celle-ci. L'indice de la biomasse des poissons immatures d'âge 2 était le deuxième plus élevé dans la série chronologique de la zone du relevé partiel (strates A, B et C; 2000 à 2021) [figure 13], mais toujours bien en dessous de l'indice de la biomasse des poissons d'âge 2 de la fin des années 1980 (non représenté).

En 2021, la distribution des fréquences de longueur du capelan débarqué dans la pêche commerciale a affiché une augmentation de la proportion de poissons plus gros par rapport à 2020 et 2019 (figure 14). Le capelan débarqué en 2014 et 2015 était le plus gros de la série chronologique après l'effondrement (figure 14).

On utilise l'état relatif (Le Cren 1951) des capelans d'âge 1 et d'âge 2 collectés lors des relevés au chalut de fond d'automne dans le modèle de prévision du capelan en posant l'hypothèse qu'il est corrélé avec la survie hivernale des adultes (Lewis *et al.* 2019). Les états relatifs étaient parmi les plus élevés de la série chronologique en 2020 et 2021 (figure 15). En 2021, l'état relatif dans les divisions 2J3K était le plus élevé de la série chronologique, marginalement plus haut qu'en 2020. L'état relatif des poissons des divisions 2J3K en 2021 ne couvre pas toute la zone du stock de capelan et doit être considéré avec prudence.

Modèle de prévision du capelan

Le stock de capelan des divisions 2J3KL est généralement évalué en fonction des tendances réelles et projetées de l'indice de la biomasse acoustique du printemps. L'adéquation de chaque projection du modèle de prévision du capelan (un ensemble de sept modèles de prévision est exécuté chaque année) est évaluée à l'aide d'une combinaison du critère d'information de déviation, du R^2 bayésien et de la capacité de chaque modèle à saisir dans ses intervalles de crédibilité à 95 % les estimations de l'indice de la biomasse du capelan provenant des relevés acoustiques printaniers antérieurs. L'effet de l'abandon d'une année de relevé pour produire des prévisions sur le capelan a été examiné lors de l'évaluation du stock de capelan de 2021 (MPO 2022). Les prévisions pour lesquelles il manque les données du relevé acoustique des deux dernières années ont produit des résultats similaires à ceux des prévisions qui intégraient ces données, ce qui indique que le modèle de prévision résiste à de courtes lacunes dans la disponibilité des données jusqu'au relevé de 2019 inclus (MPO 2022).

Nous voulions évaluer comment les résultats des relevés acoustiques partiels s'inséraient dans l'intervalle de prédiction du modèle de prévision du capelan pour 2021 afin de déterminer des augmentations ou des diminutions significatives du stock de capelan puisqu'il manquait deux années de relevés acoustiques à couverture intégrale. Nous n'avons pas inclus de prédiction pour 2022, car il n'a pas été possible de mettre le modèle à jour en raison de limitations des données (absence de données sur l'état en automne dans la division 3L en 2021; impossibilité de réajuster le modèle avec les estimations de la biomasse acoustique du capelan pour 2020 et 2021). Le meilleur modèle (fondé sur le critère d'information de déviation et le R^2 bayésien) de l'ensemble des modèles exécutés chaque année était le même que celui présenté dans l'évaluation du stock de capelan de 2021, mais avec une valeur actualisée pour la période du recul de la glace de mer, puisqu'on la connaît maintenant. La biomasse observée dans le relevé acoustique partiel de 2021 sur le capelan était supérieure à la médiane de l'intervalle de prédiction de 2021 et se situait à l'intérieur des intervalles de prédiction de 50 % et de 80 %, donnant à penser qu'il n'y a pas eu d'augmentation ou de diminution inattendue du stock en 2021 (figure 16).

Sources d'incertitude

Deux années consécutives de lacunes dans la collecte de données en raison de la pandémie de COVID-19 et de la disponibilité des navires de recherche ont limité notre capacité à fournir des avis scientifiques pour cette espèce de poisson fourrage à courte durée de vie (généralement deux à trois ans).

Comme toutes les populations de poissons fourrage, le capelan est caractérisé par une dynamique des populations en dents de scie, qui dépend principalement de facteurs environnementaux. Le capelan a connu une période de faible productivité pendant 30 ans (de 1991 à 2021). Les changements climatiques sont associés à une augmentation de l'ampleur et de la fréquence des anomalies des paramètres environnementaux, dont les conséquences sont inconnues pour la dynamique des stocks de capelan.

L'indice larvaire de la plage Bellevue repose principalement sur la productivité d'une seule plage de fraie. On ignore actuellement la contribution des habitats de fraie côtiers en eaux profondes au recrutement du capelan, mais des recherches sont en cours à ce sujet.

L'enveloppe estimée de la consommation de capelan par les poissons reste vaste et dépend fortement de l'importance de ces espèces dans la prédation globale. Si les analyses d'ordre de grandeur ont indiqué que les poissons sont les principaux consommateurs du capelan, la

consommation de l'espèce par les mammifères marins et les oiseaux de mer reste une grande source d'incertitude.

Les effets de la mortalité par pêche sur le stock de capelan n'est pas quantifié et sont généralement mal compris, en particulier son effet ciblé sur les femelles œuvées avant la fraie qui ont déjà survécu à la prédation et à d'autres sources de mortalité naturelle.

Conclusions

Le relevé acoustique de mai 2021 n'a pas été possible en raison de problèmes de disponibilité des navires de recherche hauturiers. Les résultats du relevé de printemps modifié de juin 2021 n'étaient pas directement comparables à ceux des relevés de mai réalisés les années précédentes.

L'indice du relevé acoustique partiel de printemps de 2021 se situait dans les limites de la prévision présentée lors de l'évaluation du capelan de 2021, et rien n'indique que le stock ait connu une baisse ou une hausse inattendue. En raison des limites des données, il n'a pas été possible d'utiliser le modèle de prévision du capelan pour fournir un avis sur la pêche du capelan en 2022.

La pêche commerciale a débarqué 96 % du total autorisé des captures (TAC) des divisions 2J3KL + 3Ps en 2021 (13 945 t du TAC de 14 533 t).

La plupart des analyses effectuées pour cette mise à jour indiquent un environnement positif pour la production de capelan en 2021, notamment la fraie sur plage la plus précoce depuis les années 1980, le bon état du capelan à l'automne, la consommation accrue du capelan suggérant une disponibilité accrue du capelan, le nombre élevé de capelans d'âge 2 dans le relevé acoustique partiel et les relevés plurispécifiques d'automne, les tendances au réchauffement de l'océan, les efflorescences printanières plus précoces et l'abondance accrue de grands copépodes. Cependant, la faible productivité larvaire, élément clé du modèle de prévision, donne à penser que la productivité du stock restera faible.

En raison de l'incertitude concernant le niveau du stock de 2021 et de l'absence de projections pour 2022, il n'a pas été possible de mettre à jour l'état du stock. Étant donné le rôle écologique important de cette espèce, une approche prudente de la gestion de la pêche est conseillée.

Collaborateurs

NOM	ORGANISME D'APPARTENANCE
Nadine Wells	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Elizabeth Coughlan	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Hannah Murphy	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Eugene Lee	Région de T.-N.-L., MPO – Centre des avis scientifiques
Christina Bourne	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Ryan Critch	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des communications

NOM	ORGANISME D'APPARTENANCE
Erin Dunne	Région de T.-N.-L., MPO – Gestion des ressources
Keith Lewis	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
David Bélanger	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Aaron Adamack	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Derek Osbourne	Région de T.-N.-L./région de la capitale nationale, MPO – Secteur des sciences
Trevor Fradsham	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Pierre Pepin	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Atef Monsour	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Samantha Trueman	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Robert Deering	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Heather Andres	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Nancy Soontiens	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Paul Regular	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Rajeev Kumar	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Fran Mowbray	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Karen Dwyer	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Kelly Antaya	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Dwayne Pittman	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Hannah Polaczek	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Brandon Tilley	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Kyle Lefort	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Elaine Hynick	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Paula Lundrigan	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences

NOM	ORGANISME D'APPARTENANCE
Vladislav Petrusевич	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Luiz Mello	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Frederic Cyr	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Laura Wheeland	Région de T.-N.-L., MPO – Secteur des sciences
Stéphane Plourde	Région du Québec, MPO – Secteur des sciences
Mathieu Boudreau	Région du Québec, MPO – Secteur des sciences
Andrew Smith	Région du Québec, MPO – Secteur des sciences
Jennes Cawthray	Région de la capitale nationale, MPO – Secteur des sciences

Approuvé par

K. Clarke
 Directeur régional des Sciences par intérim
 Région de Terre-Neuve-et-Labrador
 Pêches et Océans Canada
 Le 23 novembre 2022

Sources de renseignements

- Buren, A.D., Koen-Alonso, M., Pepin, P., Mowbray, F., Nakashima, B., Stenson, G., Ollerhead, N., and Montevecchi, W.A. 2014a. [Bottom-Up Regulation of Capelin, a Keystone Forage Species](#). PLoS ONE 9(2): 1–11.
- Buren, A.D., Koen-Alonso, M., and Stenson, G.B. 2014b. [The role of harp seals, fisheries and food availability in driving the dynamics of northern cod](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 511: 265–284.
- Buren, A.D., Murphy, H.M., Adamack, A.T., Davoren, G.K., Koen-Alonso, M., Montevecchi, W.A., Mowbray, F.K., Pepin, P., Regular, P.M., Robert, D., Rose, G.A., Stenson, G.B., and Varkey, D. 2019. [The collapse and continued low productivity of a keystone forage fish species](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 616: 155–170.
- Burton, M.P.M., and Flynn, S.R. 1998. [Differential postspawning mortality among male and female capelin \(*Mallotus villosus* Müller\) in captivity](#). Can. J. Zool. 76(3): 588–592.
- Cury, P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quiñones, R.A., Shannon, L.J., Verheye, H.M. 2000. [Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems](#). ICES J. Mar. Sci. 57(3): 603–618.
- Cyr, F., and Galbraith, P.S. 2021. A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf. Earth Syst. Sci. Data. 13(5): 1807–1828.

