



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2025/022

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Évaluation du capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J et 3KL de l'OPANO jusqu'en 2023

Hannah M. Murphy, Aaron T. Adamack, Ron S. Lewis, Christina M. Bourne

Pêches et Océans Canada
Direction des sciences
C.P. 5667
St. John's (T.-N.-L.) A1C 5X1

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon des échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-76425-2 N° cat. Fs70-5/2025-022F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Murphy, H.M., Adamack, A.T., Lewis, R.S. et Bourne, C.M. 2025. Évaluation du capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J et 3KL de l'OPANO jusqu'en 2023. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/022. iv + 41 p.

Also available in English:

Murphy, H.M., Adamack, A.T., Lewis, R.S., and Bourne, C.M. 2025. Assessment of Capelin (*Mallotus villosus*) in NAFO Divisions 2J + 3KL to 2023. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/022. iv + 39 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iv
INTRODUCTION	1
PÊCHE	1
DÉBARQUEMENTS COMMERCIAUX ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES	2
FRAIE	2
PREMIERS STADES DU CYCLE BIOLOGIQUE	3
INDICE LARVAIRE DE LA PLAGE DE BELLEVUE	3
INDICE LARVAIRE DANS LA BAIE DE LA TRINITÉ.....	4
MÉTHODES UTILISÉES DANS LE RELEVÉ ACOUSTIQUE PRINTANIER.....	5
ABONDANCE ET BIOMASSE DANS LE RELEVÉ ACOUSTIQUE PRINTANIER	5
ÂGE, STADE DE MATURITÉ, CROISSANCE ET RÉGIME ALIMENTAIRE DANS LE RELEVÉ PRINTANIER.....	6
RELEVÉS PLURISPÉCIFIQUES D'AUTOMNE AU CHALUT DE FOND	7
ÉTAT ET RÉGIME ALIMENTAIRE À L'AUTOMNE	7
MODÈLE DE PRÉVISION.....	8
POINT DE RÉFÉRENCE LIMITE.....	8
CONTEXTE ÉCOSYSTÉMIQUE	9
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	10
DOMAINES D'INCERTITUDE.....	11
RÉFÉRENCES CITÉES.....	11
TABLEAUX	14
FIGURES.....	15

RÉSUMÉ

On a utilisé les données de relevés indépendants de la pêche (relevé acoustique printanier, relevé larvaire, caractéristiques biologiques tirées des relevés acoustiques printaniers et des relevés au chalut de fond d'automne, et programme de science citoyenne des journaux de la fraie sur les plages) et dépendantes de la pêche pour évaluer la situation du capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J3KL de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) jusqu'à l'année 2023 incluse. En 2023, l'indice de la biomasse fondé sur le relevé acoustique du capelan des divisions 2J3KL était de 331,3 kt, c'est-à-dire semblable à l'indice de 2018 à 2022 (médiane à 282 kt), mais bien inférieur au sommet le plus récent du stock de 2013-2014 et à une fraction de la médiane des années 1980. Le capelan se nourrissait bien en 2023, et les poissons immatures grandissaient rapidement avec une forte proportion de poissons à maturité à l'âge 2, le moment de la fraie était retardé, et l'indice larvaire de la plage de Bellevue était semblable à la moyenne de la série chronologique. L'état relatif à l'automne du capelan était la quatrième valeur en importance de la série chronologique. Selon le modèle de prévision du capelan, l'indice de la biomasse fondé sur le relevé acoustique du capelan en 2024 devrait être semblable ou légèrement inférieur à l'indice de biomasse de 2023. Depuis que le point de référence limite (PRL) de la morue franche des divisions 2J3KL a été révisé en 2023 et qu'il est maintenant basé sur 40 % de la B_{rmd} (biomasse au rendement maximal durable), le PRL du capelan a également changé. Le PRL du stock de capelan est de 155 kt basé sur l'indice de la biomasse fondé sur le relevé acoustique du printemps. Le stock de capelan en 2023 est supérieur à son PRL depuis 2007, sauf en 2010 et 2017; cependant, en raison de la stagnation de la taille des stocks depuis 2018, le Secteur des sciences conseille des mesures de gestion qui encouragent la croissance des stocks à court terme. La limite entre la zone de prudence et la zone saine n'a pas été déterminée pour ce stock.

INTRODUCTION

Le capelan, une espèce grégaire, est un petit poisson pélagique à courte durée de vie avec une répartition circumpolaire subarctique dans l'Atlantique Nord-Ouest, les eaux environnant l'Islande, la mer de Barents et le Pacifique Nord (Gjøsæter 1998, Anderson & Piatt 1999, Carscadden *et al.* 2013). Le capelan est l'espèce de poisson-fourrage dominante dans l'écosystème de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), fournissant un lien énergétique vital entre le zooplancton et de nombreux prédateurs de niveau trophique supérieur, notamment les phoques, les baleines, la morue franche (*Gadus morhua*), le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*), le saumon atlantique (*Salmo salar*) et les oiseaux de mer (Templeman 1948, Carscadden *et al.* 2001, Davoren et Montevecchi 2003, Buren *et al.* 2014b).

En 1992, en raison des preuves biologiques accumulées (Nakashima 1992), il a été recommandé que le capelan dans la sous-zone 2 et les divisions 3K et 3L de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) soit considéré comme un complexe de stocks (ci-après appelé capelan des divisions 2J3KL; figure 1). Il y a trois autres stocks de capelan dans l'Atlantique Nord-Ouest : ceux des divisions 4RST de l'OPANO, 3Ps de l'OPANO et 3NO de l'OPANO. De ces quatre stocks, le stock de capelans des divisions 2J3KL est le plus important. Le capelan des divisions 2J3KL passe la majeure partie de sa vie adulte au large des côtes sur les plateaux de T.-N.-L. Le centre de la répartition du capelan change de façon saisonnière, le capelan se nourrissant généralement plus au nord (divisions 2J3K de l'OPANO) à l'automne, se déplaçant vers le sud le long de la bordure du plateau au printemps (division 3L de l'OPANO) et remontant la côte nord-est de Terre-Neuve pour entrer dans les baies et vers le nord sur les côtes du Labrador pour frayer sur les plages et dans les eaux côtières profondes (démersales) en été. Le capelan est une espèce sémelpare facultative.

Le stock de capelan des divisions 2J3KL s'est effondré au début des années 1990 et n'a connu qu'un rétablissement minime au cours des plus de 30 années subséquentes (Buren *et al.* 2019). Bien que la biomasse du stock de capelan ait augmenté depuis 2007, la dynamique de la population de ce stock est demeurée modifiée depuis l'effondrement, avec une croissance plus rapide des poissons immatures et un stade de maturité ultérieur à un plus jeune âge; une population reproductrice tronquée en fonction de l'âge avec peu de poissons d'âge 4 et plus par rapport aux années 1980, et un retard soudain et persistant dans le moment de la fraie sur plage. La force des classes d'âge est établie tôt dans le cycle biologique du capelan (Murphy *et al.* 2018), et on prévoit que la fraie retardée produira de faibles classes d'âge (Murphy *et al.* 2021).

PÊCHE

Le capelan a été largement récolté à des fins alimentaires et pour servir d'appât et d'engrais pendant plusieurs siècles dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador. La pêche commerciale hauturière du capelan a commencé en 1972 et la pêche commerciale côtière, en 1978. La pêche hauturière a été fermée en 1991 et la pêche côtière est la seule pêche commerciale au capelan en cours. La pêche côtière utilise des engins mobiles (sennes coulissantes) et des engins fixes (casiers et une senne-barrage modifiée appelée senne « tuck »). En raison de la courte saison de pêche, des changements dans le calendrier de pêche et les méthodes d'exploitation, ainsi que de l'effet des forces du marché sur les débarquements, les taux de capture commerciale du capelan n'ont pas été utilisés comme indice de la biomasse du stock reproducteur depuis 1993. Toutefois, les données biologiques provenant d'échantillons prélevés durant la saison de pêche commerciale sont utilisées dans l'évaluation pour fournir des

données sur la structure selon l'âge et la taille du stock reproducteur (voir Mowbray *et al.* 2023 pour plus de détails).

Des échantillons provenant de la pêche commerciale sont prélevés des navires au fur et à mesure que les prises sont déchargées dans les installations de transformation. Dans chaque baie avec des débarquements dans la zone de stock, jusqu'à dix échantillons de 200 poissons chacun sont prélevés et congelés. Au total, 20 de ces échantillons congelés sont traités chaque année, répartis selon les types d'engins, les baies et la saison (hebdomadaire) en fonction des débarquements totaux des divisions 2J3KL. On détermine la longueur, le sexe et la maturité de tous les poissons échantillonnés et on consigne des renseignements supplémentaires détaillés (poids, poids des gonades, plénitude de l'estomac et âge d'après les otolithes) pour deux poissons de chaque sexe, par tranche de 5 mm de longueur dans chaque échantillon. On calcule séparément les prises selon l'âge pour chaque cellule de prise. Une cellule de prise est définie comme une combinaison unique de type d'engins et de division de l'OPANO. On détermine les clés âge-longueur pour chaque combinaison de division et de sexe. On les applique ensuite à la fréquence de longueur sexuée (tranches de 5 mm) de chaque échantillon, de sorte que l'âge de chaque poisson est attribué d'après sa longueur. On convertit le nombre de poissons dans chaque tranche de longueur de 5 mm en biomasse à l'aide de régressions longueur-poids calculées par division, sexe et mois. Les fréquences de longueur et d'âge des poissons échantillonnés sont ensuite mises à l'échelle des débarquements pour chaque cellule de prise.

DÉBARQUEMENTS COMMERCIAUX ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

En 2023, le total autorisé des captures (TAC) pour les zones de stock de capelan des divisions 2J3KL et 3Ps était de 14 533 t, dont 11 355 t ont été débarquées (78 % du TAC; figure 2). La pêche s'est poursuivie dans les divisions 3KL et aucun débarquement n'a été effectué dans la division 2J (TAC : 58 t) et la division 3Ps (TAC : 968 t). Les débarquements annuels médians de la pêche étaient de 20 406 t de 1991 à 2021 (il n'y a pas eu de pêche en 2022). Le TAC baisse depuis 2017 et a atteint un creux de 14 533 tonnes en 2022-2023.

En 2023, les longueurs totales (LT) moyennes du capelan étaient semblables aux moyennes de 2018 à 2021 avec des mâles d'une LT moyenne de 168,5 mm et des femelles d'une LT moyenne de 147,3 mm, regroupées par division (figure 3). On a observé une tendance similaire pour les poids moyens (figure 3). La taille moyenne du capelan débarqué dans la pêche commerciale correspond en grande partie à la répartition par âge des prises, les poissons plus gros ayant été débarqués dans les années 1980 par rapport à la période postérieure à 1991.

FRAIE

Depuis 1991, des citoyens scientifiques rémunérés surveillent la fraie sur plage du capelan dans toute la province, vérifient leurs plages locales tous les jours pendant la période de fraie du capelan (juin à août) et remplissent un journal de fraie avec leurs observations du comportement de la fraie du capelan (Murphy 2022). La surveillance des plages a été constante pendant ce programme, chaque plage ayant fait l'objet d'une surveillance pendant cinq ans en moyenne (fourchette de 1 à 32 ans). La participation à ce programme a varié d'une année à l'autre, avec une moyenne de 18 plages surveillées chaque année, la majorité d'entre elles se trouvant dans la division 3L (figure 4). En 2023, 16 plages ont été surveillées et quatre plages n'ont enregistré aucun comportement de la fraie (figure 5). Le pic médian (haute intensité) de la fraie sur les plages a été le 21 juillet 2023, ce qui est plus tard par rapport à la médiane post-effondrement (9 juillet pour les années 1991 à 2022). Le premier jour médian de la fraie était le 7 juillet 2023, mais les citoyens scientifiques ont considéré que l'intensité de la fraie était

faible à modérée. La saison de la fraie a duré en moyenne 11,5 jours (la durée médiane est de 11 jours de 1991 à 2022). La force de la classe d'âge devrait être plus faible que la moyenne post-effondrement en 2023 en raison du retard de la fraie sur plage (Murphy *et al.* 2021).

En 2023, le capelan reproducteur a été prélevé sur deux plages des subdivisions 3Ps et 3Pn en juin, trois plages de la division 3L en juillet, et deux plages de la division 3K en juillet. Les collectes de poissons reproducteurs ont suivi la migration de fraie vers le nord-est. À tous les sites de plage, 200 poissons ont été pêchés à l'épervier à la plage, et la longueur, le sexe et la maturité ont été déterminés pour tous les poissons échantillonnés; des renseignements détaillés supplémentaires (poids, poids des gonades, plénitude de l'estomac et âge d'après les otolithes) ont été recueillis pour deux poissons par sexe par classe de longueur de 5 mm dans chaque échantillon. Une clé âge-longueur a été construite à partir de ces données de 2023 et a été utilisée pour attribuer les âges à toutes les longueurs. Presque tous les poissons échantillonnés étaient des mâles (97 %), ce qui est probablement dû au fait que les mâles sont arrivés en premier sur les plages pour frayer. La majorité des poissons échantillonnés sur toutes les plages étaient d'âge 3 (en moyenne 62 %; figure 6), et les longueurs moyennes étaient semblables entre les divisions, avec des poissons légèrement plus petits dans la division 3L ($166,8 \pm 10$ mm de LT) par rapport aux deux autres divisions (3Ps/3Pn : $172,6 \pm 11$ mm de LT; 3K : $174,1 \pm 8$ mm de LT). L'erreur est l'écart-type (ET) dans cette section.

À la plage de Bellevue, dans la baie de la Trinité (division 3L), des poissons reproducteurs ont été échantillonnés tout au long de la période de la fraie à l'aide d'un épervier. Au total, neuf échantillons ont été prélevés entre le 24 juin et le 30 juillet 2023. Sur cette plage, chaque échantillon était composé d'un maximum de 25 femelles et 25 mâles ($n = 430$), et un échantillonnage détaillé a été effectué sur tous les poissons capturés. Cette méthode d'échantillonnage a permis d'obtenir des données sur les poissons femelles, et nous avons constaté que la majorité des poissons femelles étaient d'âge 2 au cours des deux mois (juin : 53 %; juillet : 66 %), tandis que la majorité des poissons mâles étaient d'âge 3 (juin : 76 %; juillet : 52 %) (figure 7). Les reproducteurs en juin (regroupés pour le sexe) étaient en moyenne plus âgés (2,75 ans) et plus grands ($165,6 \pm 17$ mm de LT) que les reproducteurs en juillet (2,61 ans; $161,3 \pm 16$ mm de LT). La composante femelle de la population reproductrice composée principalement de reproducteurs d'âge 2 a une incidence sur la dynamique de ce stock en ce qui concerne le moment de la fraie, la troncature des âges du stock et la productivité (Buren *et al.* 2019).

PREMIERS STADES DU CYCLE BIOLOGIQUE

INDICE LARVAIRE DE LA PLAGE DE BELLEVUE

Des traits de surface pour le dénombrement des larves à l'aide d'une bolinche de 75 cm de diamètre avec un maillage de 270 μ m ont été effectués à cinq stations fixes dans les eaux littorales (< 20 m) au large de la plage de Bellevue (PB), dans la baie de la Trinité (BT) depuis 2001 (figure 8; voir Mowbray *et al.* 2023 pour plus de détails). Ce relevé a été conçu pour échantillonner les larves émergeant d'une variété de sources, notamment la plage de Bellevue, des frayères des eaux côtières profondes du capelan et de quatre plages de fraie plus petites le long de la rive ouest de la plage de Bellevue. L'échantillonnage se déroule sur une période prolongée (environ 6 semaines chaque été) afin de couvrir toute la période d'émergence. Les échantillons larvaires étaient principalement composés de larves nouvellement émergées ($4,77 \pm$ ET 0,74 mm de longueur standard [LS] pour les années 2001 à 2016). Bien que des larves plus âgées aient été échantillonnées à l'occasion dans la zone de la PB, leurs densités étaient faibles et leur inclusion a eu une incidence négligeable sur les estimations de la densité larvaire annuelle totale (H. Murphy, données inédites). Les larves de capelan ont été conservées dans

une solution à 5 % de formol et d'eau salée tamponnée avec du borate de sodium, et les échantillons ont été traités au laboratoire (voir Mowbray *et al.* (2023) Pour plus de détails.

La densité annuelle de larves par m³ (N) était estimée selon la méthode d'intégration trapézoïdale dans l'équation 1 :

$$N = \sum (t_n - t_{n-1}) \frac{1}{2} [X(t_n) + X(t_{n-1})] \quad (1)$$

où t est le jour de l'année, n le nombre de jours d'échantillonnage et X(t) le nombre moyen journalier de larves par m³ aux cinq stations échantillonnées le jour t. Seuls les jours où les cinq stations ont été échantillonnées avec succès ont été inclus dans l'analyse. Si une station n'a pas été prélevée en raison de conditions de mer défavorables ou pour toute autre raison, la valeur de cet échantillon est remplacée par la moyenne des estimations pour les jours adjacents. Si l'échantillonnage n'a pas été effectué pendant trois jours ou plus, les valeurs manquantes sont remplacées par 0.

La variance des densités annuelles de larves (var(N)) est estimée à l'aide de l'équation 2, basée sur ce qui se trouve dans Millar et Jordan (2013) et Irvine *et al.* (1992) :

$$\text{var}(N) = 0,25 \sum (t_n - t_{n-1})^2 \text{var}(c_n) \quad (2)$$

où t est le jour de l'année, n le jour d'échantillonnage et var(c_n) est la variance des densités larvaires dans les cinq stations par jour d'échantillonnage.

En 2023, l'indice larvaire de la PB était de 1391,6 ± erreur-type (ET) de 316,9 ind. m⁻³, ce qui était semblable à celui de 2022 et à la moyenne de la série chronologique (1 436,1 ind. m⁻³; 2001-2022) (figure 9). Cela laisse supposer une classe d'âge moyenne de 2023 par rapport à la période post-effondrement. Cependant, comme le moment de pointe de la fraie a été retardé en 2023 par rapport à la moyenne post-effondrement, la classe d'âge de 2023 pourrait être plus faible que prévu si la survie des larves est faible. Cette cohorte sera échantillonnée à l'âge 2 dans le cadre du relevé acoustique printanier de 2025.

L'indice du recrutement à l'âge 2 provenant du relevé acoustique printanier mené en milieu hauturier, qui a été décalé de deux ans afin de comparer les survivants de la même cohorte, affiche une relation positive avec l'indice découlant des traits de surface à la plage de Bellevue (Murphy *et al.* 2018). Cette relation s'est affaiblie avec l'ajout de classes d'âge supplémentaires au modèle, car le recrutement a été meilleur que prévu à partir d'années de faible abondance larvaire. Cependant, l'indice larvaire de la plage de Bellevue est un paramètre dans le modèle de prévision le plus parcimonieux (voir la section Modèle de prévision ci-dessous), ce qui appuie l'importance de la survie dans les premières semaines de vie pour la dynamique de la population de capelan.

INDICE LARVAIRE DANS LA BAIE DE LA TRINITÉ

Les relevés des larves de capelan dans la baie de la Trinité ont commencé en 2002, en s'appuyant sur des travaux antérieurs menés dans la baie de la Trinité de 1982 à 1986 dans lesquels 52 stations étaient échantillonnées en juillet et août à l'aide de traits bongo obliques (mailles de 333 µm) à une profondeur maximale de 200 m (Dalley *et al.* 2002). En 2002, 52 stations ont été échantillonnées dans toute la baie, mais 19 stations l'ont été au centre de la baie de 2003 à 2018. Entre 2019 et 2023, l'effort d'échantillonnage a de nouveau augmenté, et 32 stations ont été échantillonnées dans toute la baie (figure 10). Ce programme d'échantillonnage a lieu à une date fixe pendant une semaine en août et en septembre. Les années où un seul relevé a été effectué, il l'a été en septembre. Pour plus de détails sur ce programme d'échantillonnage, voir Mowbray *et al.* (2023).

En laboratoire, les échantillons larvaires sont triés, et la densité du capelan par mètre carré a été calculée pour chaque station à l'aide de l'équation 3 :

$$\rho_i = C_i \cdot D_i / V_i \quad (3)$$

où ρ est la densité des larves de capelan par mètre carré, i est la station, C est le nombre de capelans capturés, D est la profondeur maximale du trait à la station i en mètres, et V est le volume filtré en m^3 . On utilise uniquement les 19 stations principales pour calculer les densités annuelles moyennes.

L'indice larvaire de la baie de la Trinité de 2023, regroupé pour le mois, était de $18,0 \pm ET$ $3,3 \text{ ind. m}^{-2}$, ce qui était inférieur à la moyenne de la série chronologique (2002-2022; $26,5 \text{ ind. m}^{-2}$). Par mois, la densité larvaire en août 2023 était de $21,8 \pm 6,2 \text{ ind. m}^{-2}$ et la densité larvaire en septembre 2023 était de $14,2 \pm 1,9 \text{ ind. m}^{-2}$, et ces deux indices étaient inférieurs à la moyenne de la série chronologique (août 2008-2022 : $37,4 \text{ ind. m}^{-2}$; septembre 2002-2022 : $24,8 \text{ ind. m}^{-2}$) (figure 11). Seul l'indice larvaire de la baie de la Trinité de septembre était positivement lié à l'indice larvaire de la plage de Bellevue (régression linéaire $R^2 = 0,22$, $p = 0,016$; figure 12), ce qui peut être dû au moment du relevé des larves de la baie de la Trinité, puisque l'émergence des larves a encore lieu en août. La relation positive entre les indices de la plage de Bellevue et les indices de septembre de la baie de la Trinité appuie l'utilisation de la plage de Bellevue comme plage indice de la baie de la Trinité.

MÉTHODES UTILISÉES DANS LE RELEVÉ ACOUSTIQUE PRINTANIER

Le relevé acoustique est généralement effectué en mai et couvre la majorité de la division 3L, une zone particulièrement importante pour le capelan juvénile et non migratoire d'âge 1 et plus. Depuis 1982, le relevé acoustique printanier du capelan a lieu chaque année avec à peu près la même couverture temporelle et spatiale, sauf en 1983-1984 et en 2021; il n'y a pas eu de relevé acoustique de 1993 à 1995, en 1997-1998, en 2006, en 2016 et en 2020. Depuis 1996, la partie sud de la division 3K (en dessous de $50^\circ N$) est également comprise dans le relevé (figure 13). Il n'est pas possible d'inclure des zones plus au nord (au-dessus de $50^\circ N$) en raison de la présence de glace de mer en mai.

Le relevé acoustique printanier produit un indice de biomasse qui est utilisé comme indicateur de l'état du stock. L'appui empirique à l'utilisation de cet indice comme indicateur est abondant (Murphy *et al.* 2018, Buren *et al.* 2019, Koen-Alonso *et al.* 2021, Regular *et al.* 2022). La variabilité interannuelle de la proportion de poissons d'âge 2 en stade de maturité depuis l'effondrement du stock empêche le relevé de produire une estimation de la biomasse du stock reproducteur pour l'été suivant. Des détails sur les méthodes de relevé acoustique, les détails de l'échantillonnage et le calcul des indices d'abondance et de biomasse se trouvent dans Mowbray (2013), Mowbray *et al.* (2023) et Murphy *et al.* (2024).

ABONDANCE ET BIOMASSE DANS LE RELEVÉ ACOUSTIQUE PRINTANIER

Au cours du relevé acoustique de 2023 (effectué du 6 au 21 mai), toutes les strates principales ont fait l'objet d'un relevé (figure 14). Le capelan était plus dense le long des latitudes moyennes de la division 3L ($47^\circ 00'N - 49^\circ 00'N$) avec des concentrations plus élevées dans les strates côtières (B, C et T) et dans la baie de la Conception, mais aussi une densité relativement élevée dans la couche H à l'est de la couche B. La densité du capelan a diminué dans les étendues sud, nord et est de la zone de relevé, à l'exception d'une certaine densité le long de la bordure du plateau. Cette répartition est conforme à celle de la plupart des années de la dernière décennie. En 2023, l'indice de biomasse était de 333 kt (intervalle de confiance [IC] à 90 % : 235 – 568 kt), ce qui était semblable à la période de 2018 à 2022 (médiane : 282 kt),

ce qui suggère une stabilité du stock au cours des dernières années (figure 15). Depuis l'effondrement du stock en 1991, l'indice annuel médian de la biomasse du capelan selon le relevé acoustique était de 174 kt (1991 à 2022), bien en deçà de la médiane d'avant l'effondrement de 1985 à 1990 (3 704 kt). L'indice de l'abondance selon le relevé acoustique du printemps 2023 était de 34,4 milliards de poissons, ce qui est supérieur à la médiane de 1991 à 2022 (18,5 milliards de poissons) (figure 16).

ÂGE, STADE DE MATURITÉ, CROISSANCE ET RÉGIME ALIMENTAIRE DANS LE RELEVÉ PRINTANIER

Dans le relevé acoustique du printemps 2023, les poissons d'âge 2 ont dominé les prises (83 %), suivis des poissons d'âge 3 (13 %) (figure 17). Les poissons d'âge 1 sont peu recrutés au chalut Campelen 1800, de sorte qu'il n'y a pas d'indice fiable de ce groupe d'âge. Comme au cours des dernières années, très peu de poissons d'âge 4 et plus ont été échantillonnés dans le cadre du relevé acoustique du printemps 2023.

En 2023, 55,7 % des poissons d'âge 2 étaient en cours de maturation et auraient frayé cet été-là, comme en 2022 (figure 18). Une forte proportion de poissons d'âge 2 mûrissant au cours du relevé acoustique printanier est typique des années à faible indice de biomasse; cependant, il s'agit d'une réponse phénotypique puisqu'au cours des dernières années de biomasse plus élevée (2013-2015), le capelan a grandi plus lentement, ce qui a entraîné la maturation de 18 à 33 % des poissons femelles d'âge 2 au cours de ces années. À la fin des années 1980 (1985-1990), en moyenne, 3,7 % des femelles d'âge 2 mûrissaient au printemps. En raison de la semelparité facultative, la proportion élevée de poissons d'âge 2 arrivant à maturité a donné lieu à un stock tronqué par l'âge.

Puisque le moment de la maturité est lié à la croissance, les classes d'âge dont les juvéniles ont une croissance rapide arrivent à maturité à un plus jeune âge. Pour le stock de capelan des divisions 2J3KL, la croissance rapide des individus immatures et une proportion accrue du stock arrivant à maturité à l'âge 2 sont des caractéristiques de la période après l'effondrement. Pendant la période post-effondrement, les poissons d'âge 1 et d'âge 2 étaient plus lourds et plus longs que les capelans d'âge 1 et d'âge 2 dans les années 1980 (figures 19 et 20). En 2023, les poissons d'âge 2 étaient semblables en longueur et en poids aux poissons échantillonnés en 2022. Le poids moyen et la longueur moyenne des poissons d'âge 3 et d'âge 4 sont demeurés les mêmes ou ont diminué depuis les années 1980, probablement parce que le capelan qui arrive à maturité à un plus jeune âge consacre plus d'énergie à la reproduction qu'à la croissance allométrique (figures 19 et 20). Les poissons d'âge 5 ou plus sont essentiellement absents du relevé après 1991. Comme on pouvait s'y attendre, la proportion de capelans matures à l'âge 2 est fortement liée à la longueur moyenne de la cohorte à cet âge (régression bêta, Pseudo $R^2 = 0,77$, $p = 0,01$; figure 21).

Au printemps 2023, 28 % des capelans échantillonnés avaient l'estomac vide, ce qui était inférieur à la moyenne de la série chronologique post-effondrement de 47 % d'estomacs vides. À toutes les longueurs, le régime alimentaire du capelan était dominé par des copépodes sans changement ontogénétique évident à environ 120 mm de LT vers des taxons de proies plus gros comme les euphausiacés (Dalpadado et Mowbray 2013) (figure 22). Le pourcentage moyen de poids corporel (% p.c.) du capelan a été utilisé comme mesure de la plénitude de l'estomac (voir l'équation 4 où WS est le poids du contenu de l'estomac [g] et BW est le poids du corps entier [g]). En 2023, le % p.c. moyen du capelan était de $0,92 \pm ET$ de 1,12 %, ce qui était inférieur à la moyenne de la série chronologique (1999-2022) de 1,17 %.

$$\%BW_i = \left(\frac{WS}{WB_i - WS_i} \right) * 100 \quad (4)$$

La fréquence des occurrences (FO) des taxons de proies du capelan a été calculée à l'aide de l'équation 5 où S_i est le nombre d'estomacs contenant des proies i et S_{total} est le nombre total d'estomacs contenant des proies. Les trois principaux taxons de proies dans le régime alimentaire printanier du capelan basé sur la FO étaient les copépodes (93,6 %), l'appendiculaire *Oikopleura* spp. (43,2 %) et les amphipodes hyperiidés (35,0 %).

Oikopleura spp. est considéré comme une proie de faible qualité pour le capelan dans la mer de Barents et ne remplace pas les euphausiacés dans leur alimentation (Orlova *et al.* 2009, 2010). Les euphausiacés étaient la cinquième proie en importance selon la FO (9,5 %). La catégorie des copépodes peut être divisée comme suit : *Calanus* sp. stades IV à VI; *Calanus* sp. stades I à III; *Metridia* spp. et Copépodes (sans identification d'espèce). La catégorie des copépodes (sans identification d'espèce) comprend de petites espèces de copépodes comme *Pseudocalanus* spp. ainsi que des morceaux de copépodes. Les stades IV-VI de *Calanus* sp. présentaient le taux de FO le plus élevé (79,8 %), suivi de *Metridia* spp. (61,3 %) (figure 23). Ces données sur le régime alimentaire suggèrent que le capelan se nourrit bien de grands copépodes dans l'écosystème, mais que son régime alimentaire semble manquer d'autres taxons de proies comme les euphausiacés à mesure qu'il grandit, ce qui peut avoir une incidence sur leur pourcentage de poids corporel (% p.c.) et, plus généralement, sur la productivité du stock.

$$FO = (S_i / S_{total}) * 100 \quad (5)$$

RELEVÉS PLURISPÉCIFIQUES D'AUTOMNE AU CHALUT DE FOND

Chaque année, la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO réalise des relevés plurispécifiques d'automne au chalut de fond (les « relevés au chalut de fond » dans le reste du document) dans les divisions 2GHJ3KLNO de l'OPANO (figure 1). Un compte rendu détaillé de la méthodologie et du plan de ces relevés est donné dans Rideout et Ings (2018). On n'utilise pas les données des relevés au chalut de fond pour estimer la biomasse du capelan en raison de la répartition verticale nyctémérale du capelan et de la sélectivité du chalut, qui est biaisée par rapport aux poissons de plus petite taille – en particulier ceux de moins de 10 cm (Mowbray 2002). L'échantillonnage des capelans capturés au cours du relevé au chalut de fond vise à obtenir des échantillons de l'ensemble de la répartition géographique de l'espèce (voir Mowbray *et al.* 2023 pour plus de détails).

En 2023, le relevé au chalut de fond a couvert toute la zone de relevé. Cependant, le relevé se déroulait jusqu'à un mois plus tôt dans certaines divisions (notamment les divisions 2J3K). De plus, certains échantillons des divisions 2J3K ont été perdus en raison d'un accident de congélation. La Section des espèces pélagiques a effectué une croisière de recherche acoustique à l'automne en décembre 2023 dans les divisions 2HJ3KL, et une sélection d'échantillons au chalut pélagique et au chalut de fond prélevés au cours de la croisière de recherche a été utilisée pour remplacer certains de ces échantillons perdus des divisions nordiques (figure 24).

ÉTAT ET RÉGIME ALIMENTAIRE À L'AUTOMNE

L'état à l'automne de 2023 a été calculé à l'aide des données de tous les ensembles où un échantillonnage détaillé était disponible, y compris quatre échantillons supplémentaires de la croisière de recherche de décembre dans les divisions 2J3K. Les données ont d'abord été regroupées par division de l'OPANO. On calculait ensuite un indice d'état (LeCren 1951) selon le sexe et la classe d'âge (âge 1 ou 2), puis la moyenne des valeurs obtenues. L'état relatif du capelan à l'automne en 2023 était inférieur à celui de 2022 et semblable à celui de 2020

(figure 25). L'état du capelan à l'automne est élevé depuis 2020. Aucun poisson d'âge 1 et d'âge 2 n'a été échantillonné dans la division 2J en 2023 (figure 26).

Des données sur la plénitude de l'estomac sont disponibles pour le capelan d'automne où la plénitude de l'estomac est « appelée » pour les poissons soumis à un échantillonnage détaillé. Les estomacs sont classés en cinq catégories : 0 (vide), 1 (1/4 plein), 2 (1/2 plein), 3 (3/4 plein) et 4 (plein). En 2023, 424 capelans avaient des données sur la plénitude de l'estomac. En outre, 42 % du capelan avait l'estomac vide, ce qui est inférieur à la moyenne post-effondrement (54 % d'estomacs vides; figure 27). Si l'on tient compte uniquement des estomacs dits pleins (catégories 3 et 4), 11 % des capelans avaient l'estomac plein en 2023, comparativement à la moyenne post-effondrement de 10 %. Les données sur la plénitude de l'estomac confirment l'état élevé observé de ces poissons échantillonnés à l'automne.

MODÈLE DE PRÉVISION

Le modèle de prévision pour le capelan (Lewis *et al.* 2019) s'appuie sur deux modèles antérieurs pour le capelan (Buren *et al.* 2014a, Murphy *et al.* 2018) en combinant leurs principales caractéristiques dans un cadre bayésien commun qui est ensuite utilisé pour générer des prédictions de l'indice de la biomasse du capelan à partir du relevé acoustique printanier. Dans Lewis *et al.* (2019), le modèle de prévision du capelan le plus parcimonieux (CSAM3) comprenait l'indice larvaire de la plage de Bellevue; le jour de l'année (JA) de la position la plus au sud de la glace de mer contiguë (retrait de la glace de mer; t_{ice}), qui est lié à la période de la prolifération printanière annuelle de plancton; et l'indice de l'état relatif à l'automne du capelan d'âge 1 et d'âge 2. Le modèle utilise une combinaison de décalages temporels pour les différents indices afin de tenir compte du moment où chaque indice est censé avoir une incidence sur la biomasse du capelan pour l'année prévue.

Le modèle de prévision du capelan a été réajusté en fonction des données de 2023 et des données t_{ice} à jour (28 février 2024). À l'instar de l'article original et des évaluations précédentes, le modèle le plus parcimonieux était CSAM3, qui comprend l'indice larvaire de la place de Bellevue, l'état d'automne et les paramètres t_{ice} (tableau 1) (Lewis *et al.* 2019, DFO 2022, 2024). Le modèle de prévision laisse croire que l'indice de la biomasse tiré des relevés acoustiques du capelan en 2024 sera semblable ou légèrement inférieur à celui de 2023 (figure 28).

Dans l'évaluation de 2023, le modèle de prévision du capelan s'est avéré sensible à l'état d'automne (MPO 2024). Pour l'évaluation de 2024, comme le modèle de prévision est réajusté chaque année à l'aide des valeurs mises à jour, la valeur de l'état observé pour 2022 pourrait influencer indûment la prévision pour 2024 et 2025. Pour étudier cette possibilité, le modèle de prévision a été ajusté à trois valeurs de l'état différentes : la valeur relative de l'état observée pour 2022 (1,13), la deuxième valeur d'état de la série chronologique de l'état (1,074) et la valeur médiane (1,1) entre les valeurs de l'état les plus élevées et les valeurs en deuxième position. La valeur utilisée pour l'état en 2022 a eu peu d'effet sur les indices de biomasse prévus pour 2024 et 2025 (figure 29).

POINT DE RÉFÉRENCE LIMITE

Le modèle capelan-morue (Koen-Alonso *et al.* 2021) est à la base du PRL pour le capelan. Ce modèle prédit avec précision la biomasse de la morue franche en se basant en partie sur la biomasse du capelan. Ce modèle a été utilisé avec succès dans les écosystèmes de Terre-Neuve-et-Labrador et de la mer de Barents. En 2022, avec le modèle capelan-morue, l'indice de la biomasse acoustique du capelan exigeait de maintenir la morue du Nord à son

propre PRL, c.-à-d. aux niveaux observés pour la dernière fois de 1983 à 1989, soit 640 kt (MPO 2024). La morue du Nord sert d'espèce indicatrice dans l'écosystème de Terre-Neuve-et-Labrador parce que la communauté de poissons à nageoires a une relation positive avec la situation de la morue du Nord et du capelan. Par conséquent, l'établissement d'un PRL pour le capelan qui tient compte de la dépendance de la morue du Nord au capelan devrait profiter à toute la communauté des poissons à nageoires. À l'automne 2023, le PRL de la morue du Nord a fait l'objet d'une évaluation du cadre et, par conséquent, le PRL de la morue du Nord est maintenant fondé sur 40 % de la B_{RMD} . Cela a entraîné un changement du PRL du capelan également. En utilisant la même configuration et les mêmes données que pour l'évaluation du capelan de 2023 (c.-à-d. la biomasse de la morue du Nord jusqu'en 2020) (MPO 2024) et 40 % de la B_{RMD} pour le PRL de la morue du Nord (estimé à l'interne par le modèle capelan-morue), le modèle capelan-morue a estimé un PRL du capelan de 155 kt en fonction de l'indice de biomasse acoustique printanier (figure 30). En dessous de ce niveau, le stock de capelan risque probablement de subir un dommage sérieux. C'est aussi le niveau de capelan dans l'écosystème nécessaire pour maintenir la morue du Nord à son PRL. En 2023, le stock de capelan est actuellement au-dessus de son PRL; cependant, cela ne signifie pas qu'il y a plus de capelan dans l'écosystème, mais plutôt qu'il en faut moins pour maintenir la morue du Nord à son PRL. La limite entre les zones de prudence et saine n'a pas encore été déterminée pour le stock de capelan des divisions 2J3KL.

CONTEXTE ÉCOSYSTÉMIQUE

Le capelan constitue le niveau trophique intermédiaire d'un écosystème de type « étranglée » (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 de la population de capelan est influencée par des facteurs ascendants comme le climat et la dynamique de la population de zooplancton (Buren *et al.* 2014a) et le capelan, à son tour, joue un rôle essentiel dans l'ensemble de l'écosystème en influençant la dynamique des populations de ses prédateurs (Buren *et al.* 2014b, Koen-Alonso *et al.* 2021).

Le climat de Terre-Neuve et du Labrador fluctue à l'échelle décennale, avec des incidences connues sur la productivité des écosystèmes. La période plus chaude et peut-être plus productive qui a commencé en 2018 s'est poursuivie en 2023 (figure 31). Bien que l'on ignore en grande partie l'effet des variations à grande échelle du climat océanique sur le capelan des divisions 2J3KL, des recherches récentes ont montré que l'indice de l'oscillation nord-atlantique d'été et l'indice climatique de Terre-Neuve-et-Labrador (NLCI) étaient des prédicteurs de la période de fraie du capelan (Murphy *et al.* 2021) et on a posé l'hypothèse que la variabilité interannuelle de la disponibilité des proies associée aux changements dans la période de prolifération printanière du phytoplancton et du retrait de la glace de mer au printemps influence le capelan adulte et, par extension, sa biomasse (Buren *et al.* 2014a, Cyr *et al.* 2023).

Les conditions générales des quatre dernières années indiquent une amélioration de la productivité aux niveaux trophiques inférieurs dans la biorégion de Terre-Neuve-et-Labrador (divisions 2HJ3KLNOPs; figure 32). Cela comprend des proliférations de phytoplancton plus précoces, des concentrations de nutriments plus élevées et une biomasse zooplanctonique supérieure à la moyenne avec une forte abondance de petits copépodes et de grands copépodes *Calanus* riches en énergie. Ces changements dans la communauté de zooplancton portent à croire à une amélioration des conditions d'alimentation des larves de capelan (Murphy *et al.* 2018) et des capelans adultes (Buren *et al.* 2014a).