- Koen-Alonso, M. 2007. [A Process-Oriented Approach to the Multispecies Functional Response](#). In: Rooney, N., McCann, K.S., and Noakes, D.L.G. (eds.) From Energetics to Ecosystems: The Dynamics and Structure of Ecological Systems. Vol. 1. Springer, Dordrecht. 1–36.
- Koen-Alonso, M., and Cuff, A. 2018. Status and trends of the fish community in the Newfoundland Shelf (NAFO Div. 2J3K), Grand Bank (NAFO Div. 3LNO) and Southern Newfoundland Shelf (NAFO Div. 3Ps) Ecosystem Production Units. Serial No. N7023. NAFO SCR Doc. 18/070. 11 p.
- Koen-Alonso, M., Lindstrøm, U., and Cuff, A. 2021. [Comparative Modeling of Cod-Capelin Dynamics in the Newfoundland-Labrador Shelves and Barents Sea Ecosystems](#). Front. Mar. Sci. 8: 1–15.
- Le Cren, C.D. 1951. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in Perch (*Perca fluviatilis*). J. Anim. Ecol. 20(2): 201–219.
- Lewis, K.P., Buren, A.D., Regular, P.M., Mowbray, F.K., and Murphy, H.M. 2019. [Forecasting capelin *Mallotus villosus* biomass on the Newfoundland shelf](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 616: 171–183.
- Miller, D., and Carscadden, J. 1991. Results of Two Acoustic Surveys of Capelin (*Mallotus villosus*) in NAFO Divisions 3L in 1991. Serial No. N2016. NAFO SCR Doc. 91/123. 6 p.
- MPO. 2021. [Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/026.
- MPO. 2022. [Évaluation du capelan des divisions 2J3KL en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/013.
- Murphy, H.M., Pepin, P., and Robert, D. 2018. [Re-visiting the drivers of capelin recruitment in Newfoundland since 1991](#). Fish. Res. 200: 1–10.
- Murphy, H.M., Adamack, A.T., and Cyr, F. 2021. Identifying possible drivers of the abrupt and persistent delay in capelin spawning timing following the 1991 stock collapse in Newfoundland, Canada. ICES J. Mar. Sci. 78(8): 2709–2723.
- Nakashima, B.S., and Mowbray, F.K. 2014. [Capelin \(*Mallotus villosus*\) recruitment indices in NAFO Division 3KL](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/091 v + 27 p.
- Ricker, W.E. 1981. [Changes in the Average Size and Average Age of Pacific Salmon](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38(12): 1636–1656.
- Shackell, N.L., Shelton, P.A., Hoenig, J.M., and Carscadden, J.E. 1994. [Age- and Sex-Specific Survival of Northern Grand Bank Capelin \(*Mallotus villosus*\)](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51(3): 642–649.
- Winters, G.H., and Carscadden, J.E. 1978. Review of Capelin Ecology and Estimation of Surplus Yield from Predator Dynamics. ICNAF Res. Bull. 13/78. 21–30.

Annexe 1 : Tableaux

Tableau 1. Échantillonnage biologique pour les strates A, B et C dans les relevés acoustiques de printemps sur le capelan de 2000 à 2021. (S. O. : sans objet). Il n'y a pas eu de relevé acoustique de printemps en 2006, 2016 et 2020.

Année	Strate	Échantillon (n)	Longueur, sexe et maturité (n)	Longueur moyenne (mm)	Écart-type
2000	A	14	1 826	136	30
-	B	0	0	S. O.	S. O.
-	C	0	0	S. O.	S. O.
-	Total	14	1 826	136	30
2001	A	4	214	150	15
-	B	3	404	148	20
-	C	7	692	144	26
-	Total	14	1 310	146	23
2002	A	2	384	138	17
-	B	3	127	125	23
-	C	5	893	123	30
-	Total	10	1 404	127	27
2003	A	0	0	S. O.	S. O.
-	B	6	731	149	14
-	C	3	161	146	26
-	Total	9	892	148	17
2004	A	5	823	125	27
-	B	3	497	125	20
-	C	4	677	133	21

Année	Strate	Échantillon (n)	Longueur, sexe et maturité (n)	Longueur moyenne (mm)	Écart- type
-	Total	12	1 997	128	24
2005	A	2	400	105	34
-	B	1	39	158	11
-	C	3	600	154	13
-	Total	6	1 039	135	34
2007	A	6	1 200	134	26
-	B	1	200	144	15
-	C	1	200	123	8
-	Total	8	1 600	134	24
2008	A	6	1 200	140	19
-	B	3	600	114	24
-	C	2	400	159	18
-	Total	11	2 200	137	26
2009	A	5	880	131	18
-	B	2	400	130	19
-	C	4	800	117	23
-	Total	11	2 080	125	21
2010	A	2	400	142	14
-	B	3	600	130	20
-	C	2	221	116	25
-	Total	7	1 221	131	21
2011	A	10	1 401	126	28

Année	Strate	Échantillon (n)	Longueur, sexe et maturité (n)	Longueur moyenne (mm)	Écart- type
-	B	5	1 000	141	17
-	C	4	756	139	14
-	Total	19	3 157	134	23
2012	A	6	1 061	138	21
-	B	2	400	128	14
-	C	4	682	125	14
-	Total	12	2 143	132	19
2013	A	6	880	127	39
-	B	4	672	137	24
-	C	3	600	150	19
-	Total	13	2 152	137	32
2014	A	5	1 000	128	15
-	B	3	530	115	13
-	C	1	200	128	17
-	Total	9	1 730	124	16
2015	A	4	617	118	18
-	B	2	400	112	19
-	C	3	600	126	29
-	Total	9	1 617	119	24
2017	A	4	71	145	19
-	B	2	192	128	18
-	C	3	409	124	15

Année	Strate	Échantillon (n)	Longueur, sexe et maturité (n)	Longueur moyenne (mm)	Écart- type
-	Total	9	672	128	17
2018	A	3	469	127	19
-	B	3	600	126	17
-	C	3	467	137	22
-	Total	9	1 536	130	20
2019	A	5	1 000	142	25
-	B	3	600	155	14
-	C	3	273	163	14
-	Total	11	1 873	149	22
2021	A	3	600	99	22
-	B	1	200	118	30
-	C	1	13	112	21
-	Total	5	813	104	26

Annexe 2 : Figures

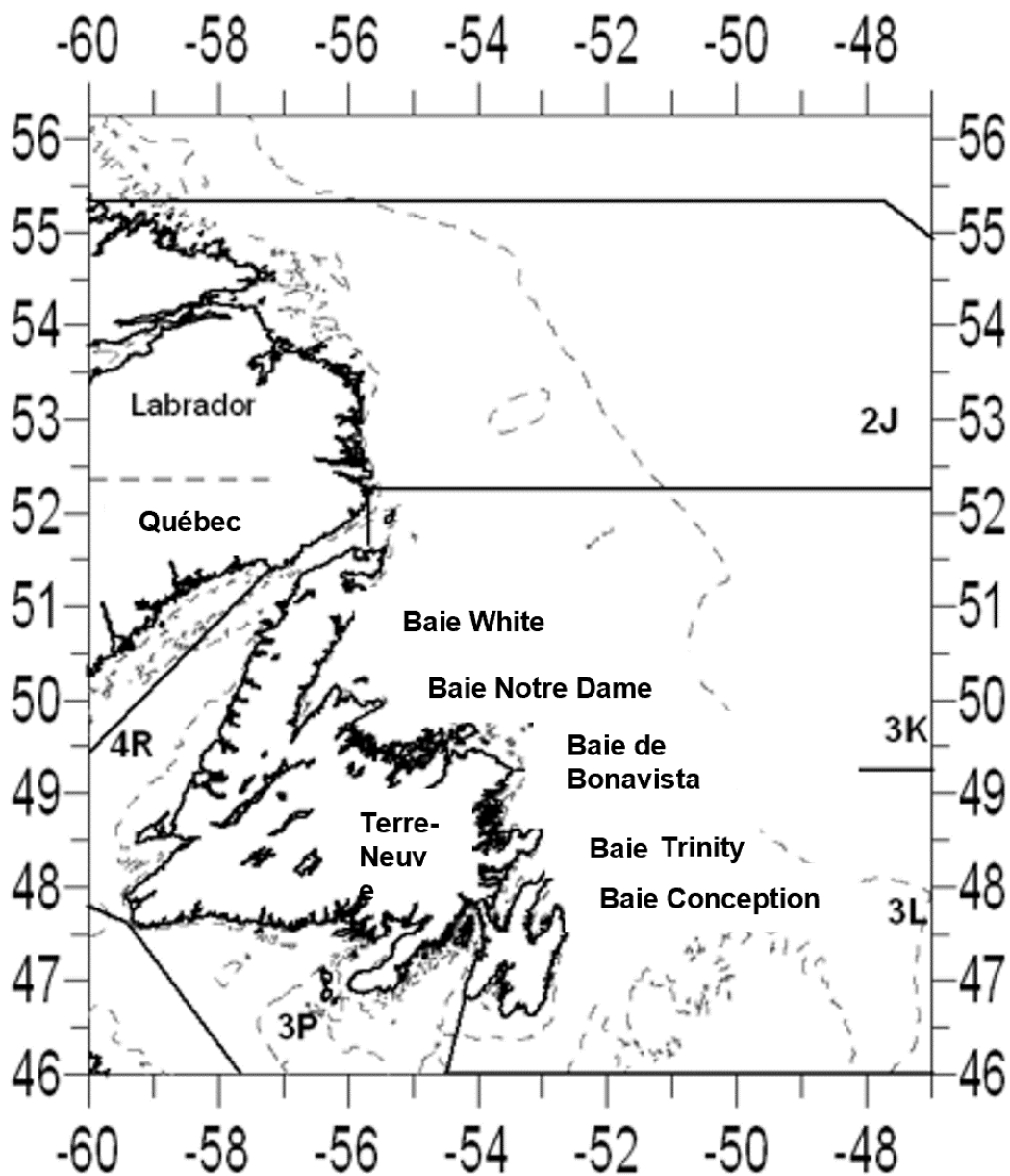


Figure 1. Zone de stock du capelan dans les divisions 2J3KL de l'OPANO avec les isobathes de 100 m et 500 m.