Malgré ces signaux positifs aux niveaux trophiques inférieurs, la biorégion de Terre-Neuve-et-Labrador continue de connaître des conditions globales de faible productivité, probablement en

raison de processus ascendants (p. ex., limitation alimentaire) (figure 33). Le rétablissement du poisson de fond qui a commencé au milieu des années 2000 a stagné, et on a observé des déclinés au milieu des années 2010. Les tendances écosystémiques des dernières années (p. ex., tendances de la biomasse, poids des contenus stomacaux) montrent des améliorations par rapport aux creux de la fin des années 2010, mais la biomasse globale n'a pas encore retrouvé le niveau du début des années 2010.

Les estimations de la consommation de capelan par les prédateurs de poissons et les prédictions de la biomasse du capelan à partir de la probabilité de présence de capelan dans l'estomac des prédateurs indiquent que le capelan s'est récemment amélioré par rapport aux niveaux de la fin des années 2010 (figure 34). Cette tendance positive devrait persister dans le relevé acoustique printanier du capelan de 2024, mais l'ampleur précise de cette amélioration attendue demeure incertaine.

L'examen de la productivité par tête du capelan par rapport aux conditions environnementales montre des réponses positives du capelan à l'augmentation du NLCI (figure 35). Cela renforce l'idée que le capelan est réglementé par le bas et souligne l'importance de la taille du stock pour tirer parti de l'existence de bonnes conditions environnementales.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le stock de capelan des divisions 2J3KL a montré des signes minimes de rétablissement après son effondrement en 1991. Les changements persistants dans la dynamique de la population de capelan après l'effondrement sont probablement dus à des facteurs dépendants de la densité, ce qui entraîne une croissance rapide des juvéniles et une maturation à un plus jeune âge. Cette tendance s'est poursuivie en 2023 avec une forte proportion de capelan arrivant à maturité à l'âge 2. En raison de la sémelparité et de l'âge précoce à maturité, le stock est tronqué par rapport aux années 1980. Après 1991, le stock de capelan se caractérise également par un retard de la fraie et un faible recrutement. Le moment de la fraie en 2023 a été retardé; et, bien que l'indice larvaire de la plage de Bellevue était semblable à celui de 2022, il n'était que moyen comparativement à la moyenne de la série chronologique après l'effondrement. Cela suggère que 2023 était une classe d'âge moyenne par rapport à la période post-effondrement, mais que la classe d'âge 2023 pourrait être plus faible que prévu en raison du retard de la fraie. L'état relatif du capelan à l'automne était supérieur à la moyenne en 2023. En 2023, l'indice de la biomasse fondé sur le relevé acoustique du capelan des divisions 2J3KL était semblable à la médiane de 2018 à 2022, mais bien inférieur au sommet récent du stock de 2013-2014 et à une fraction de la médiane des années 1980. Le modèle de prévision du capelan prévoyait que l'indice de biomasse du capelan tiré des relevés acoustiques en 2024 serait semblable ou légèrement inférieur à celui de 2023. Le PRL de la morue du Nord a changé en 2023 et est maintenant basé sur 40 % de la B_{RMD} ; par conséquent, le PRL du capelan a également été révisé. En utilisant le modèle capelan-morue, le PRL du capelan était de 155 kt, d'après l'indice de la biomasse fondé sur le relevé acoustique du printemps. En 2023, le stock de capelan est supérieur à son PRL, et la limite entre les zones de prudence et saine n'a pas été déterminée pour ce stock. Bien que le stock de capelan des divisions 2J3KL soit supérieur au PRL, le stock est confronté à des difficultés comme une période de fraie tardive, une maturation précoce et une population dominée par des poissons relativement jeunes. En outre, le stock reste bien inférieur à celui de la période productive de 1985 à 1990. Ces facteurs indiquent une réduction de la productivité des stocks, et le Secteur des sciences recommande une approche de gestion axée sur la croissance à court terme des stocks.

DOMAINES D'INCERTITUDE

Le relevé acoustique de printemps ne fournit pas d'estimation de la biomasse totale du stock reproducteur, de sorte qu'on ignore l'incidence de la pêche sur le stock de capelan.

L'indice larvaire de la plage de Bellevue n'est peut-être pas représentatif de la densité des larves dans les zones abritant une forte proportion de la fraie en eaux profondes (démersale). Cependant, les tendances des indices larvaires étaient semblables entre un site de la baie Notre Dame, qui abrite une forte proportion de la fraie en eaux profondes, et l'indice larvaire de la plage de Bellevue (Tripp *et al.* 2023). L'indice larvaire de la plage de Bellevue est inclus dans le modèle de prévision du capelan le plus parcimonieux.

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.

L'incidence de la mortalité par pêche sur le stock de capelan n'est pas quantifiée et est généralement mal comprise, en particulier ses répercussions ciblées sur les femelles œuvées avant la fraie qui ont déjà survécu à la prédation et à d'autres sources de mortalité naturelle.

À l'heure actuelle, les données sur l'abondance et la biomasse du capelan d'âge 1 tirées du relevé acoustique printanier sont limitées. L'utilisation d'un chalut pélagique à mailles plus petites dans le relevé acoustique printanier peut accroître les données sur cette étape du cycle de vie et peut-être affiner les prévisions de recrutement du stade larvaire à l'âge 2.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Anderson, P.J., and Piatt, J.F. 1999 Community reorganization in the Gulf of Alaska following ocean climate regime shift. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 189:117–123.
- 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.* 9:1–11.
- 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.* 616:115–170.
- Carscadden, J.E., Frank, K.T., and Leggett, W.C. 2001. Ecosystem changes and the effects on capelin (*Mallotus villosus*), a major forage species. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:73–85.
- Carscadden, J.E., Gjørseter, H., and Vilhjálmsson, H. 2013. A comparison of recent changes in distribution of capelin (*Mallotus villosus*) in the Barents Sea, around Iceland and in the Northwest Atlantic. *Prog. Oceanogr.* 114:64–83.
- Cury, P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quinones, R.A., Shannon, L.J., and Verheye, H.M. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 603–618.

-
- Cyr, F., Lewis, K., Bélanger, D., Regular, P., Clay, S., and Devred, E. 2023. Physical controls and ecological implications of the timing of the spring phytoplankton bloom on the Newfoundland and Labrador shelf. *Limnol. Oceanogr. Lett.* 9(3):191–198
- Dalley, E.L., Anderson, J.T., and deYoung, B. 2002. Atmospheric forcing, larval drift, and recruitment of capelin (*Mallotus villosus*). *ICES J. Mar. Sci.* 59:929–941.
- Dalpadado, P., and Mowbray, F. 2013. Comparative analysis of feeding ecology of capelin from two shelf ecosystems, off Newfoundland and in the Barents Sea. *Prog. Oceanogr.* 114:97–105.
- Davoren, G.K., and Montevecchi, W.A. 2003. Consequences of foraging trip duration on provisioning behaviour and fledging condition of Common Murres *Uria aalge*. *J. Avian Biol.* 34:44–53.
- Gelman, A., Goodrich, B., Gabry, J., and Vehtari, A. 2019. R-squared for Bayesian Regression Models. *The American Statistician.* 73(3):307–309.
- Gjosaeter, H. 1998. The population biology and exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) in the Barents Sea. *Sarsia.* 83(6):453–496.
- Irvine, J.R., Bocking, R.C., English, K.K., and Labelle, M. 1992. Estimating Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) spawning escapements by conducting visual surveys in areas selected using stratified random and stratified index sampling designs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(10):1972–1981.
- 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. NAFO SCR Doc. 18/070.
- 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.
- LeCren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20:201–219.
- 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.
- Millar, R.B., and Jordan, C.E. 2013. A simple variance estimator for the trapezoidal area-under-the-curve estimator of the spawner abundance of Pacific salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 70:1231–1239.
- Mowbray, F.K. 2002. Changes in the vertical distribution of capelin (*Mallotus villosus*) off Newfoundland. *ICES J. Mar. Sci.* 59:942–949.
- Mowbray, F.K. 2013. [Some results from spring acoustic surveys for capelin \(*Mallotus villosus*\) in NAFO Division 3L between 1982 and 2010](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/143 ii + 34 p.
- Mowbray, F.K., Adamack, A.T., Murphy, H.M., Lewis, K., et Koen-Alonso, M. 2023. [Évaluation du capelan \(*Mallotus villosus*\) dans les divisions 2J3KL jusqu'en 2019](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/076. iv + 40 p.
- MPO. 2022. [Évaluation du capelan des divisions 2J3KL en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/013.
-

-
- MPO. 2024. [Évaluation du capelan des divisions 2J+3KL en 2022 et l'évaluation des points de référence limites proposés](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2024/004.
- Murphy, H.M. 2022. Capelin beach spawning diaries: an analysis of 30 years of citizen science data from the island of Newfoundland, Canada. *Cybiuim*. 46(4): 357–370
- 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.* 78:2709–2723.
- Murphy, H.M., Adamack, A.T., Mowbray, F.K., Lewis, K.P., et Bourne, C.M. 2024. [Évaluation du capelan \(*Mallotus villosus*\) des divisions 2J et 3KL de l'OPANO jusqu'en 2022](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/027. iv + 54 p.
- Murphy, H.M., Pepin, P., Robert, D. 2018. Re-visiting the drivers of capelin recruitment in Newfoundland since 1991. *Fish. Res.* 200:1–10.
- Nakashima, B.S. 1992. Patterns in coastal migration and stock structure of capelin (*Mallotus villosus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:2423–2429.
- Orlova, E.L., Dolgov, A.V., Rudneva, G.B., Oganin, I.A., and Konstantinova, L.L. 2009. Trophic relations of capelin *Mallotus villosus* and polar cod *Boreogadus saida* in the Barents Sea as a factor of impact on the ecosystem. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 56:2054–2067.
- Orlova, E.L., Rudneva, G.B., Renaud, P.E., Eiane, K., Savinov, V., and Yurko, A.S. 2010. Climate impacts on feeding and condition of capelin *Mallotus villosus* in the Barents Sea: Evidence and mechanisms from a 30 year data set. *Aquat. Biol.* 10:105–118.
- Regular, P.M., Buren, A.D., Dwyer, K.S., Cadigan, N.G., Gregory, R.S., Koen-Alonso, M., Rideout, R.M., Robertson, G.J., Robertson, M.D., Stenson, G.B., Wheeland, L.J., and Zhang, F. 2022. Indexing starvation mortality to assess its role in the population regulation of Northern cod. *Fish. Res.* 247:106–180.
- Rideout, R.M., and Ings, D.W. 2018. Temporal and spatial coverage of Canadian (Newfoundland and Labrador Region) spring and autumn multi-species bottom trawl surveys, with an emphasis on surveys conducted in 2017. NAFO SCR Doc. 18/017.
- Templeman, W. 1948. The life history of capelin (*Mallotus villosus* O. F. Muller) in Newfoundland waters. Nfld Gov. Lab. Res. Ser. Bull. 17:1–151.
- Tripp, A., Murphy, H.M., Penton, P.M., and Davoren, G.K. 2023. Trends in larval densities, spawning timing, and site quality of capelin (*Mallotus villosus*) across bays and habitats in Newfoundland, Canada. *ICES J. Mar. Sci.* 82(3):1–13.

TABLEAUX

Tableau 1. Statistiques de sélection de modèles pour les modèles de prévision du capelan en 2023 utilisant la valeur observée de l'état relatif d'automne pour 2022 (1, 13). Les détails sur les modèles sont donnés dans Lewis et al. (2019)¹. CID : critère d'information de déviation; Δ CID : différence entre la variation du CID par rapport au modèle le plus parcimonieux; R^2 représente les analyses bayésiennes (Gelman et al. 2019).

Type de modèle	CID	Δ CID	R^2
CSAM3	36,39075938	0	0,547
CSAM1	38,33352816	1,942768774	0,442
AM0	40,28240179	3,891642403	0,188
CSAM2	41,8968585	5,506099118	0,378
AM1	43,60151904	7,210759658	0,315
CS1	45,12243678	8,731677397	0,309
CS0	45,77759602	9,386836632	0,275

¹CS1 (indice larvaire de la plage de Bellevue et indice zooplancton); AM0 (t_{ice}); AM1 (t_{ice} et état); CS0 (indice larvaire de la plage de Bellevue); CSAM1 (indice larvaire de la plage de Bellevue et état à l'automne); CSAM2 (indice larvaire de la plage de Bellevue, t_{ice}); CSAM3 (indice larvaire de la plage de Bellevue, t_{ice} , état à l'automne)

FIGURES

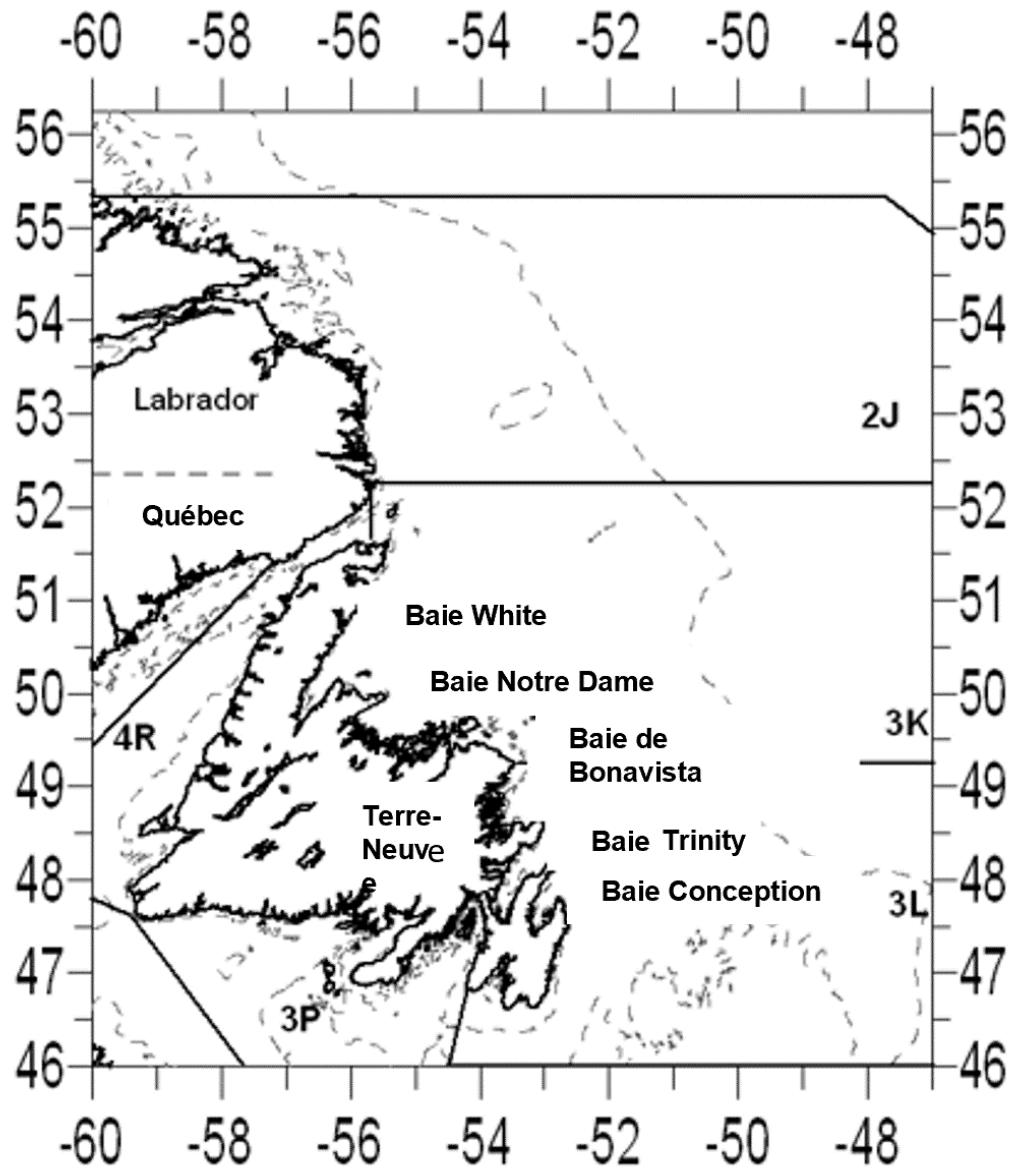


Figure 1. Zone de stock du capelan des divisions 2J3KL de l'OPANO.

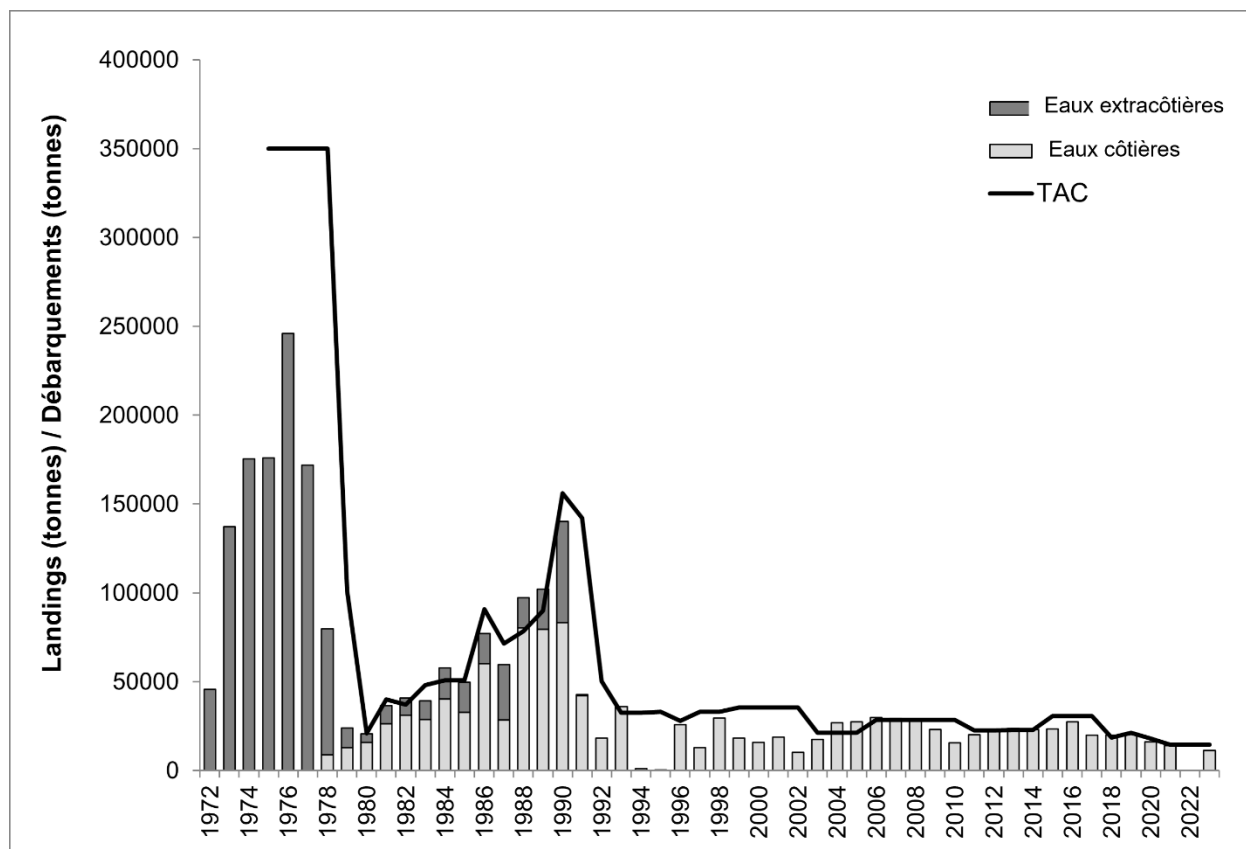


Figure 2. Débarquements des prises capturées en zone côtière (barres gris clair), débarquements des prises capturées en zone hauturière (barres gris foncé) et total autorisé des captures (TAC) (ligne) pour le capelan dans les divisions 2J3KL de 1972 à 2023. Il convient de souligner que les débarquements annuels des prises capturées en zone côtière étaient probablement supérieurs à 0 t entre 1972 et 1977, mais qu'ils n'ont pas été enregistrés avant 1978. Il n'y a pas eu de pêche commerciale en 1994, 1995 et 2022.