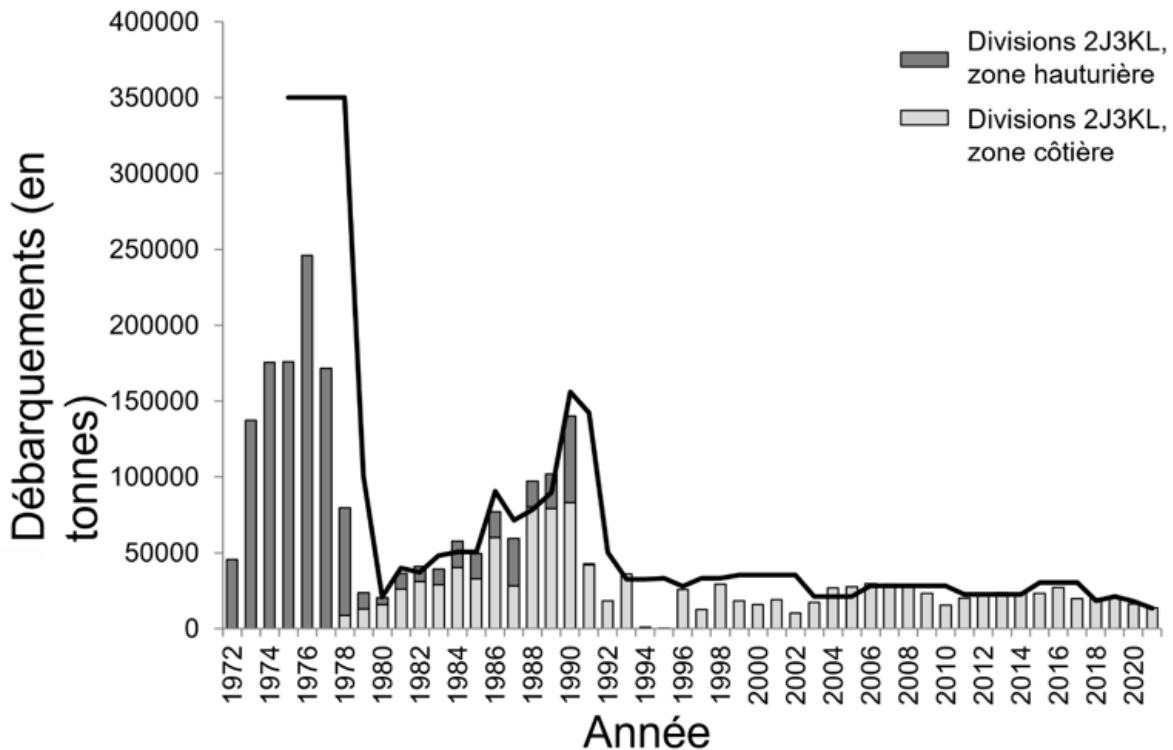


Figure 2. Débarquements des prises capturées en zone côtière (barres gris clair), débarquements des prises capturées en zone hauturière (barres gris foncé) et total autorisé des captures (TAC) [ligne] pour le capelan dans les divisions 2J3KL de 1972 à 2021. Il convient de noter que des débarquements côtiers annuels ont probablement eu lieu entre 1972 et 1977, mais qu'ils n'ont pas été enregistrés avant 1978.

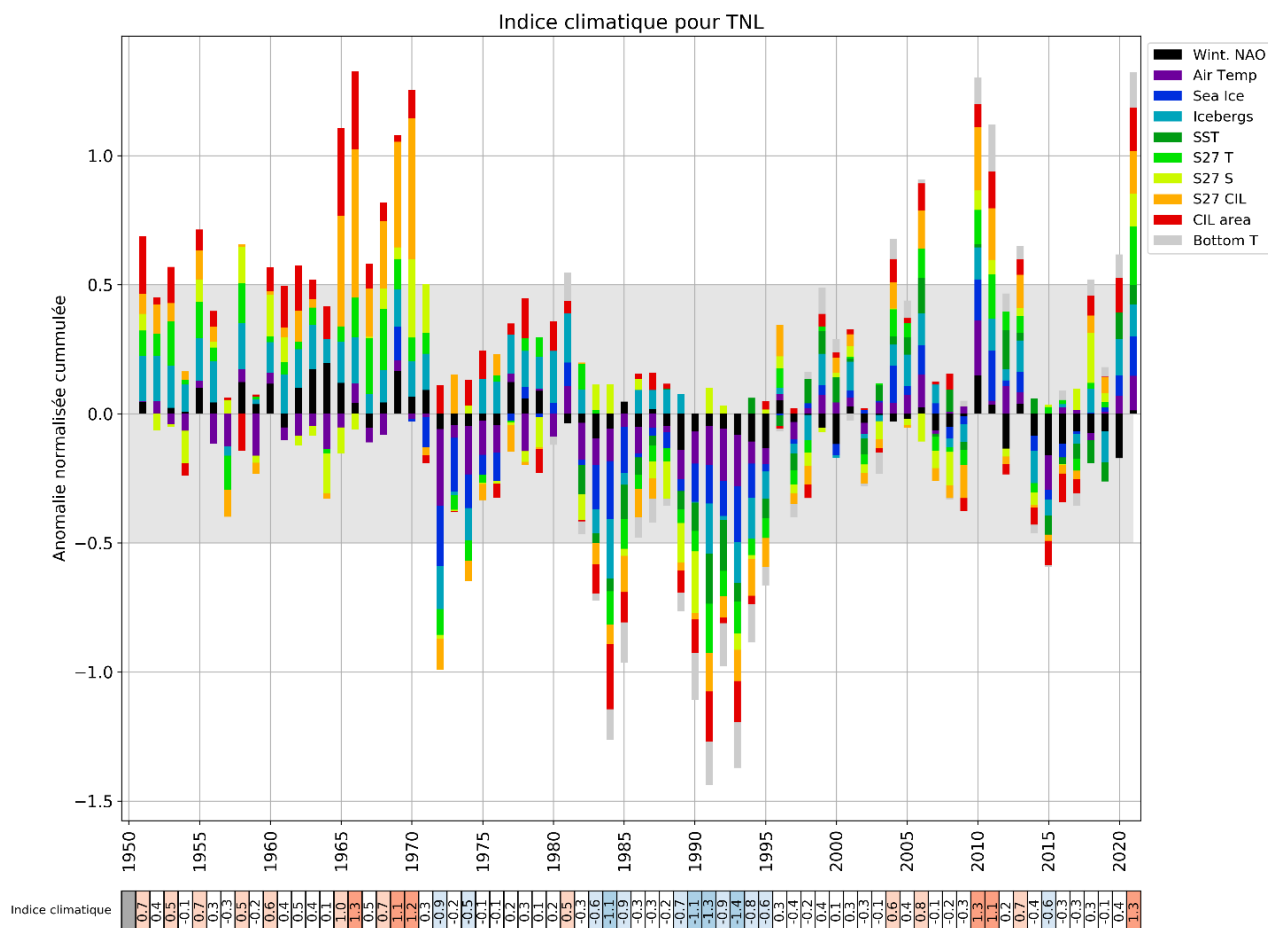


Figure 3. Indice climatique de Terre-Neuve-et-Labrador (Cyr et Galbraith 2021). Cet indice normalisé est constitué de la moyenne de 10 sous-indices représentant différents aspects du climat océanique (voir la légende). Il vise à représenter le climat général du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et de l'Atlantique Nord-Ouest dans son ensemble. Un indice positif dénote généralement un climat plus chaud, tandis qu'un indice négatif correspond à un climat plus froid. Les valeurs situées dans la zone en gris ($ET \pm 0,5$) sont considérées comme normales. Voir la référence aux données et à la méthodologie dans Cyr et Galbraith (2021).

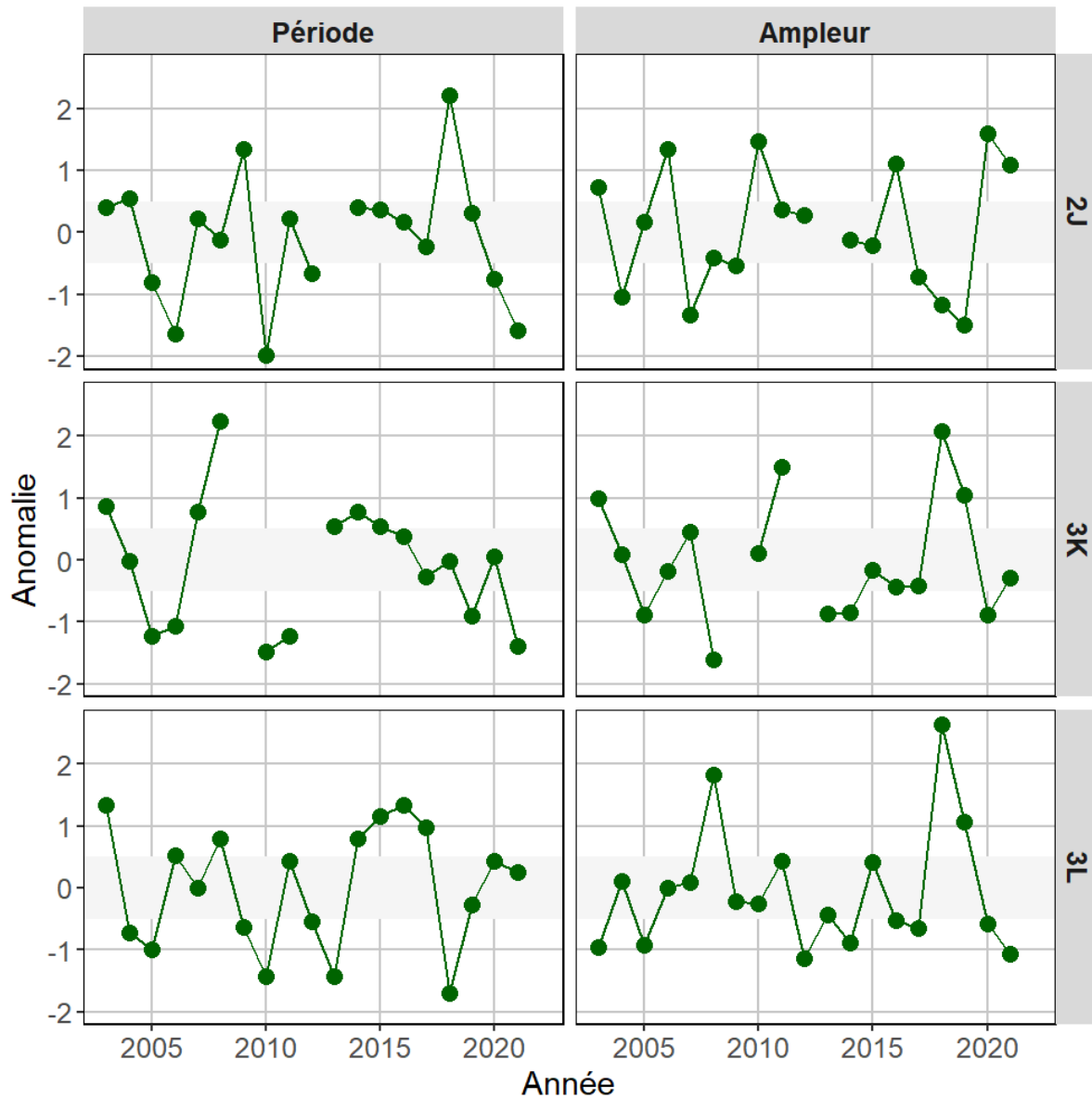


Figure 4. Anomalies normalisées de la période et de l'ampleur (c.-à-d. la production totale) de l'efflorescence printanière du phytoplancton dans les divisions 2J3KL de l'OPANO. Les anomalies ont été calculées en utilisant la concentration en chlorophylle-a en surface d'après le satellite, dérivée du capteur MODIS, et la période de référence de 2003 à 2020. Les anomalies à l'intérieur de l'ET $\pm 0,5$ (bande grise) indiquent des conditions normales.