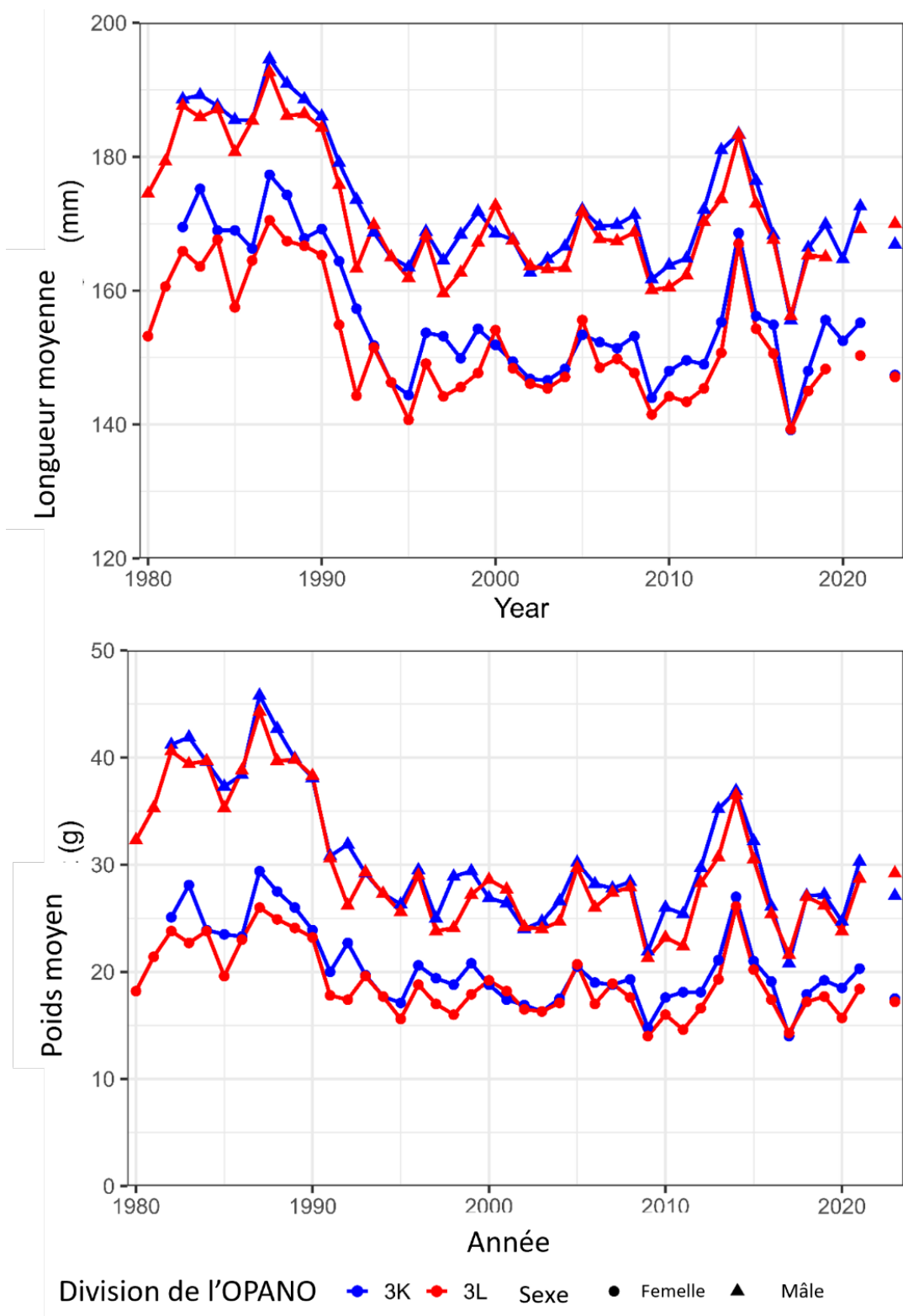


Figure 3. Longueur et poids moyens des capelans capturés dans les divisions 3K et 3L de l'OPANO dans le cadre des débarquements commerciaux côtiers de 1980 à 2023.

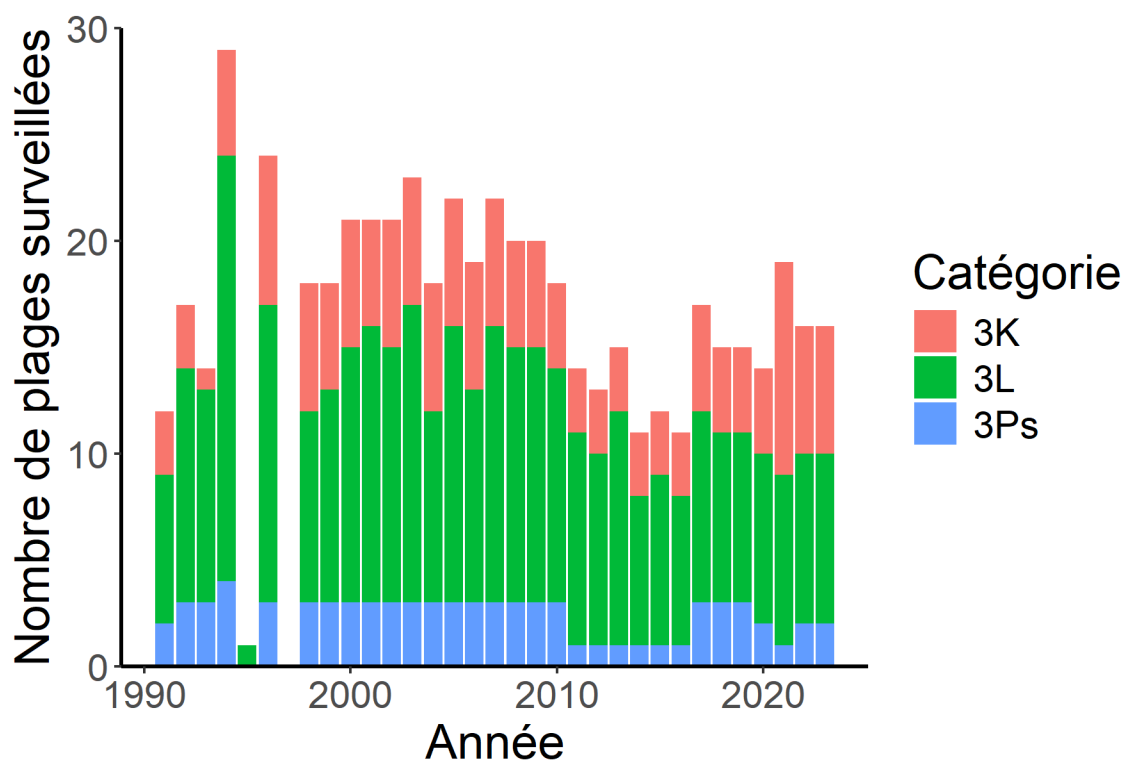


Figure 4. Nombre de plages de fraie du capelan surveillées, par division, par le programme des journaux de fraie du capelan de la science citoyenne du MPO sur les plages depuis 1991.

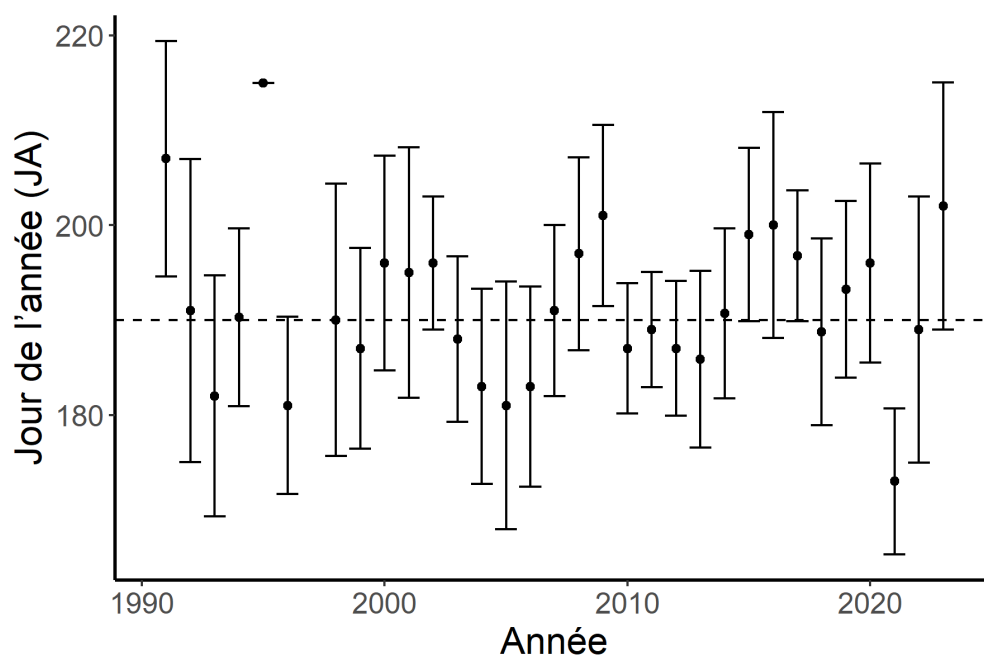


Figure 5. Le pic médian de la période de fraie sur les plages pour le capelan des divisions 2J3KL en 2023 était le 21 juillet (jour de l'année [JA] : 202), sur la base des 16 plages surveillées dans le cadre du programme des journaux de fraie du capelan de la science citoyenne. La ligne pointillée est la médiane de la série chronologique (1991 à 2022; 9 juillet, JA : 190). Les barres d'erreur sont l'écart-type.

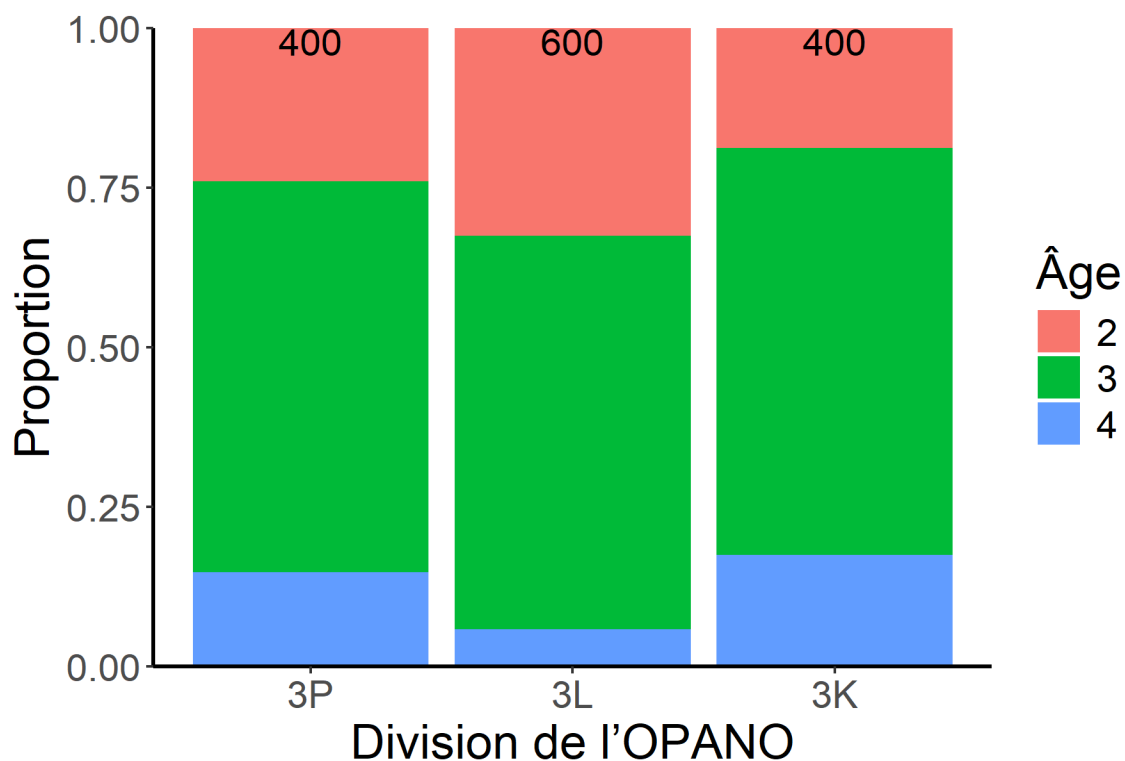


Figure 6. Composition selon l'âge du capelan reproducteur sur les plages des divisions 3KLP de l'OPANO en juin et juillet 2023. Les poissons ont été échantillonnés à l'aide d'éperviers sur sept plages. La taille de l'échantillon est indiquée en haut de chaque barre.

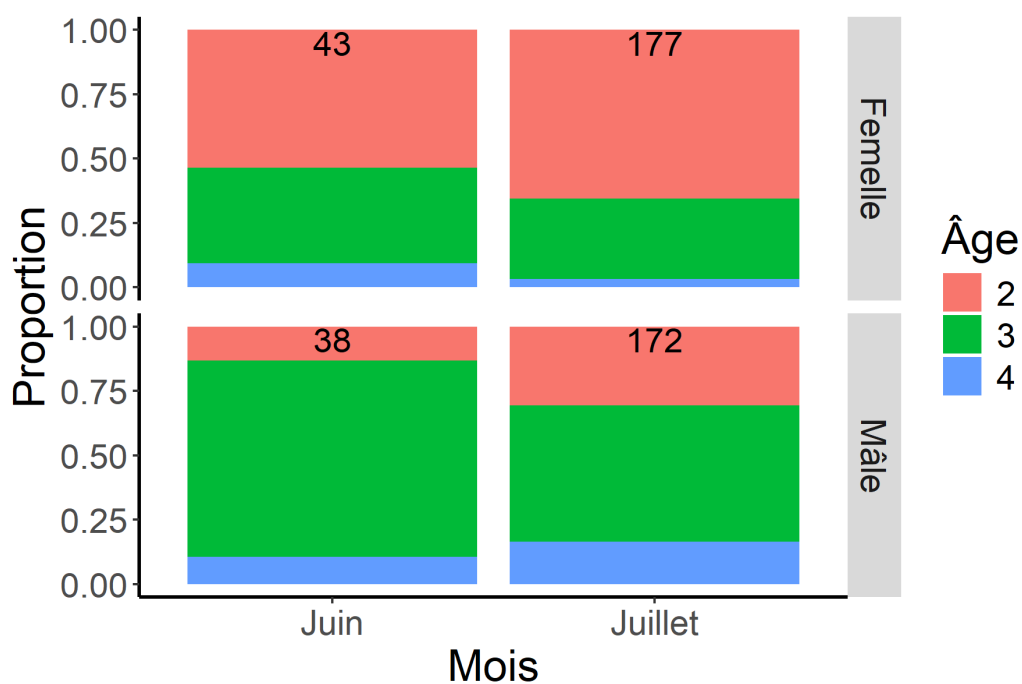


Figure 7. Composition selon l'âge et le sexe du capelan en fraie sur la plage de Bellevue dans la division 3L de l'OPANO en juin et juillet 2023. Les poissons ont été échantillonnés à l'aide d'éperviers. La taille de l'échantillon est indiquée en haut de chaque barre.

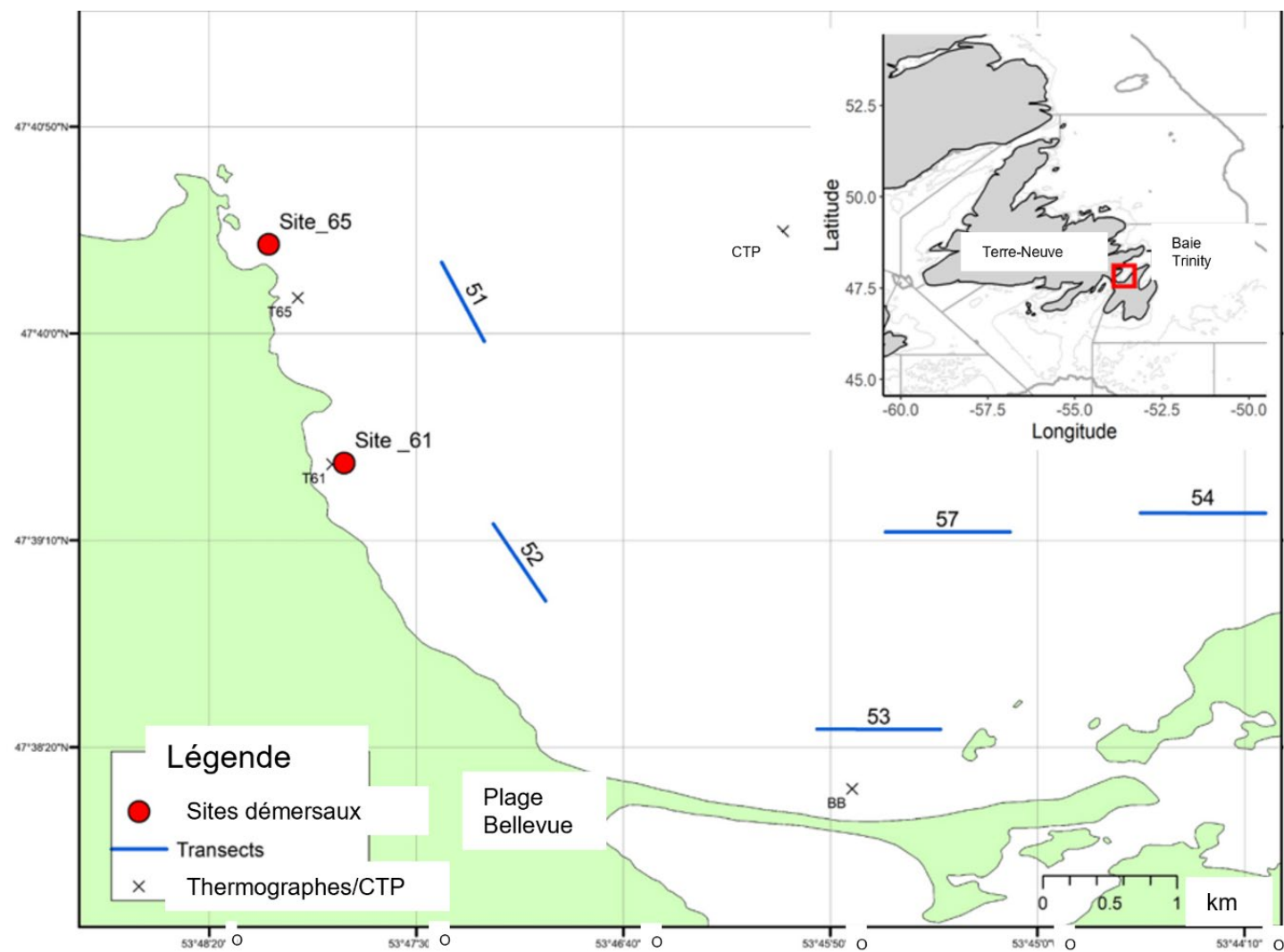


Figure 8. Zone d'échantillonnage de la plage Bellevue dans la baie de la Trinité (division 3L). Les sites démersaux sont indiqués en rouge (profondeurs de 12 à 14 m). Les transects numérotés sont des stations fixes pour les traits de surface des larves. Un X indique les stations fixes pour les données de CTP recueillies chaque jour d'échantillonnage. La boîte rouge dans le médaillon est l'emplacement de la plage de Bellevue dans la baie de la Trinité.