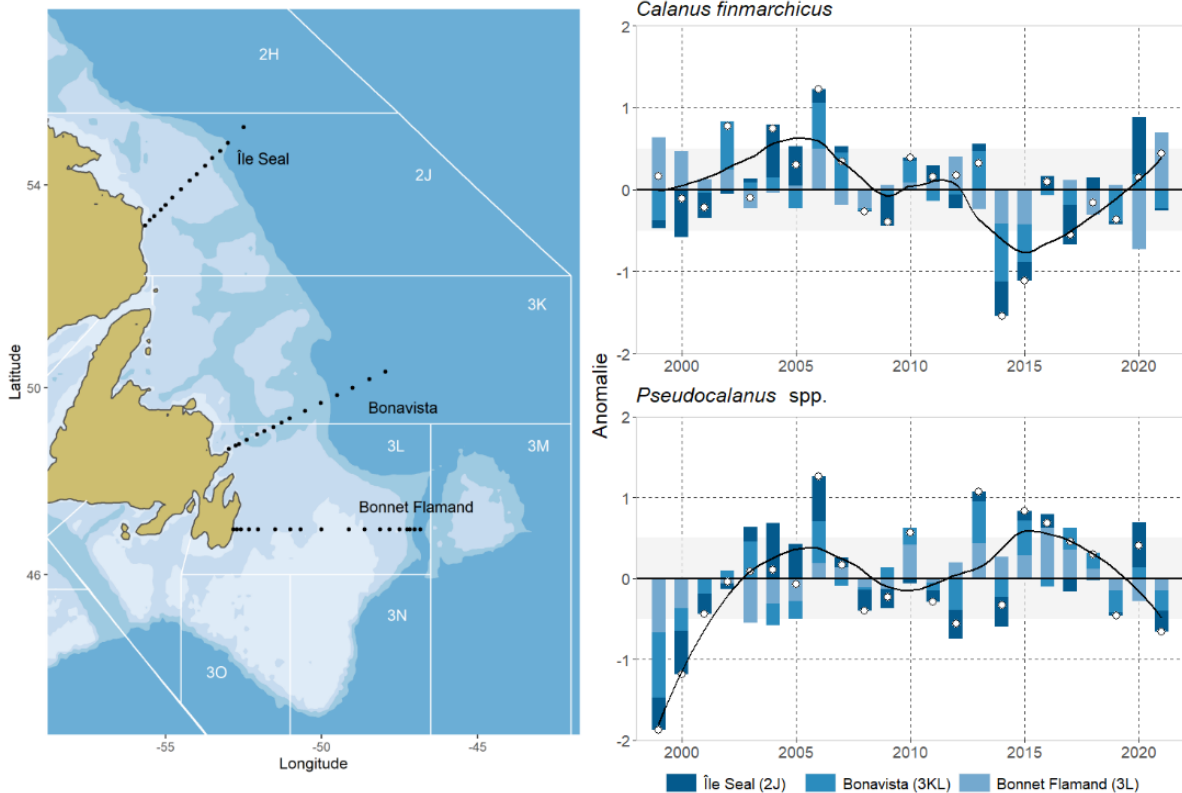


Figure 5. Emplacement des sections océanographiques du Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA) et anomalies normalisées pour l'abondance des grands copépodes *Calanus finmarchicus* et des petits copépodes *Pseudocalanus* spp. Les anomalies ont été calculées en utilisant les abondances des copépodes dérivées des traits de filet vertical (profondeur totale de la colonne d'eau) effectués le long des sections océanographiques standard du PMZA, et la période de référence de 1999 à 2020. Les cercles ouverts dans les graphiques de droite indiquent l'anomalie moyenne dans les divisions d'évaluation du capelan (divisions 2J3KL de l'OPANO). Les barres verticales colorées indiquent la contribution relative de chaque section océanographique à l'anomalie moyenne annuelle. Les lignes noires sont des régressions locales indiquant les tendances temporelles globales de l'abondance pour chaque taxon de copépode. Les anomalies à l'intérieur de l'ET $\pm 0,5$ (bande grise) indiquent des conditions normales.

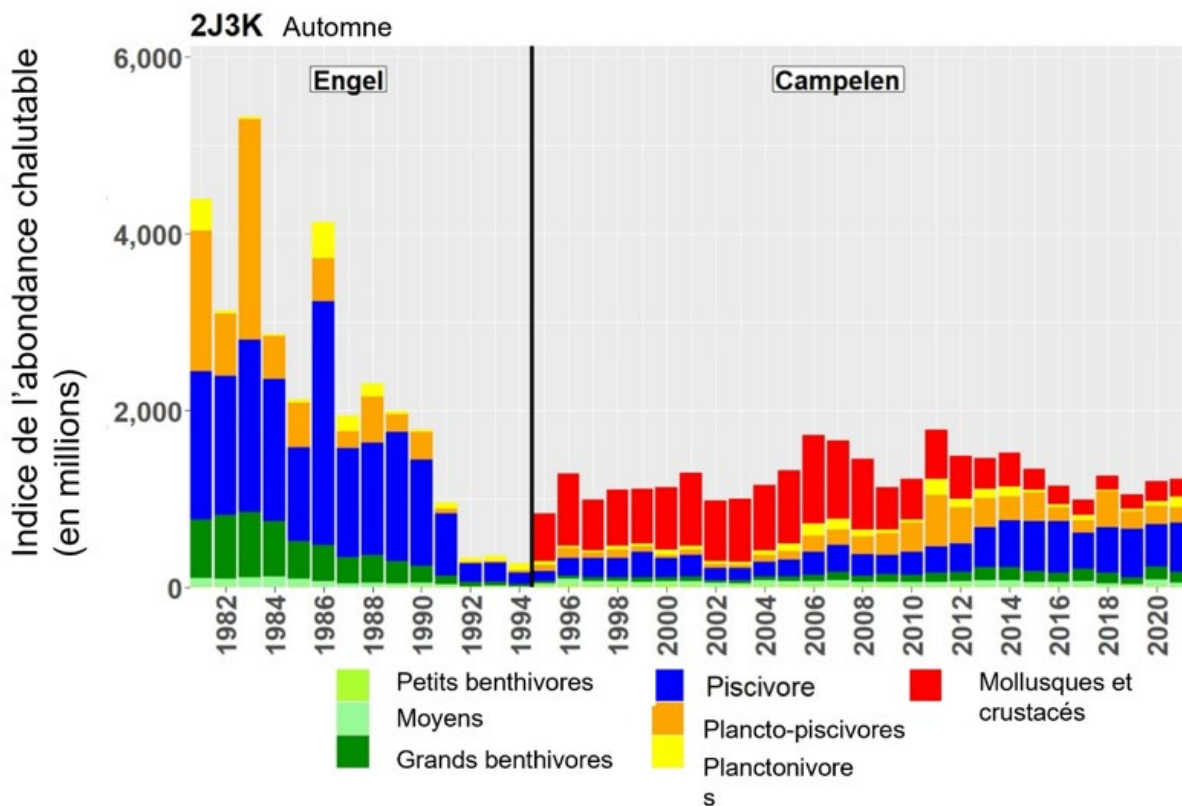


Figure 6A. Tendence de l'indice de la biomasse totale dans le relevé de recherche d'automne de la communauté de poissons du plateau de Terre-Neuve et du nord du Grand Banc (divisions 2J3K), par groupes fonctionnels de poissons. Les indices de la période des chaluts Engel ont été mis à l'échelle pour être comparables à ceux de la série des chaluts Campelen (Koen-Alonso et Cuff 2018). Les données sur les mollusques et crustacés n'ont pas été recueillies de façon uniforme pendant la période des chaluts Engel; l'indice de ce groupe fonctionnel n'est donc pas disponible avant 1995. Il convient de noter que cette figure n'inclut pas les données pour la division 3L en raison de l'absence de couverture de cette division par le relevé en 2021.

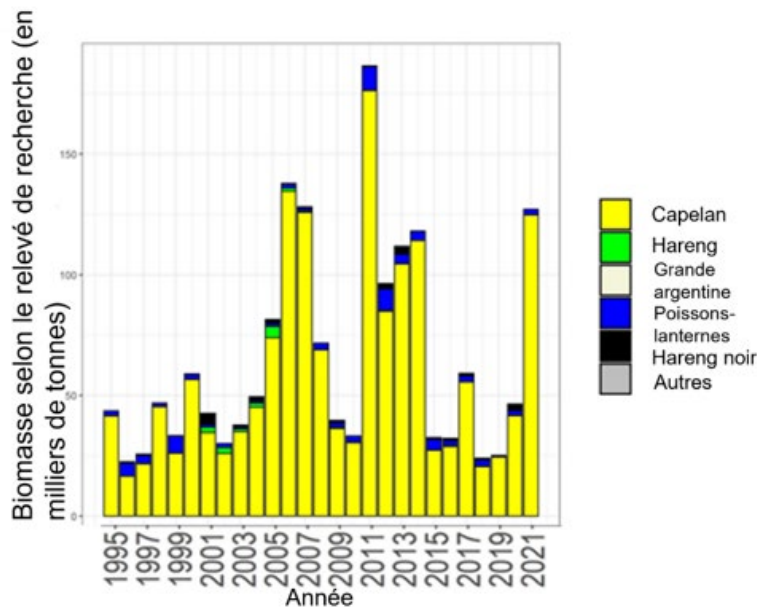


Figure 6B. Biomasse des planctonivores (c.-à-d. capelan, hareng) échantillonnés pendant le relevé d'automne au chalut de fond dans les divisions 2J3K (de 1995 à 2021).

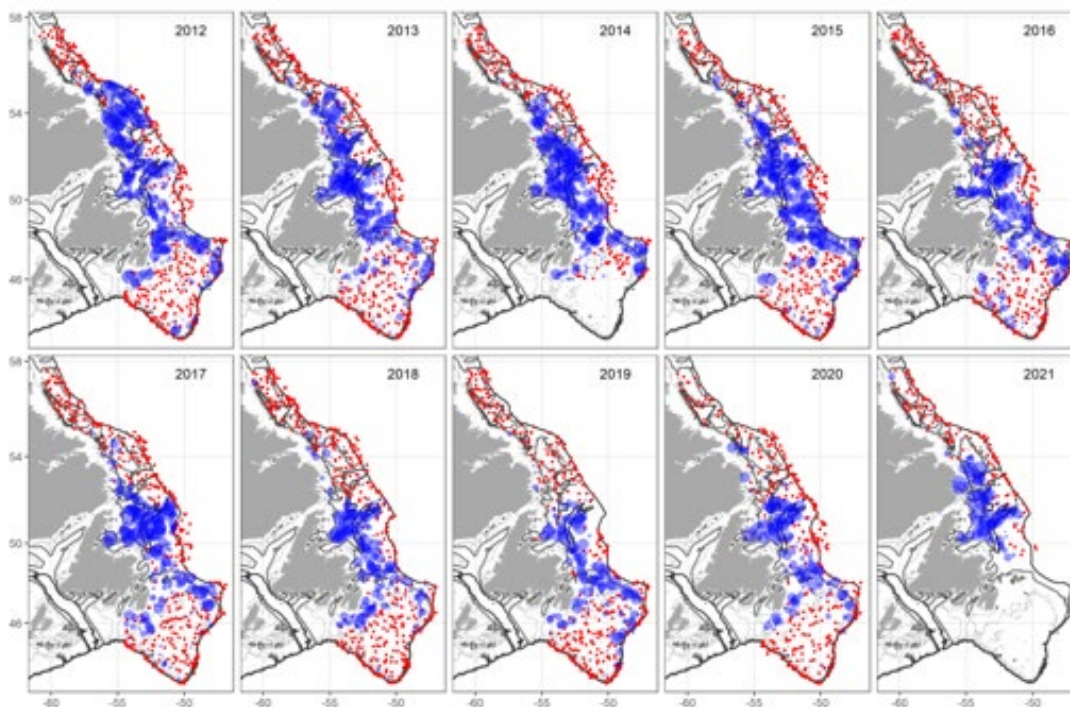


Figure 6C. Répartition des captures de capelan dans le relevé d'automne dans les divisions 2J3KL (de 2012 à 2021); il convient de noter qu'il n'y a pas de données sur la division 3L en 2021. Les points rouges sont les traits des relevés sans capelan et les points bleus élargis sont les captures de capelan. Les surfaces des points bleus sont proportionnelles au logarithme (prises normalisées $[kg] + 1$).

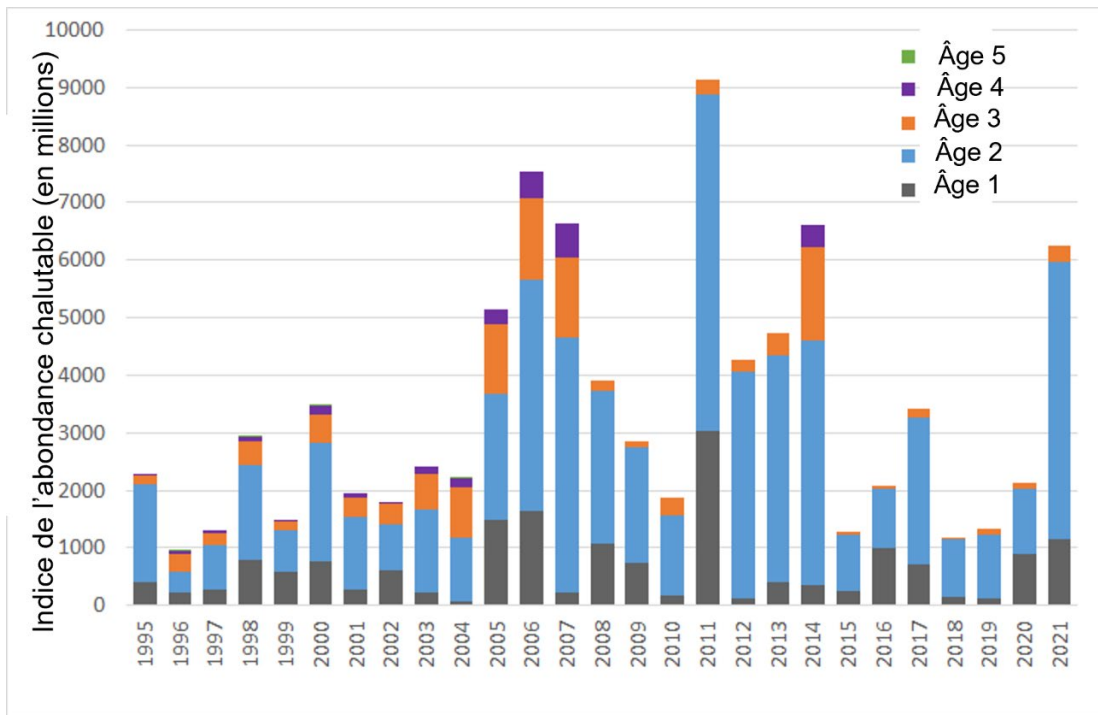


Figure 6D. Indice de l'abondance du capelan dans le relevé de recherche au chalut de fond dans les divisions 2J3K, par classe d'âge.

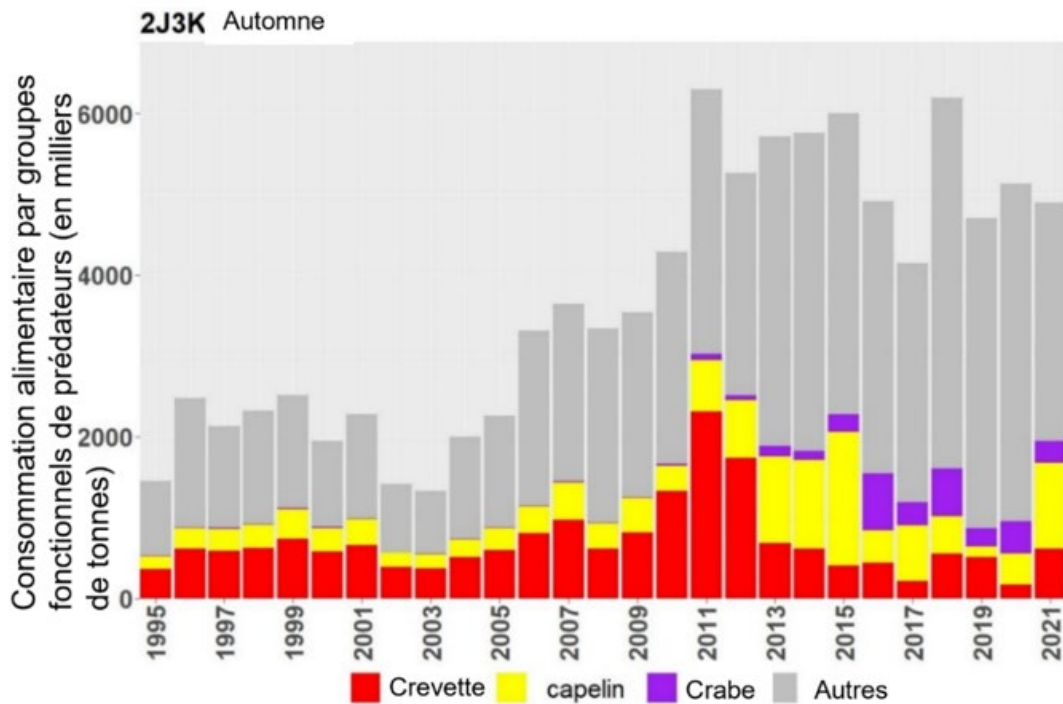


Figure 7A. Consommation de crevettes, de capelans et de crabes par les prédateurs de poissons dans les divisions 2J3K de l'OPANO uniquement (de 1995 à 2021; les données sur la division 3L sont exclues en raison de l'absence de couverture dans le relevé en 2021).

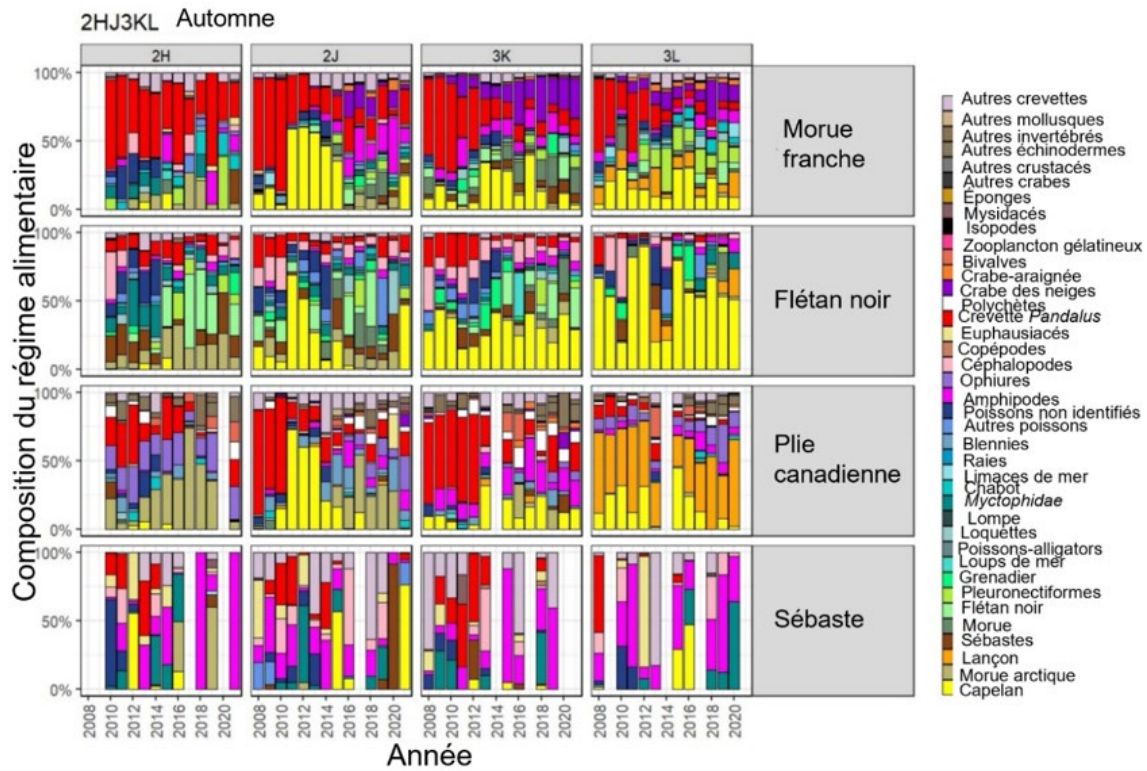


Figure 7B. Régime alimentaire détaillé des trois principaux prédateurs du capelan : la morue franche, le flétan noir et la plie canadienne (de 2010 à 2021). Il convient de noter qu'il n'y a pas de données sur la division 3L en 2021.