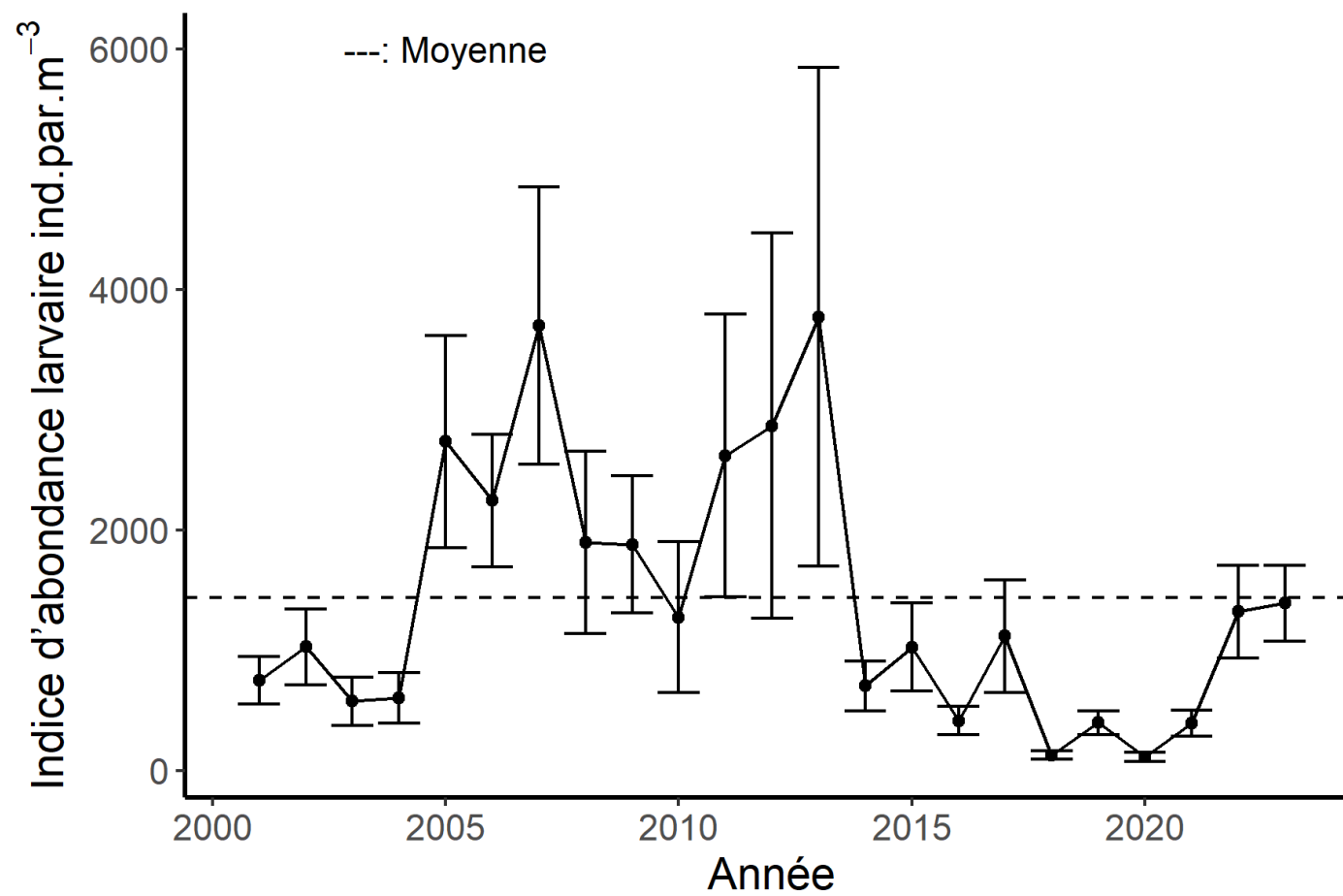


Figure 9. Indice larvaire de la plage de Bellevue (de 2001 à 2023) $\pm$ erreurs types. La ligne pointillée est l'indice moyen d'abondance larvaire (2001-2022).

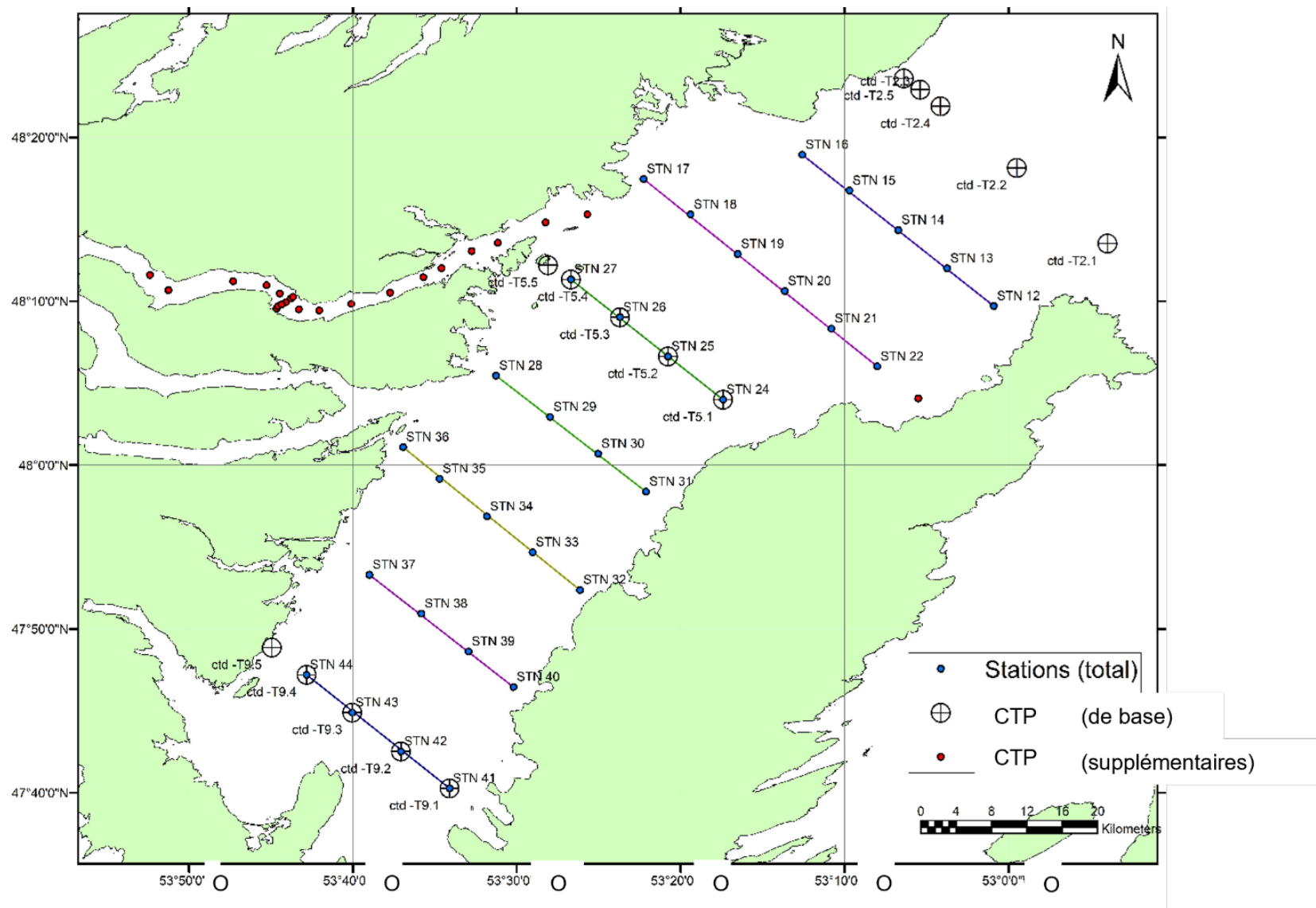


Figure 10. Relevé larvaire dans la baie de la Trinité. Les stations principales échantillonnées se trouvent au centre de la baie (stations 17 à 36).

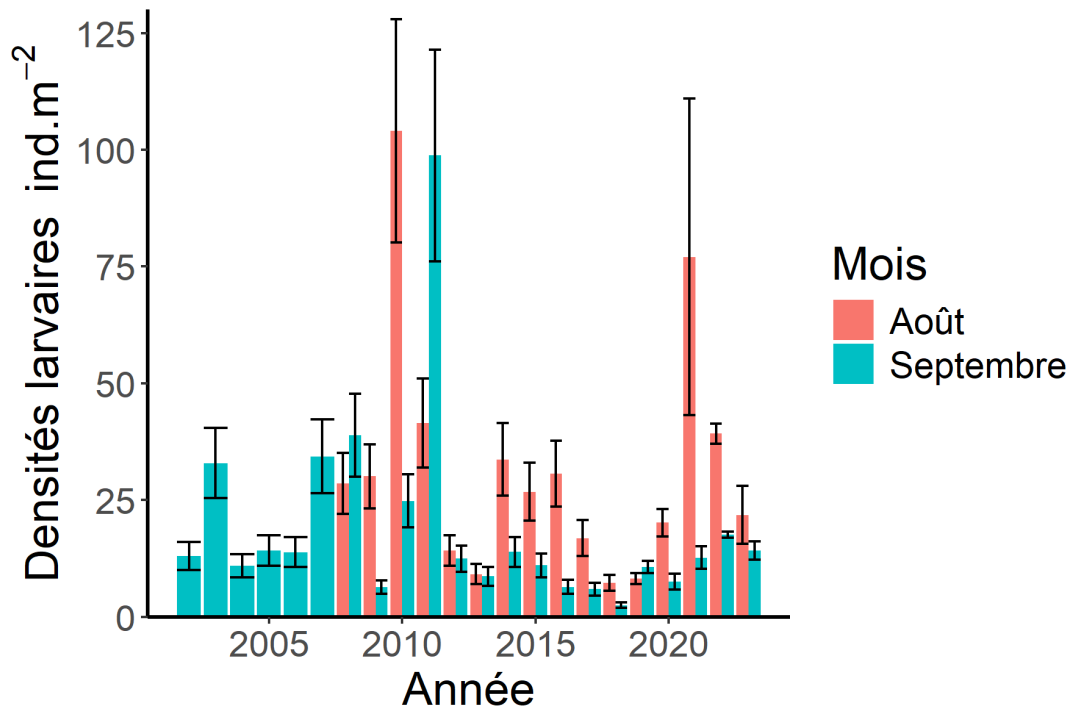


Figure 11. Densités larvaires de la baie de la Trinité échantillonnées à 19 stations fixes principales dans le centre de la baie de la Trinité en août et septembre. Les barres d'erreur sont $\pm$ ET.

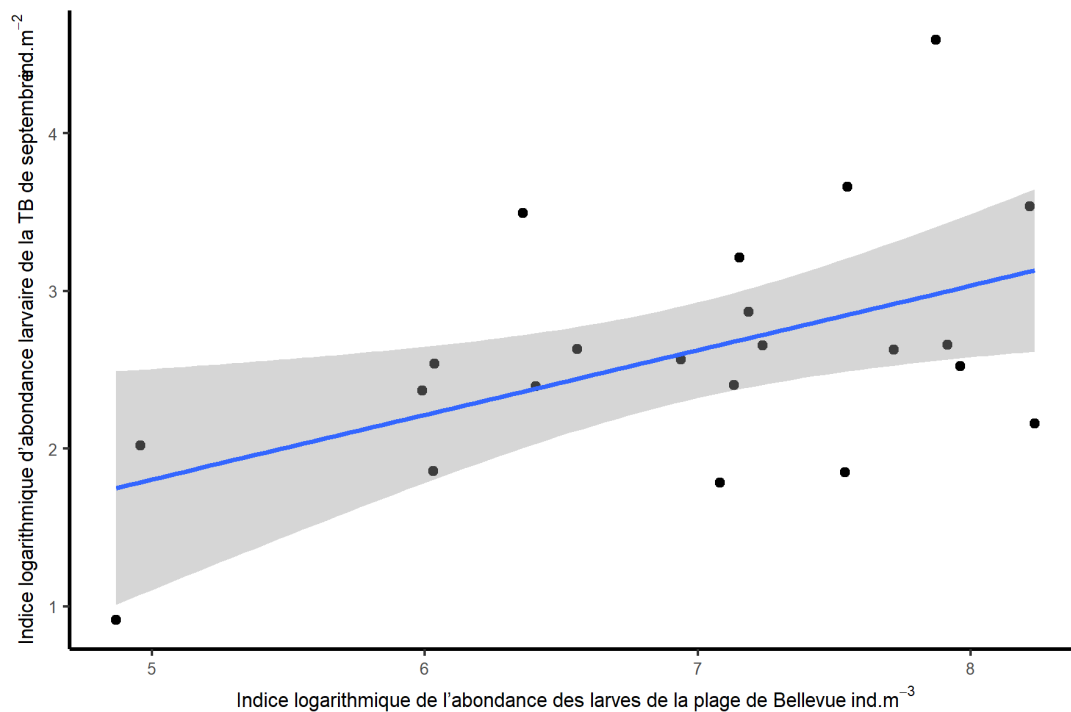


Figure 12. Les densités larvaires de la baie de la Trinité (TB) en septembre sont positivement liées à l'indice larvaire de la plage de Bellevue échantillonnée en juillet et août (2002-2023; régression linéaire $R^2 = 0,22$, $p = 0,016$).

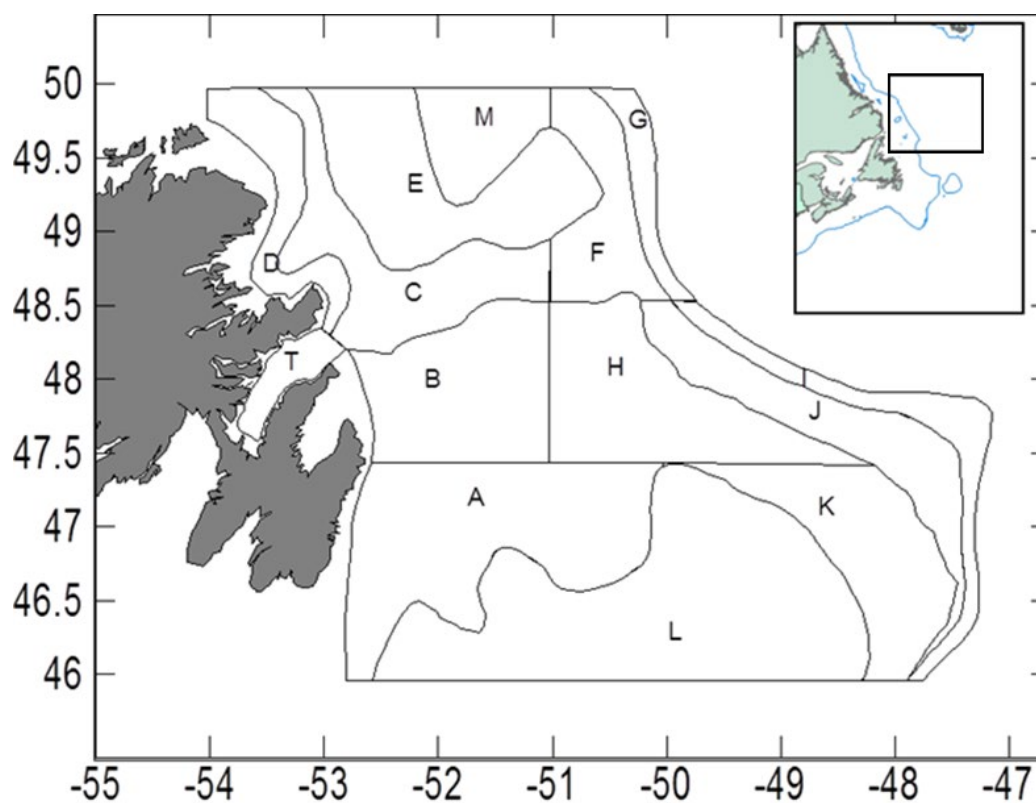


Figure 13. Strates du relevé acoustique printanier dans les divisions 3KL de l'OPANO.

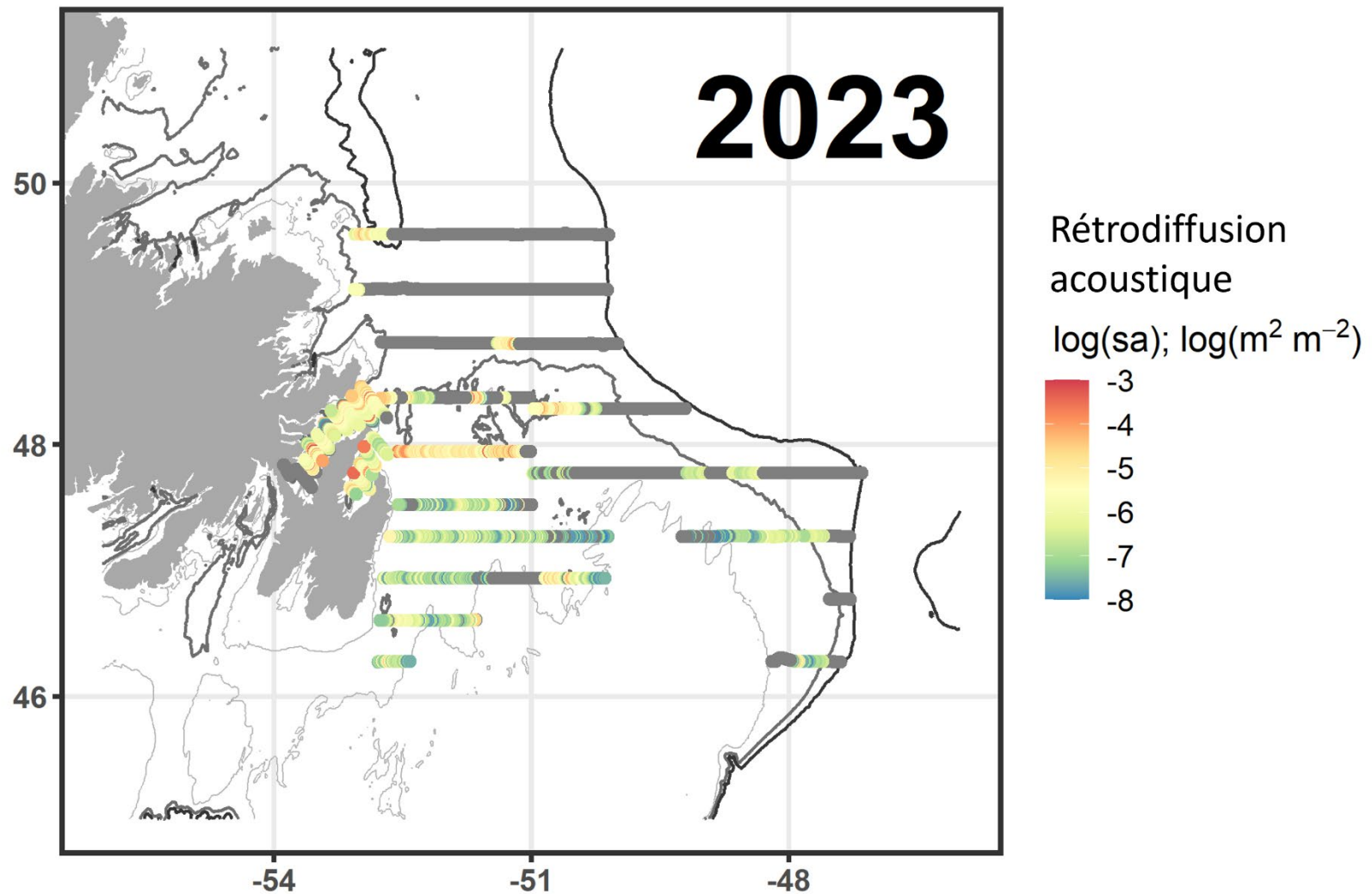


Figure 14. Trajectoires du relevé acoustique printanier en 2023. Les nuances de couleur consécutives indiquent une différence d'un ordre de grandeur dans la rétrodiffusion acoustique, les couleurs plus froides (bleu) indiquant une biomasse acoustique plus faible. Le gris indique qu'il n'y a pas de rétrodiffusion acoustique du capelan.