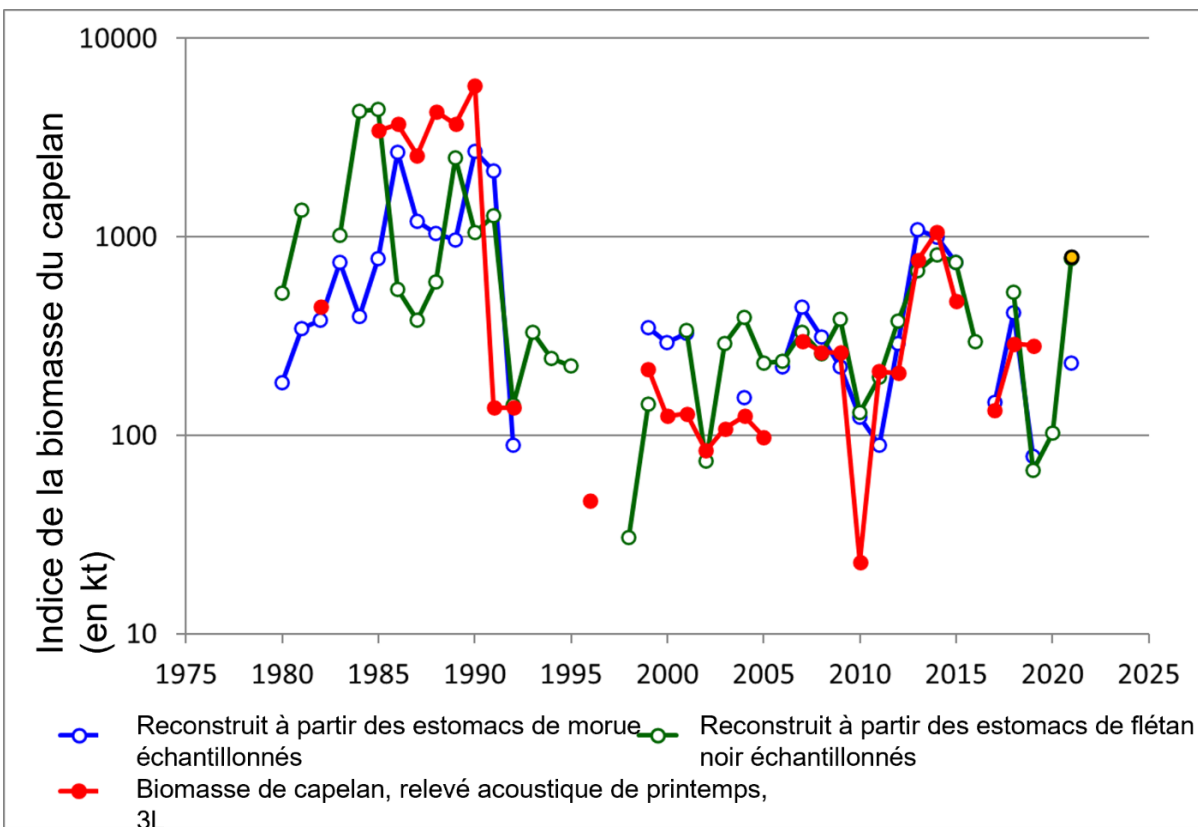


Figure 8. Estomacs échantillonnés de morues franches et de flétans noirs (avec un décalage d'un an) utilisés pour modéliser la biomasse du capelan dans le relevé acoustique de printemps. Des prédictions de la biomasse de capelan sont produites pour 2021 d'après chaque prédateur. Point jaune : la prédiction d'après le flétan noir est sous le point jaune, qui est le relevé acoustique 2021 mis à l'échelle et non utilisé dans l'ajustement.

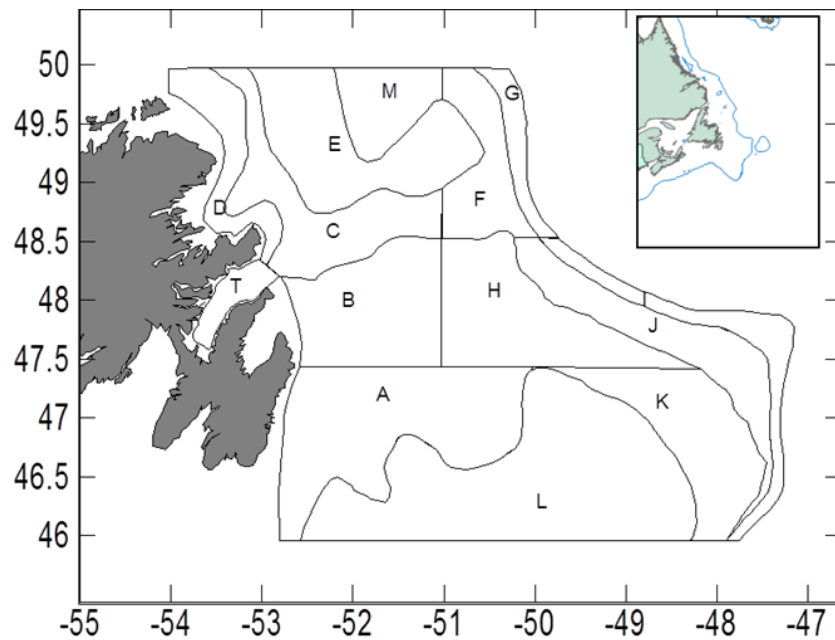


Figure 9. Strates du relevé acoustique de printemps sur le capelan. Le relevé a porté uniquement sur les strates A, B et C en 2021. Au cours d'une année de relevé typique, les 12 strates hauturières sont couvertes par le relevé.

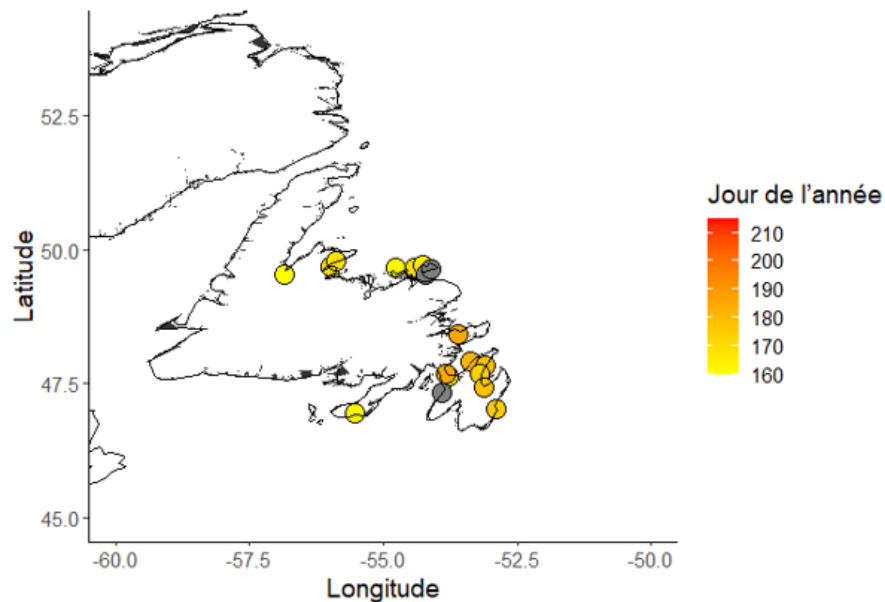


Figure 10. Période de fraie du capelan en 2021 sur les 20 plages surveillées dans le cadre du programme de journal de la fraie du capelan, y compris la plage Bellevue (indiquée par la flèche noire). Les points gris indiquent les plages ayant fait l'objet d'une surveillance et sur lesquelles aucune activité de fraie n'a été enregistrée en 2021. Il convient de noter le chevauchement des points sur les îles Fogo et Change, où sept plages ont été surveillées (division 3K).

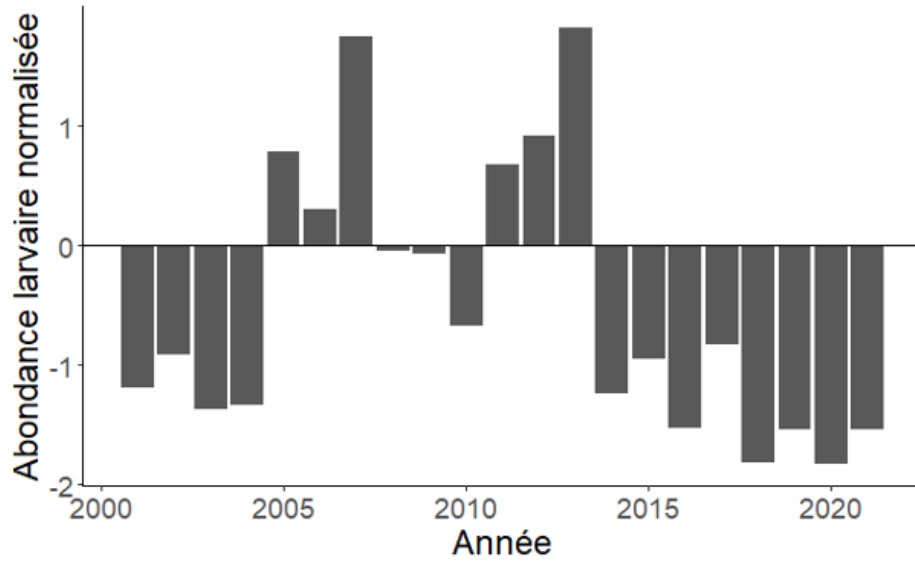


Figure 11. Indice larvaire normalisé du capelan sur la plage Bellevue, dans la baie Trinity, pour les classes d'âge de 2001 à 2021. Les anomalies négatives indiquent une production larvaire annuelle inférieure à la moyenne. La période de référence pour la normalisation était de 2002 à 2012.