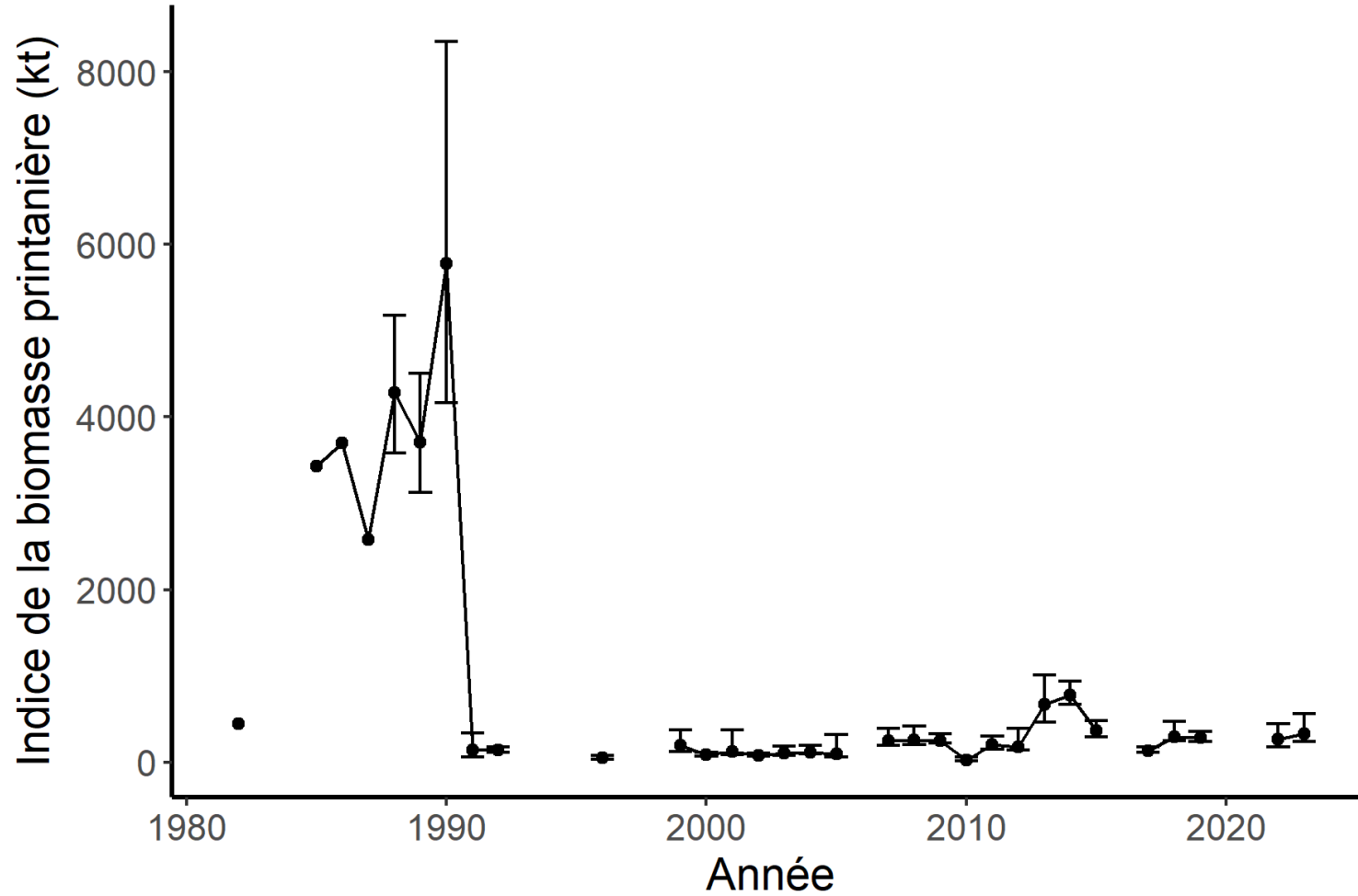


Figure 15. Indice de la biomasse du capelan dans le relevé acoustique printanier de 1982 à 2023. Les barres d'erreur sont les intervalles de confiance à 90 %, allant du 5^e au 95^e centile de l'estimation. Il n'a pas été possible de calculer les barres d'erreur pour 1982 à 1987.

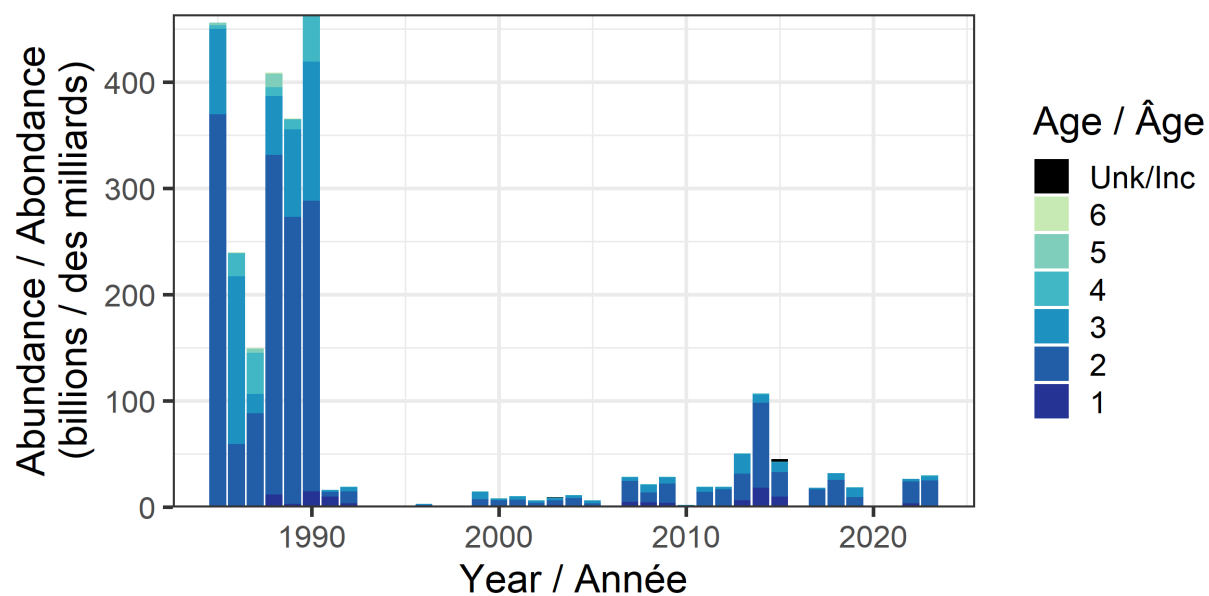


Figure 16. Indice de l'abondance acoustique printanière du capelan, ventilé par âge, de 1985 à 2023.

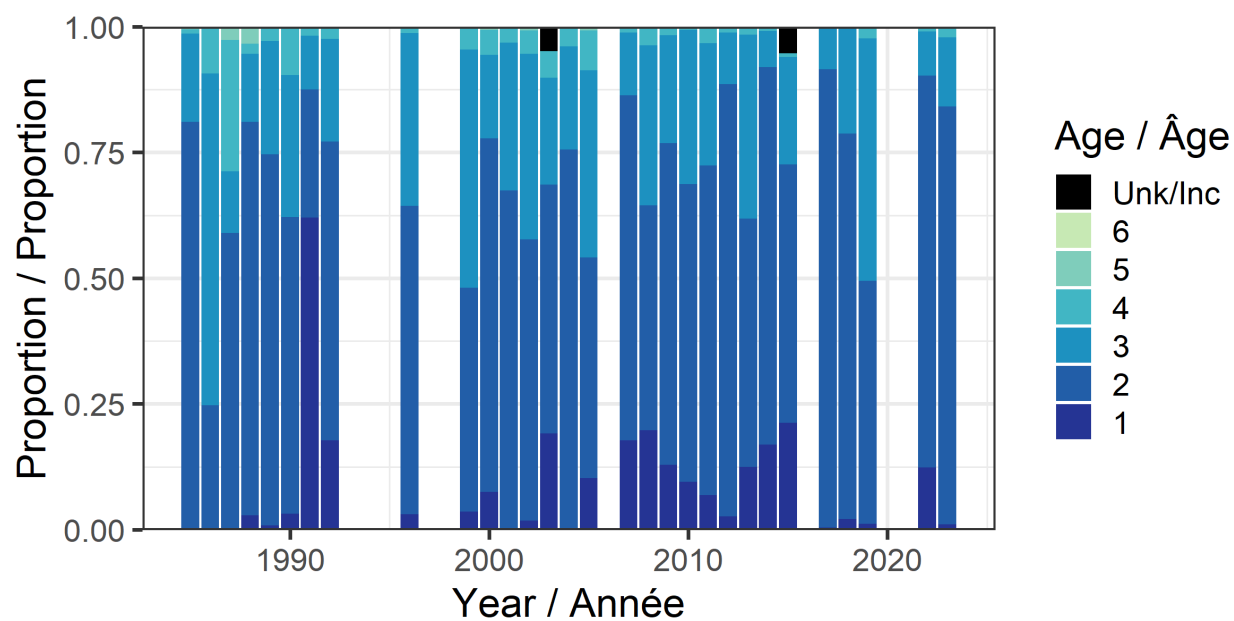


Figure 17. Composition par âge du capelan des divisions 2J3KL dans le relevé acoustique printanier depuis 1985.

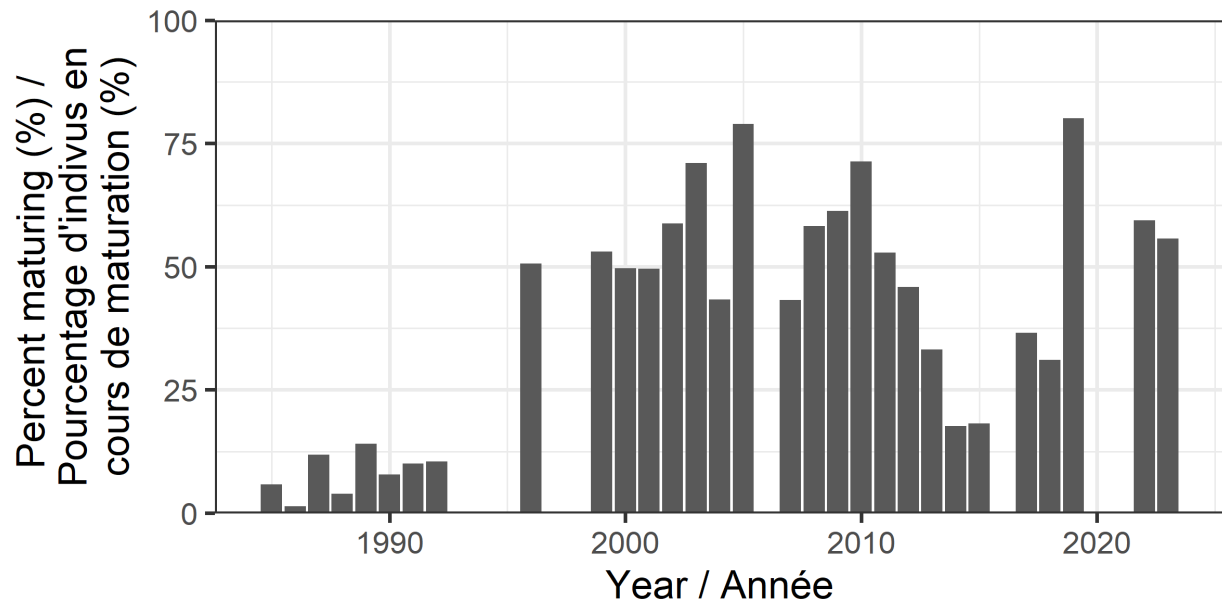


Figure 18. Pourcentage de capelans femelles d'âge 2 en cours de maturité dans le relevé acoustique printanier depuis 1985.

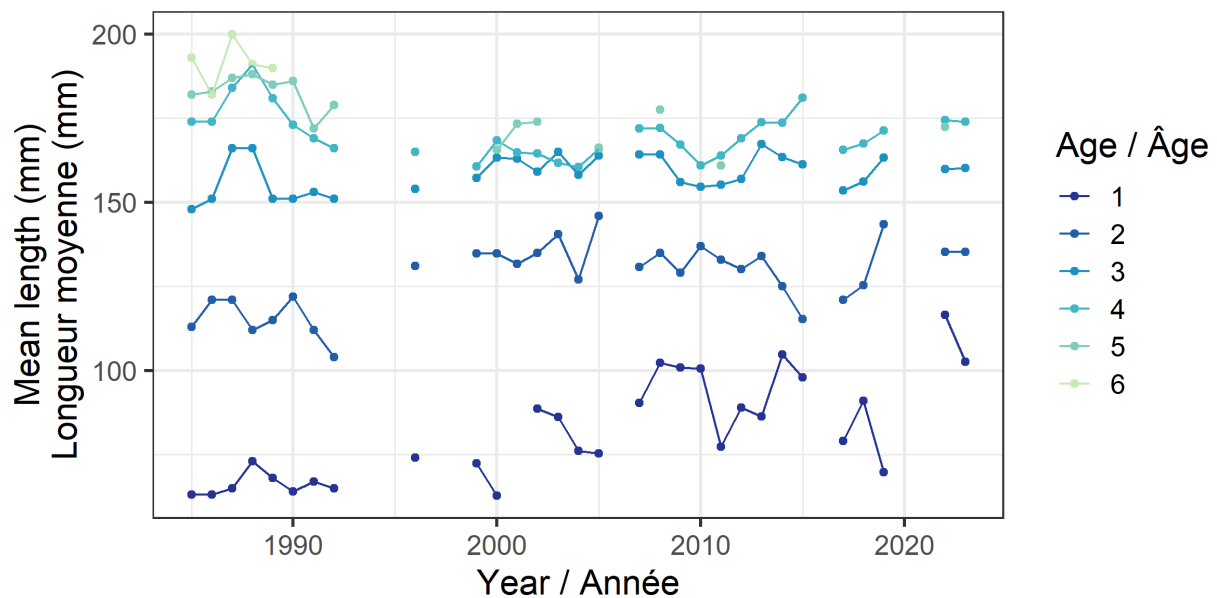


Figure 19. Longueurs moyennes du capelan des divisions 2J3KL échantillonné dans le cadre du relevé acoustique printanier (âges 1 à 6) de 1985 à 2022.

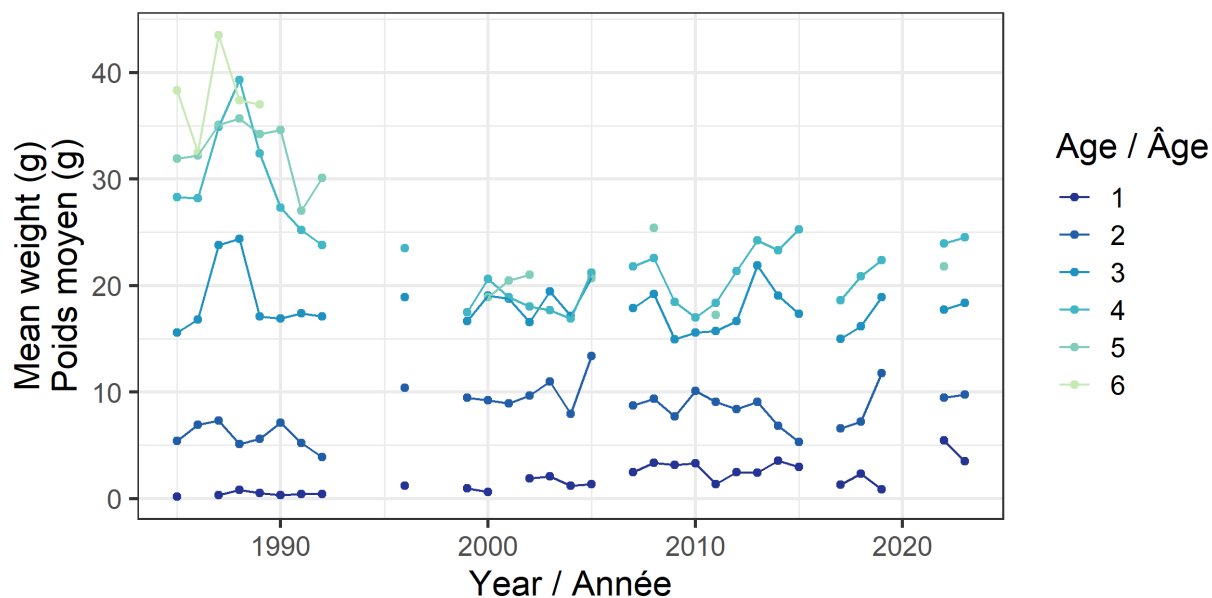


Figure 20. Poids moyens du capelan des divisions 2J3KL échantillonné dans le cadre du relevé acoustique printanier (âges 1 à 6) de 1985 à 2022.

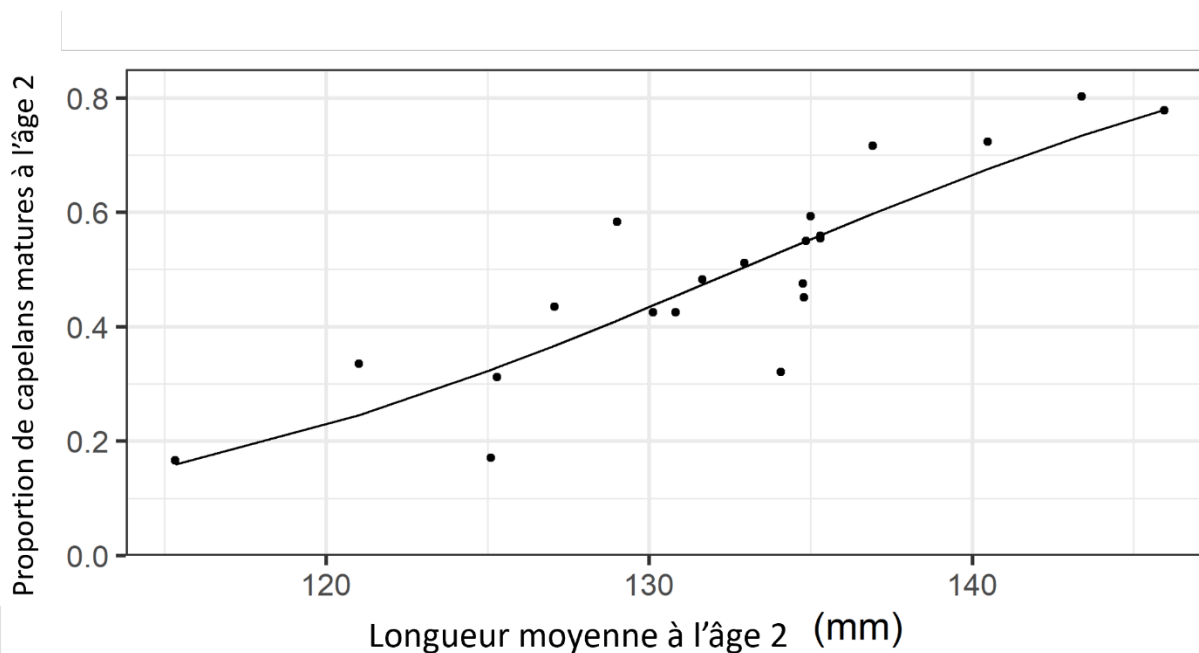


Figure 21. La proportion des capelans matures à l'âge 2 affichait une relation positive avec la longueur moyenne à l'âge 2 (régression bêta, Pseudo $R^2 = 0,77$, $p = 0,001$).