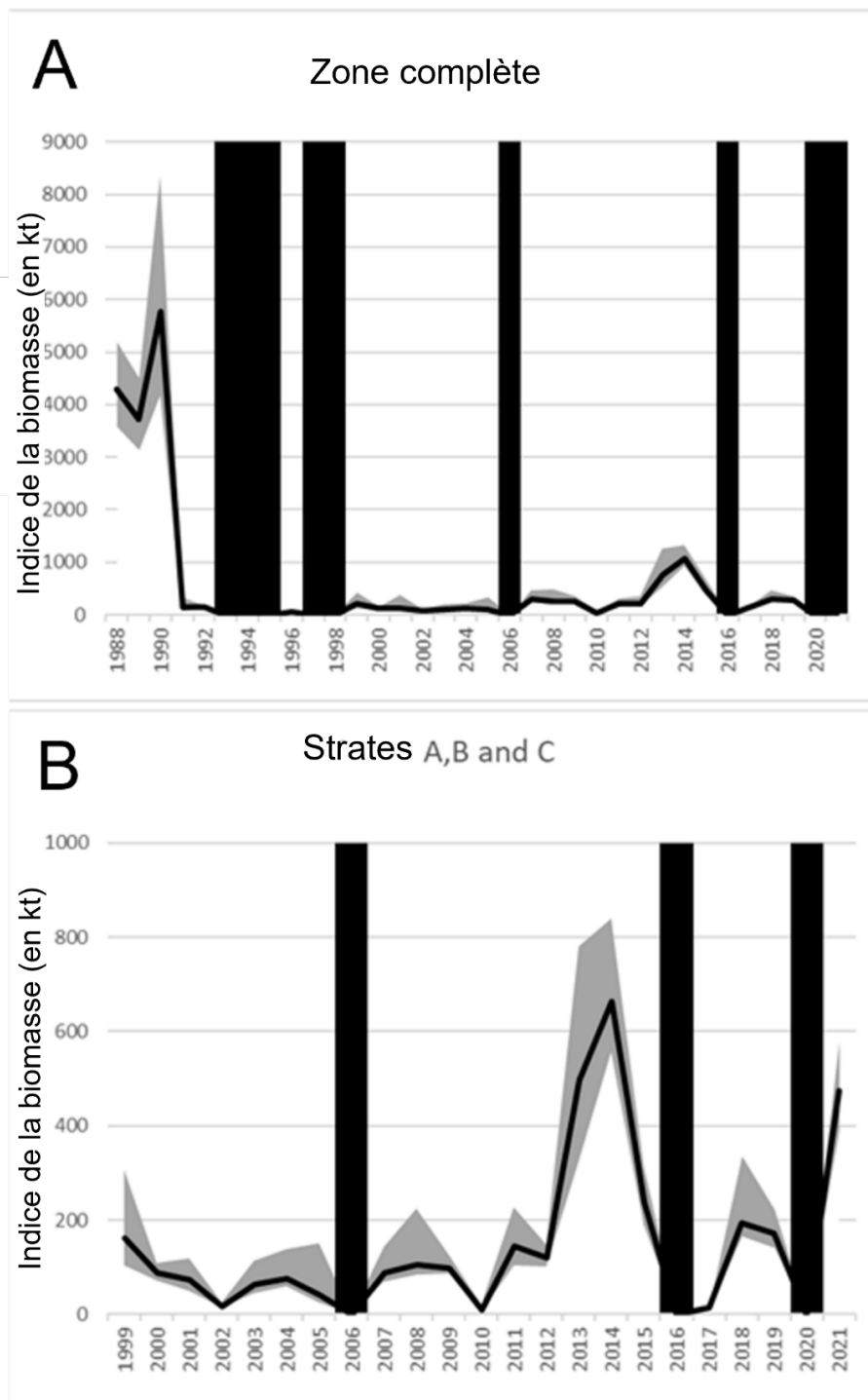


Figure 12. Indices de la biomasse dans le relevé acoustique pour (A) toute la zone du relevé (de 1988 à 2021) et (B) les strates A, B, C seulement (de 1999 à 2021). Les barres verticales noires indiquent les années pour lesquelles aucune donnée n'était disponible. La ligne noire donne les valeurs médianes, la zone ombrée en gris indique les intervalles de confiance à 90 %. Il convient de noter les différences des échelles sur l'axe des ordonnées.

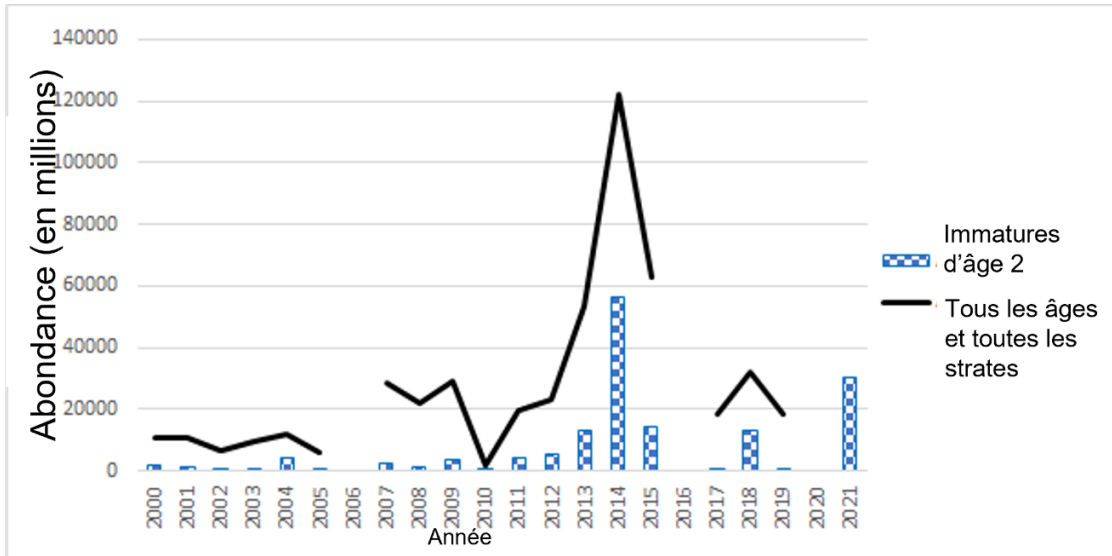


Figure 13. Indice de l'abondance du capelan immature d'âge 2 dans le relevé acoustique de printemps dans la zone de relevé réduite (strates A, B et C) pour les années 2000 à 2021. La ligne noire indique l'abondance totale pour toutes les classes d'âge dans les relevés acoustiques de printemps des années précédentes (zone du relevé complète avec les 12 strates). Aucun relevé n'a été réalisé en 2006, 2016 et 2020.

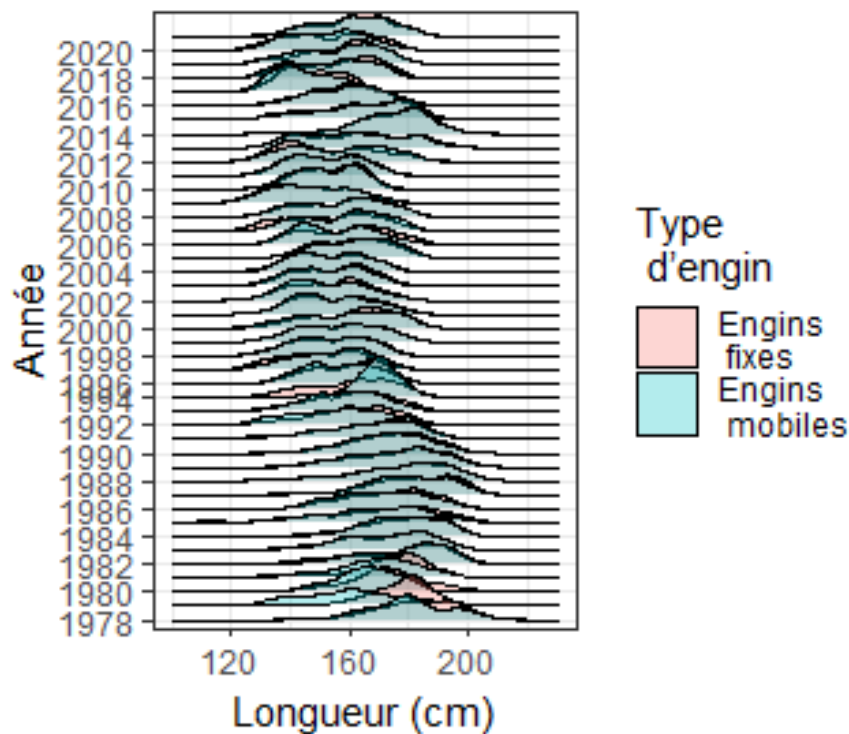


Figure 14. Distribution des fréquences de longueur du capelan débarqué dans la pêche commerciale pour les années 1978 à 2021. Les distributions des fréquences de longueur sont représentées par type d'engin (mobile [senne coulissante] et fixe [piège, senne tuck]).

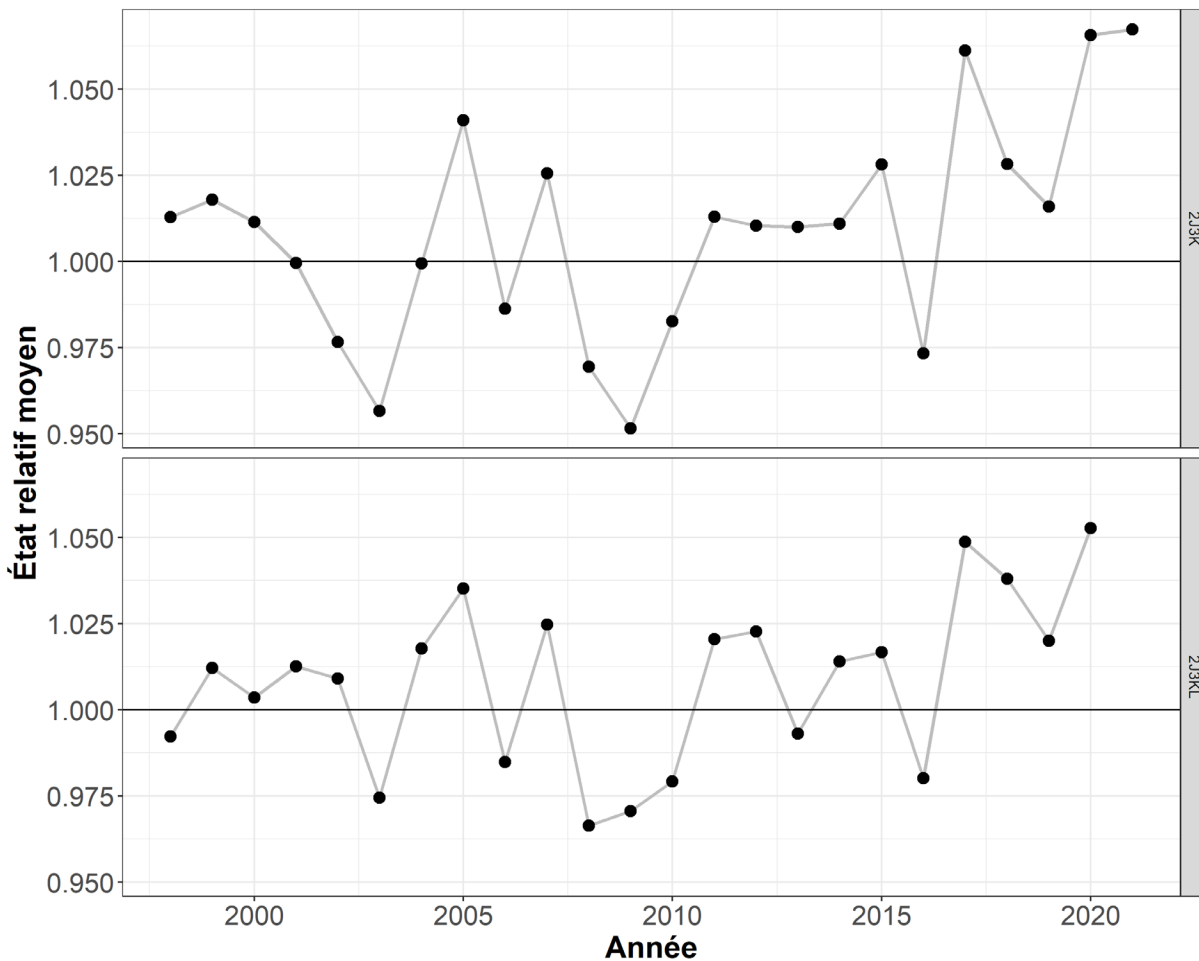


Figure 15. État relatif moyen du capelan d'âge 1 et 2 regroupé par sexe échantillonné dans le relevé plurispécifique d'automne au chalut de fond par année (de 1995 à 2021) pour les divisions 2J3K (en haut) et 2J3KL (en bas) de l'OPANO.