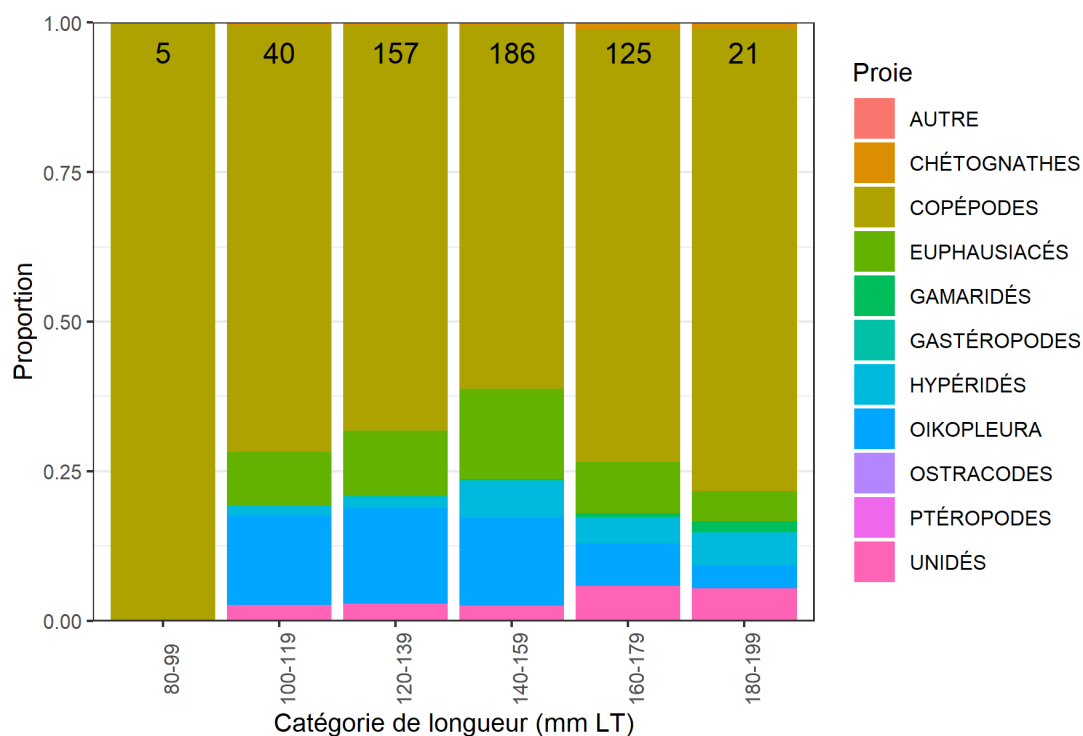


Figure 22. Proportion des principaux taxons de proies dans le régime alimentaire du capelan au printemps 2023. L'autre catégorie comprend les taxons de proies rares comme les cirripédiés et les polychètes, et la catégorie des unidés comprend les matières digérées. Les chiffres en haut de chaque barre représentent le nombre d'estomacs analysés.

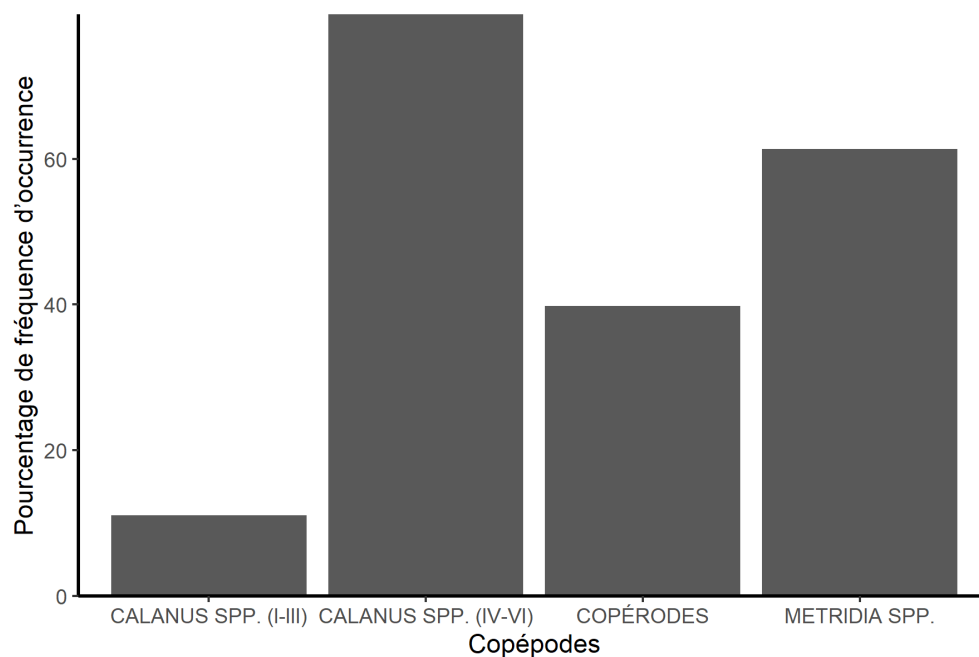


Figure 23. Fréquence d'occurrence des catégories de copépodes dans le régime alimentaire du capelan au printemps 2023. La catégorie « Copépodes » comprend de petits copépodes comme *Pseudocalanus* spp. ainsi que des morceaux de copépodes.

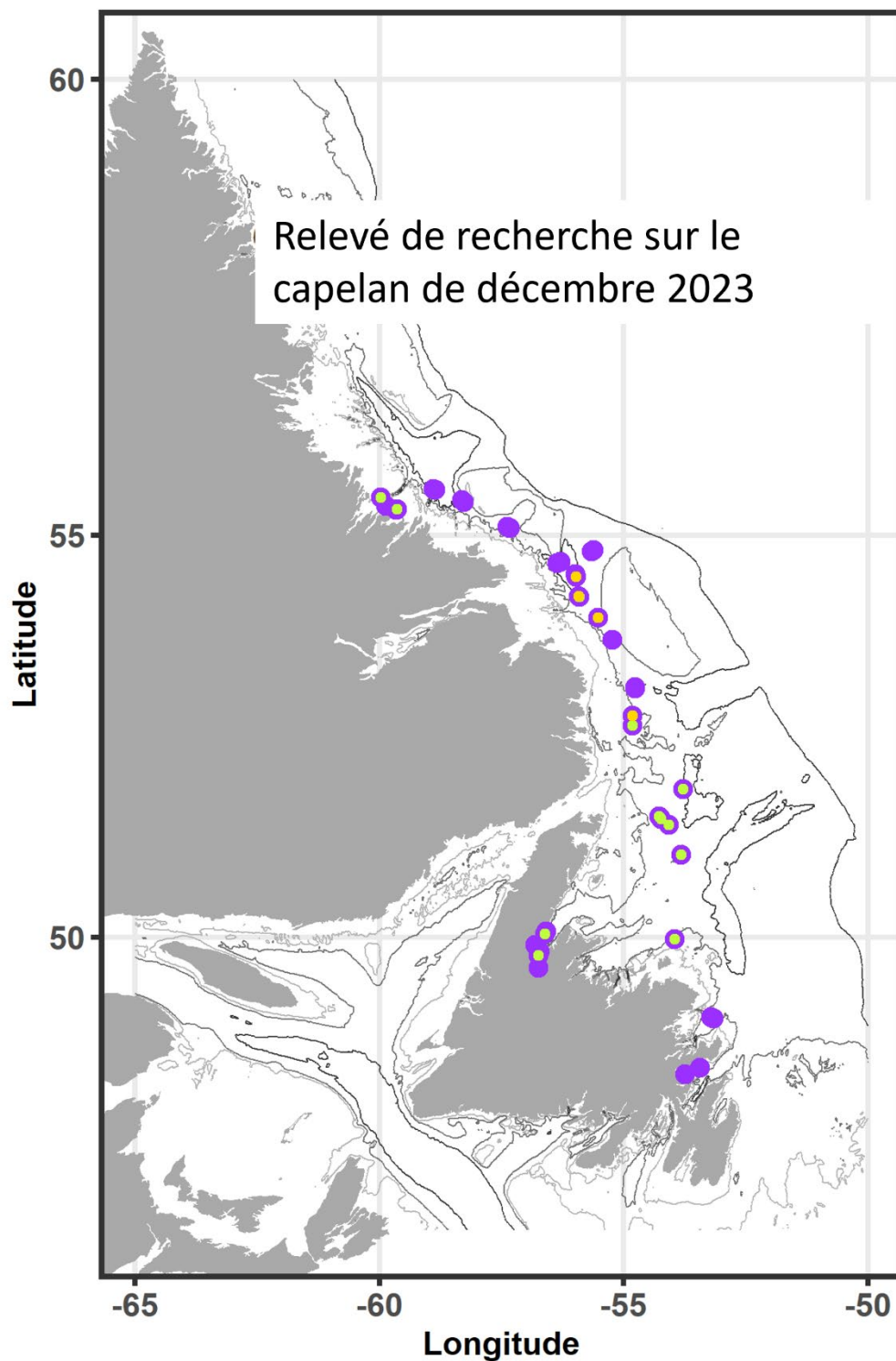


Figure 24. Lieux de pêche fixes (violet) pour le relevé de recherche acoustique sur le capelan mené du 30 novembre au 15 décembre 2023. Selon la présence ou l'absence d'un signal sonore fort dans la colonne d'eau, les calées ont été effectuées en binôme (trait pélagique et démersal) ou en solo (trait démersal seulement). Les endroits où le capelan a été capturé sont indiqués en violet/vert et violet/or. Le violet/or indique que les échantillons de capelan contribuent à l'indice d'état d'automne.

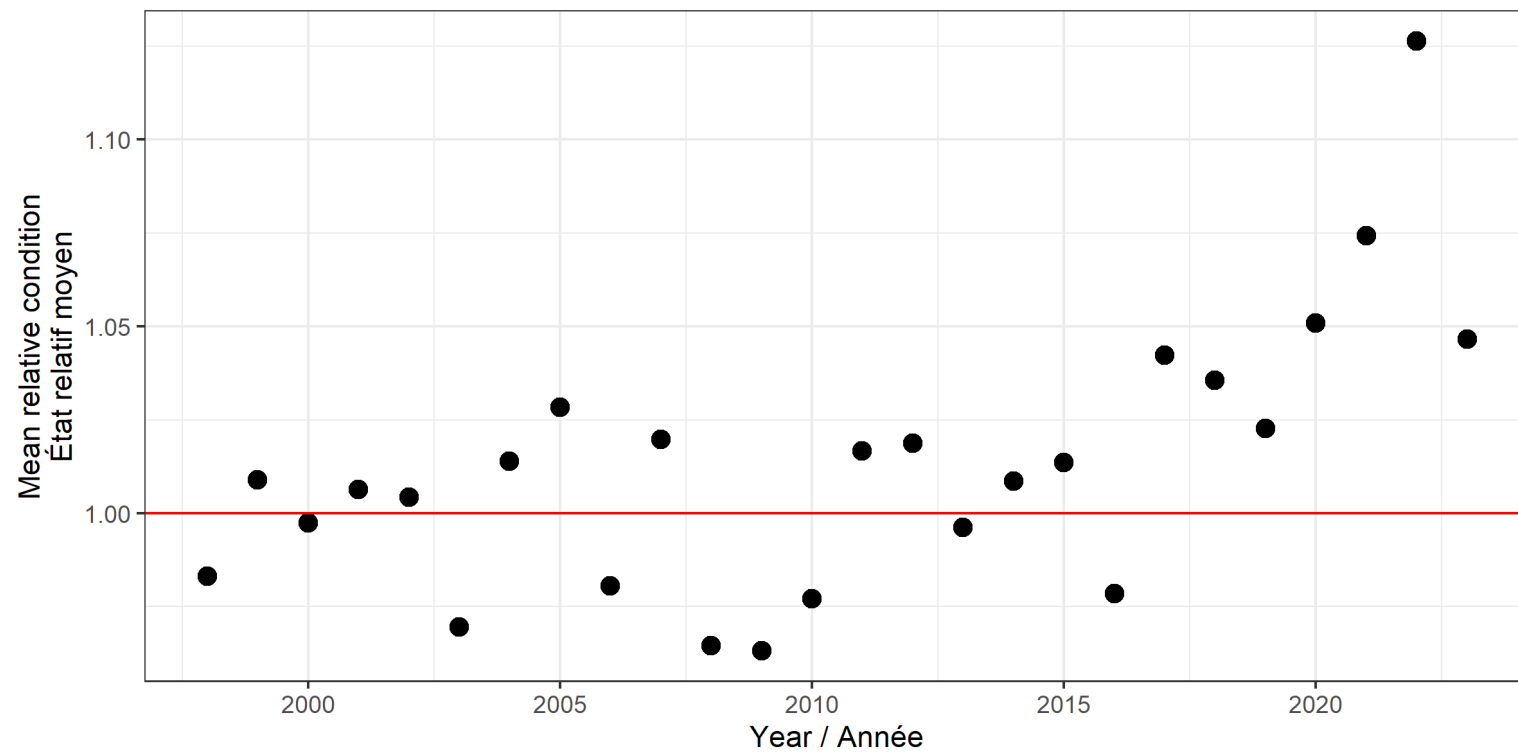


Figure 25. État relatif à l'automne des capelans mâles et femelles d'âge 1 et d'âge 2 dans les divisions 2J3KL de 1999 à 2023. La ligne horizontale rouge est l'état relatif moyen.

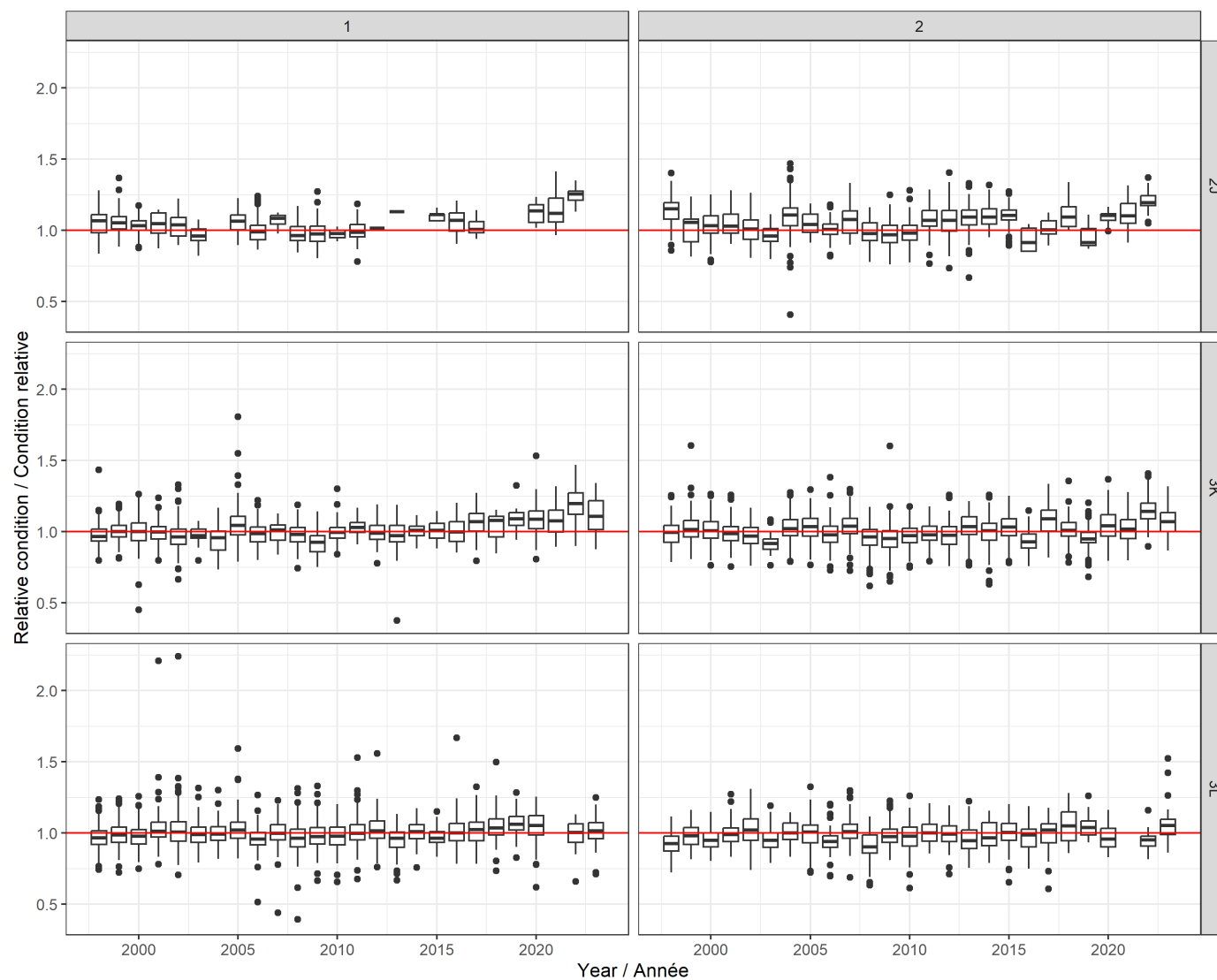


Figure 26. État relatif du capelan d'âge 1 et d'âge 2 à l'automne, (regroupé selon le sexe) par division de l'OPANO de 1999 à 2023. La ligne horizontale rouge est l'état relatif moyen.

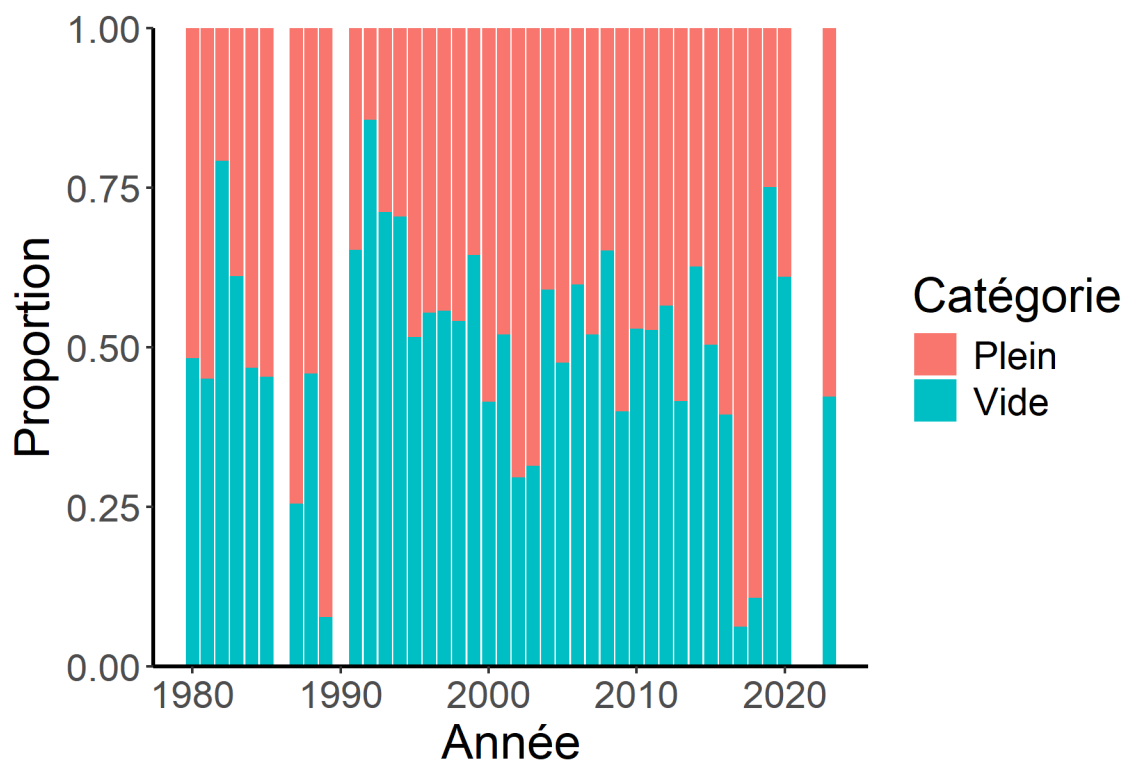


Figure 27. Proportion d'estomacs vides (catégorie 0) et pleins (catégories 1 à 4 sur l'échelle de plénitude des estomacs, regroupées) chez les capelans « échantillonnés » non disséqués dans le relevé plurispécifique d'automne au chalut de fond dans les divisions 2J3KL (de 1980 à 2023). Les données de 2021 et de 2022 ne sont pas incluses en raison des changements dans la couverture du relevé ces deux années. Le changement d'engin du chalut de fond Engel au chalut de fond Campelen a eu lieu en 1996.