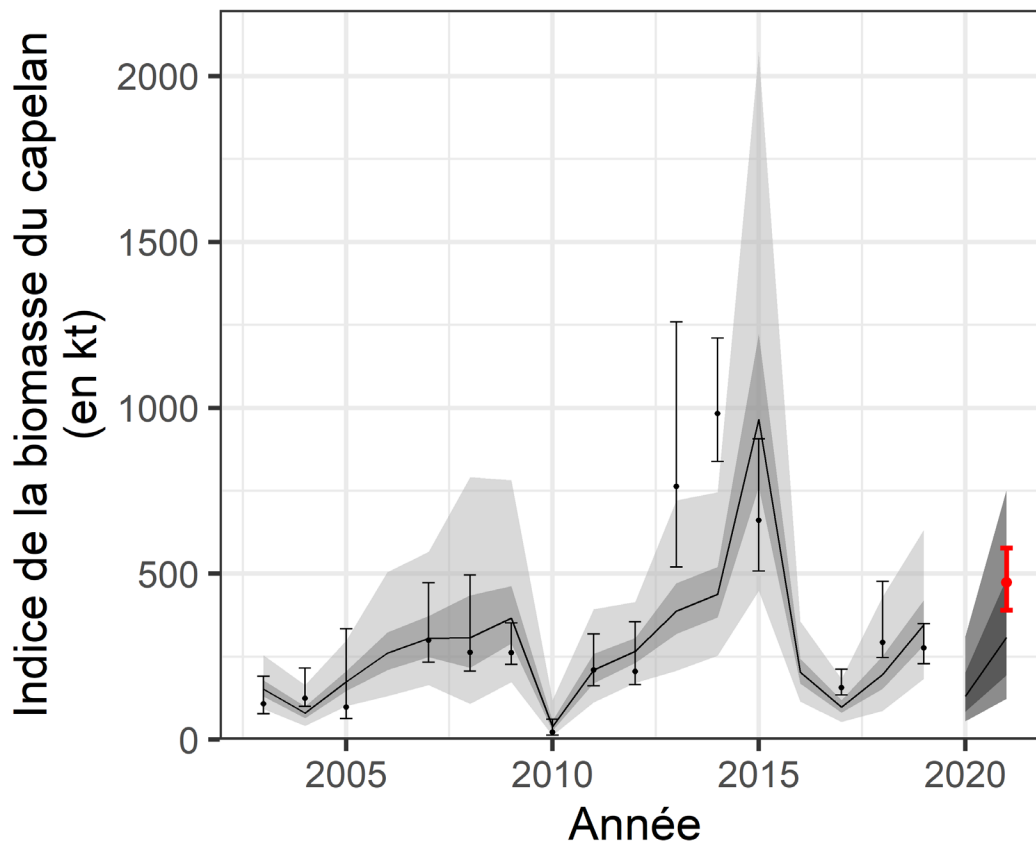


Figure 16. Modèle de prévision du capelan présenté lors de l'évaluation du stock de capelan de 2021 avec une valeur connue actualisée de la période du recul de la glace de mer en 2021 (une valeur estimée a été utilisée dans l'évaluation du stock de capelan de 2021). La biomasse observée d'après le relevé acoustique de juin 2021 est représentée par le point rouge aux intervalles de confiance à $\pm 95\%$. Les intervalles de prévision crédibles à 95% (gris pâle) et à 80% (gris foncé) sont indiqués pour les valeurs prévues de la biomasse du capelan dans le relevé acoustique de printemps (ligne pleine) et les valeurs observées (points noirs : estimations avec des intervalles de confiance à $\pm 90\%$).

Annexe 3 : Structure du modèle et diagnostics pour les modèles d'estomacs échantillonnés

La réponse fonctionnelle d'un prédateur (F) par rapport à une seule proie peut être représentée par (Koen-Alonso 2007) :

$$F = J \frac{aB^b}{J + aB^b} = Jf(B)$$

où J est le taux d'ingestion maximal du prédateur, a est le coefficient du taux d'attaque, b est l'exposant qui définit le type de réponse fonctionnelle (par exemple, $b = 1$ correspond à une réponse fonctionnelle classique de type 2, $b = 2$ correspond à la réponse fonctionnelle logistique standard de type 3) et B est la biomasse de la proie (c'est-à-dire le capelan).

Dans cette formule, la fonction $f(B)$ varie entre 0 et 1. Cette propriété permet de supposer que la probabilité de trouver du capelan dans l'estomac d'un prédateur, $Pr(B) = p$, est proportionnelle à $f(B)$. Selon cette hypothèse, on peut construire l'équation suivante :

$$f(B) = kp \rightarrow \frac{aB^b}{J + aB^b} = kp$$

où k est une constante de proportionnalité.

En résolvant l'équation ci-dessus pour B , on obtient :

$$\log(B) = \frac{1}{b} (\log(\alpha p) - \log(\beta - p))$$

où α et β sont des paramètres composites qui résultent des nouveaux paramétrages effectués pendant la solution.

Les modèles d'estomacs échantillonnés ajustés pour chaque prédateur étaient fondés sur cette équation dérivée et en supposant une structure log-normale de l'erreur d'observation (ε) :

$$\log(B) = \frac{1}{b} (\log(\alpha p) - \log(\beta - p)) + \varepsilon$$

Les ajustements des modèles pour la morue et le flétan noir, y compris les intervalles de confiance approximatifs à 95 %, les coefficients de détermination (r^2) et les résiduels normalisés sont présentés ci-après. On a aussi utilisé les modèles ajustés pour prédire la biomasse de capelan les années où seules les données sur les estomacs échantillonnés étaient disponibles.

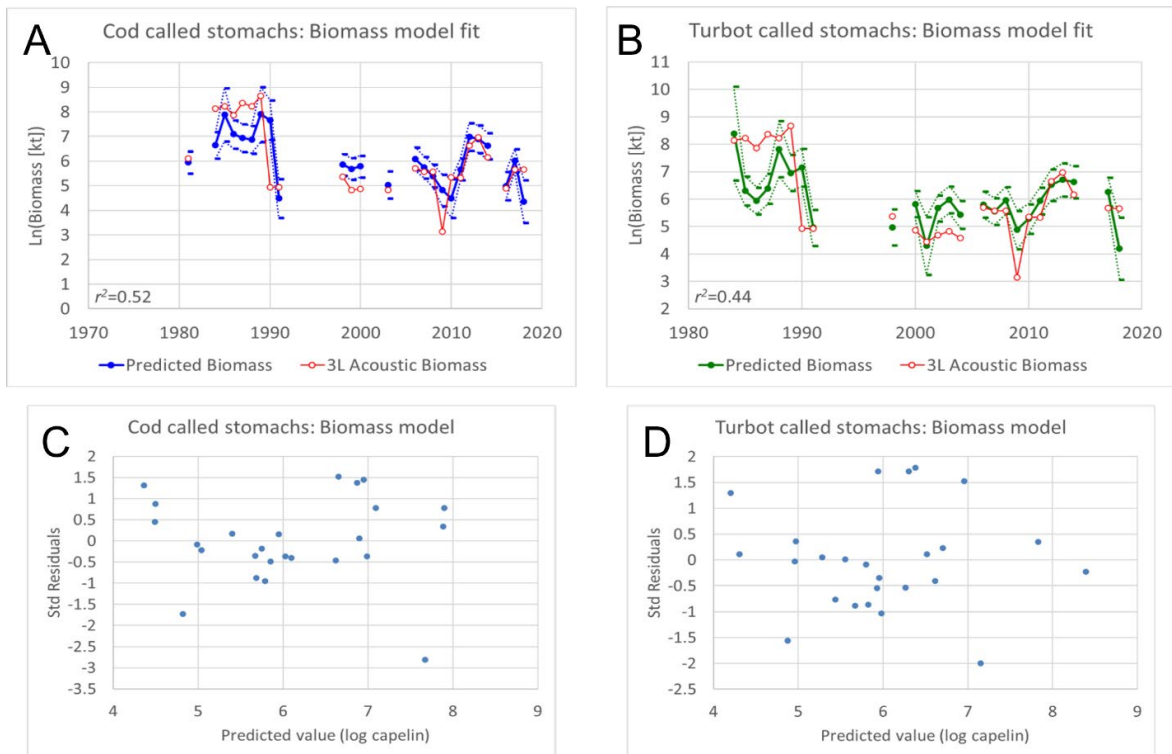


Figure A3 1. Ajustements des modèles des estomacs échantillonnés pour A) la morue et B) le flétan noir, y compris les intervalles de confiance approximatifs à 95 %, les coefficients de détermination (r^2) et les résiduels normalisés (C, D). On a utilisé les modèles ajustés pour prédire la biomasse de capelan les années où seules les données sur les estomacs échantillonnés étaient disponibles.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667

St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815

ISBN 978-0-660-47702-2 N° cat. Fs70-7/2023-010F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2023



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2023. Mise à jour sur l'état des stocks de capelan dans les divisions 2J3KL de l'OPANO pour 2022. Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2023/010.

Also available in English:

DFO. 2023. 2022 Stock Status Update for Capelin in NAFO Divisions 2J3KL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2023/010.