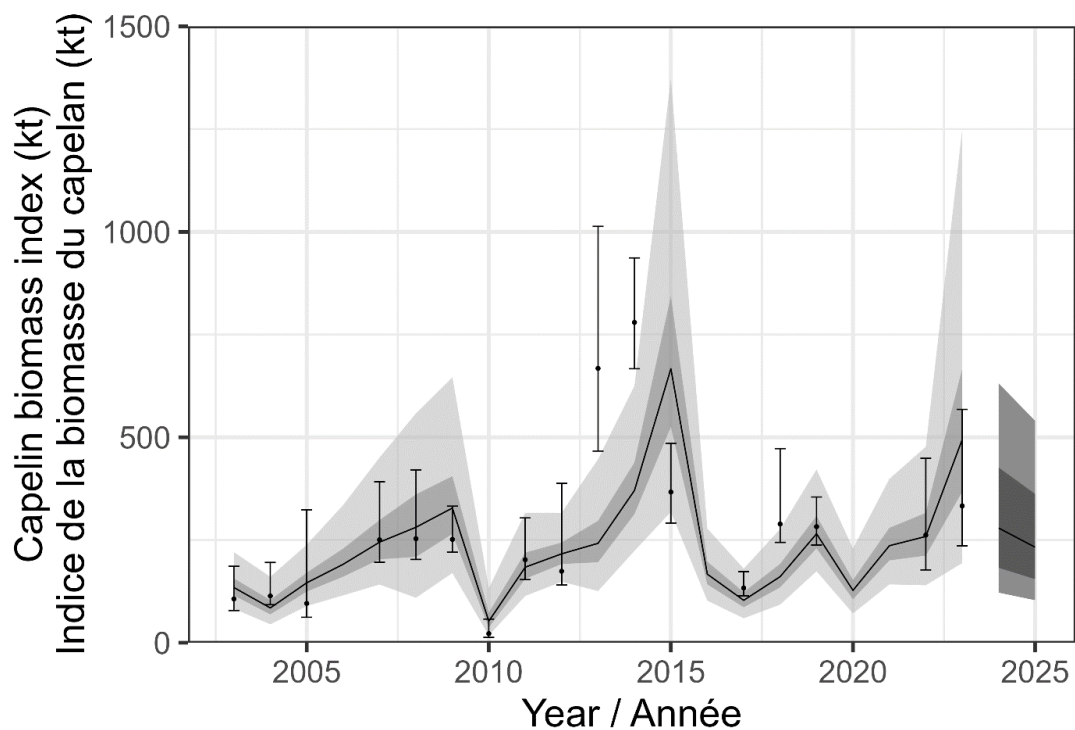


Figure 28. Résultats du modèle de prévision du capelan, y compris les intervalles de crédibilité à 95 % (gris pâle) et de prévision à 80 % (gris foncé) pour les valeurs prévues de l'indice de la biomasse du capelan dans le relevé acoustique de printemps (ligne pleine). Les valeurs observées de l'indice de la biomasse (cercles) avec des intervalles de confiance à 95 % sont également représentées. La valeur d'état de 2022 a été utilisée dans ce modèle final.

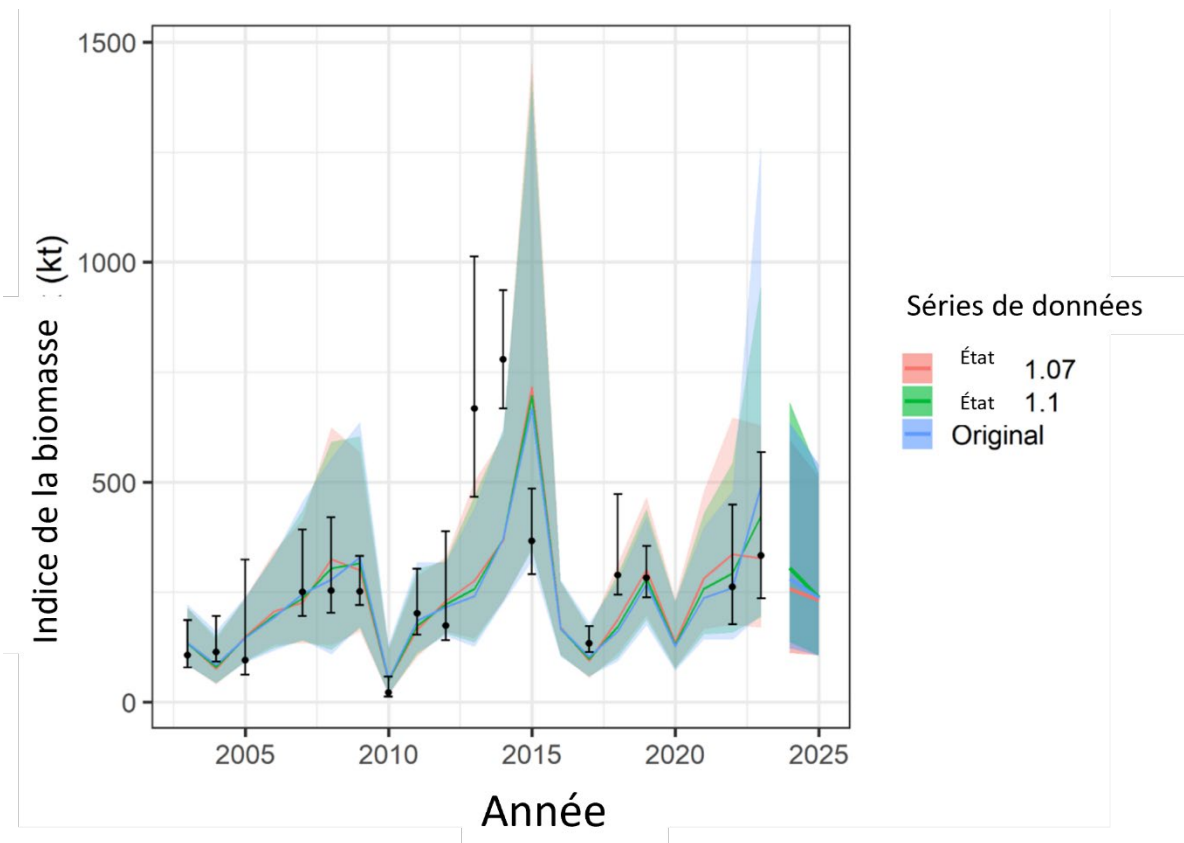


Figure 29. Intervalles de crédibilité des modèles de prévision (2,5^e au 97,5^e centile) de 2003 à 2023 et intervalles de prédiction (10^e au 90^e centile) de 2024 à 2025 en utilisant trois valeurs différentes pour les états à l'automne en 2022. Les lignes continues indiquent la médiane des intervalles de crédibilité ou de prévision. La valeur d'état d'origine pour 2022 était de 1,13 et est indiquée avec des lignes bleues et des ombrages. La 2^e valeur d'état relatif en importance était de 1,07 et est indiquée par des lignes rouges et des ombrages, tandis que la valeur d'état relatif du point médian pour 2022 était de 1,1 et est indiquée par les lignes vertes et l'ombrage. Les valeurs observées de l'indice de la biomasse (cercles noirs) avec des intervalles de confiance à 90 % (lignes noires avec moustaches) sont également indiquées.

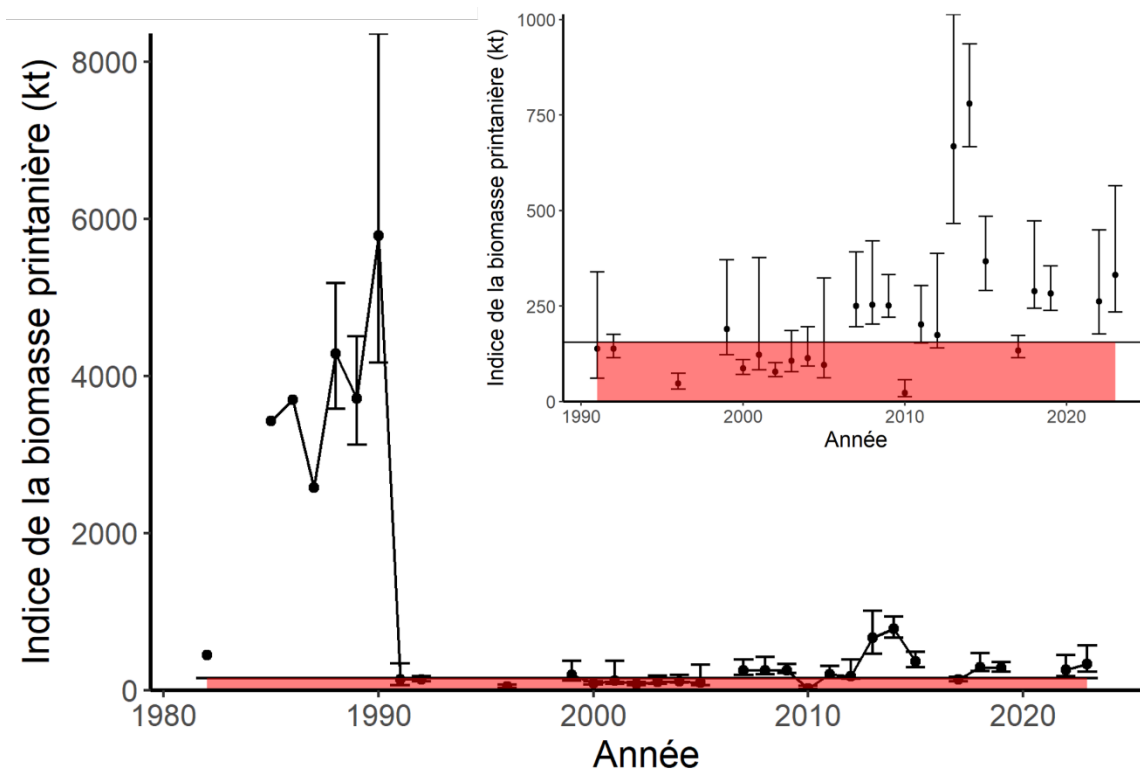


Figure 30. Le PRL du capelan est de 155 kt et a été mis à jour lors de l'évaluation de 2024 en réponse à une mise à jour du PRL de la morue du Nord. À l'aide du modèle capelan-morue (Koen-Alonso et al. 2021) et du PRL de morue du Nord à 40 % de B_{RMD} , un indice de biomasse fondé sur les relevés acoustiques de 155 kt est le PRL du capelan, en dessous duquel le stock de capelan des divisions 2J3KL et le stock de morue du Nord sont susceptibles de subir des dommages graves. La figure en médaillon montre les années postérieures à l'effondrement seulement (de 1991 à 2023).

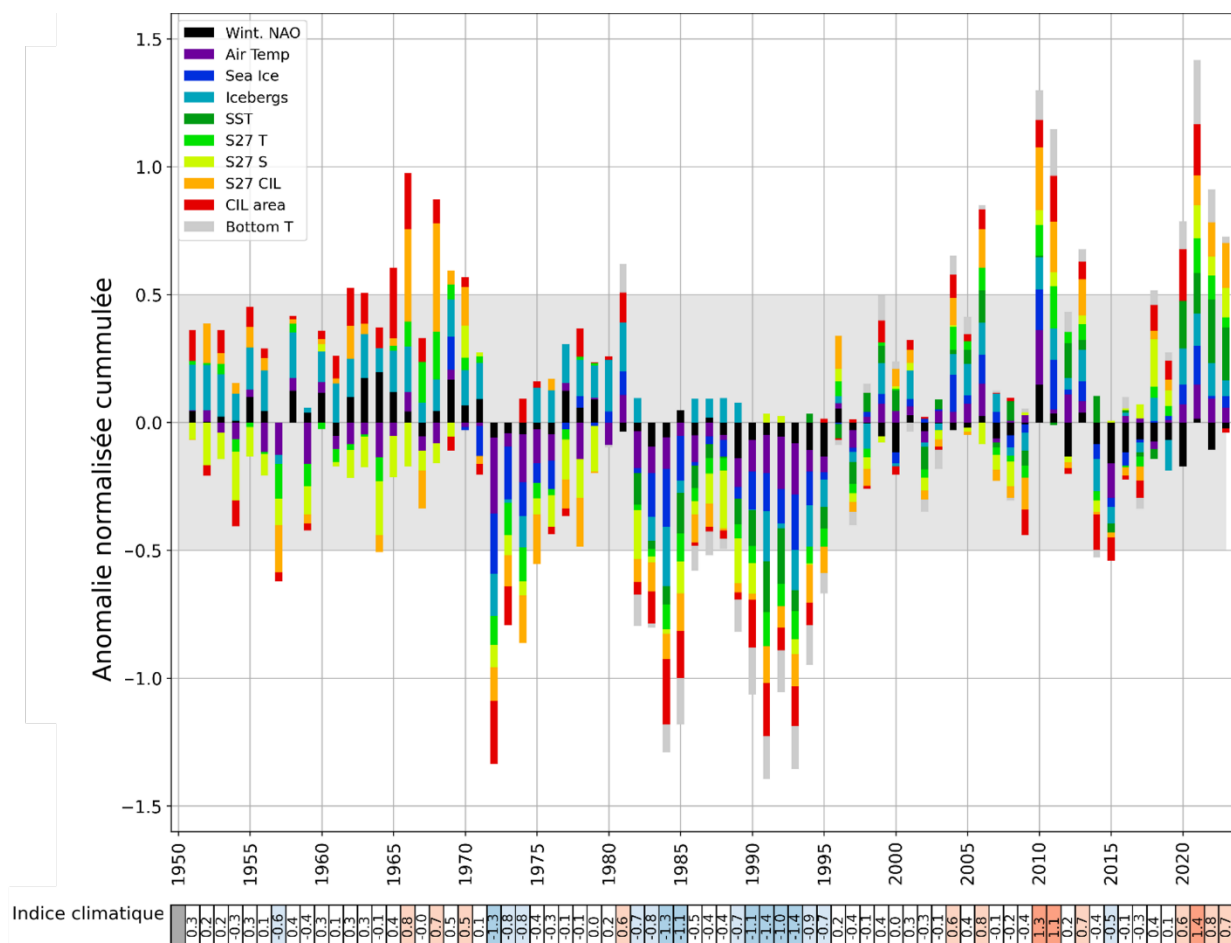


Figure 31. L'indice climatique de Terre-Neuve-et-Labrador est mis à jour jusqu'en 2023. L'indice est composé de 10 sous-indices : l'indice de l'oscillation nord-atlantique d'hiver; la température de l'air à cinq sites; la durée de la saison et la superficie maximale de la glace de mer pour le nord et le sud des plateaux du Labrador et de Terre-Neuve; le nombre d'icebergs; les températures de la surface de la mer dans les divisions 2GHJ3KLNOP de l'OPANO; la moyenne verticale de la température et de la salinité à la station 27; la température à cœur de la couche intermédiaire froide (CIF) à la station 27; les zones estivales de la CIF dans les sections hydrographiques de l'île Seal, de la baie de Bonavista et du bonnet Flamand; les températures au fond au printemps et à l'automne dans les divisions 3LNOPs et 2HJ3KLNO de l'OPANO, respectivement. La longueur de la barre empilée est la moyenne des sous-indices respectifs dans lesquels leur contribution relative à la moyenne est ajustée proportionnellement. Le tableau de bord au bas de la figure montre les valeurs numériques codées par couleur de l'indice climatique (bleu négatif, rouge positif, blanc neutre).

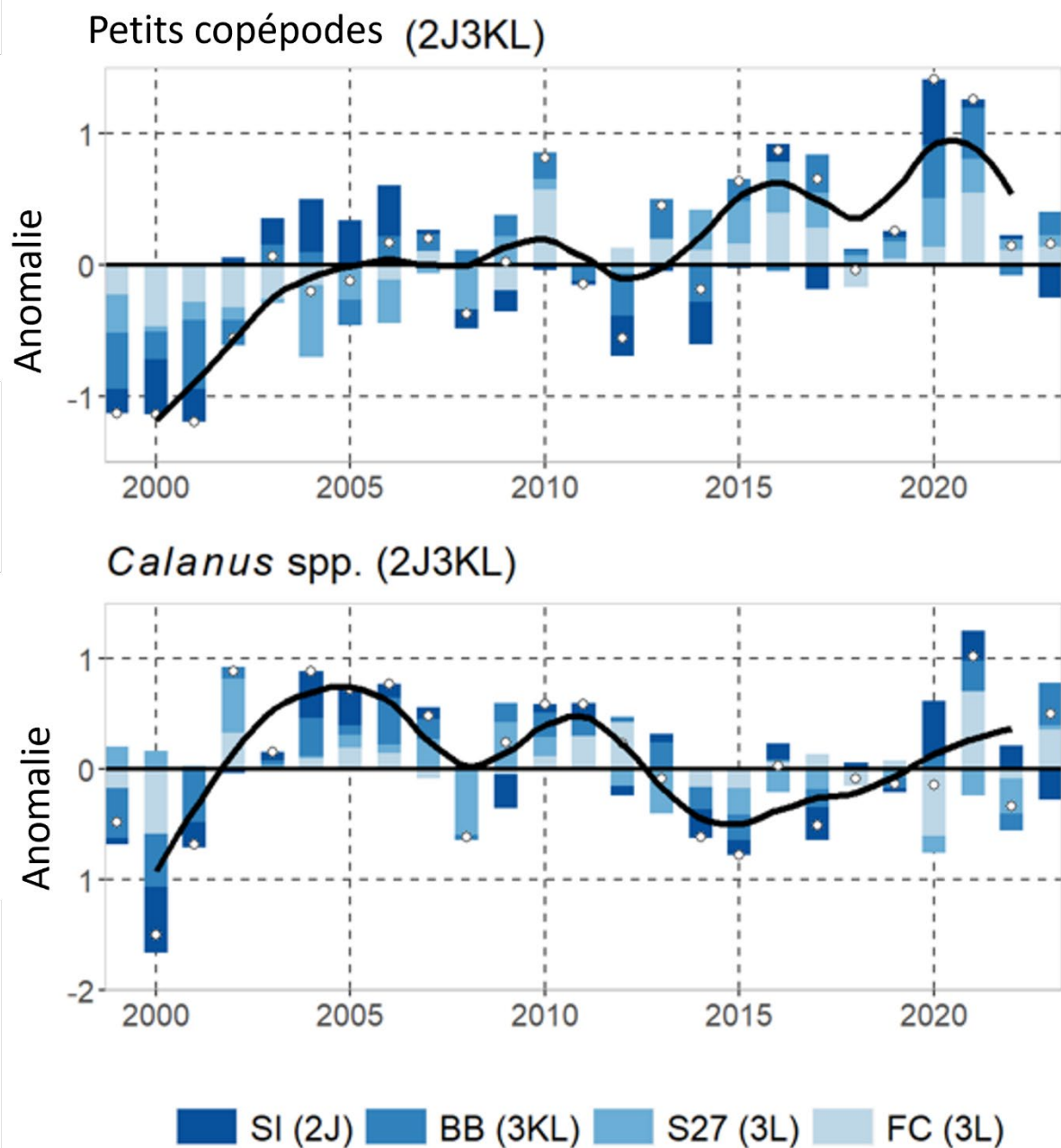


Figure 32. Anomalies de l'abondance du zooplancton pour les petits copépodes (panneau supérieur) et *Calanus* spp. (panneau inférieur) de 1999 à 2023. Les nuances de couleur indiquent la contribution relative de la section du PMZA et de la division de l'OPANO à l'anomalie moyenne annuelle (cercles ouverts) pour la région. Les taxons de petits copépodes comprennent *Pseudocalanus* spp., *Oithona* spp. et *Temora longicornis*. IS est la section île Seal, BB est la section de la baie Bonavista, S27 est la station 27 et BF est la section bonnet Flamand.

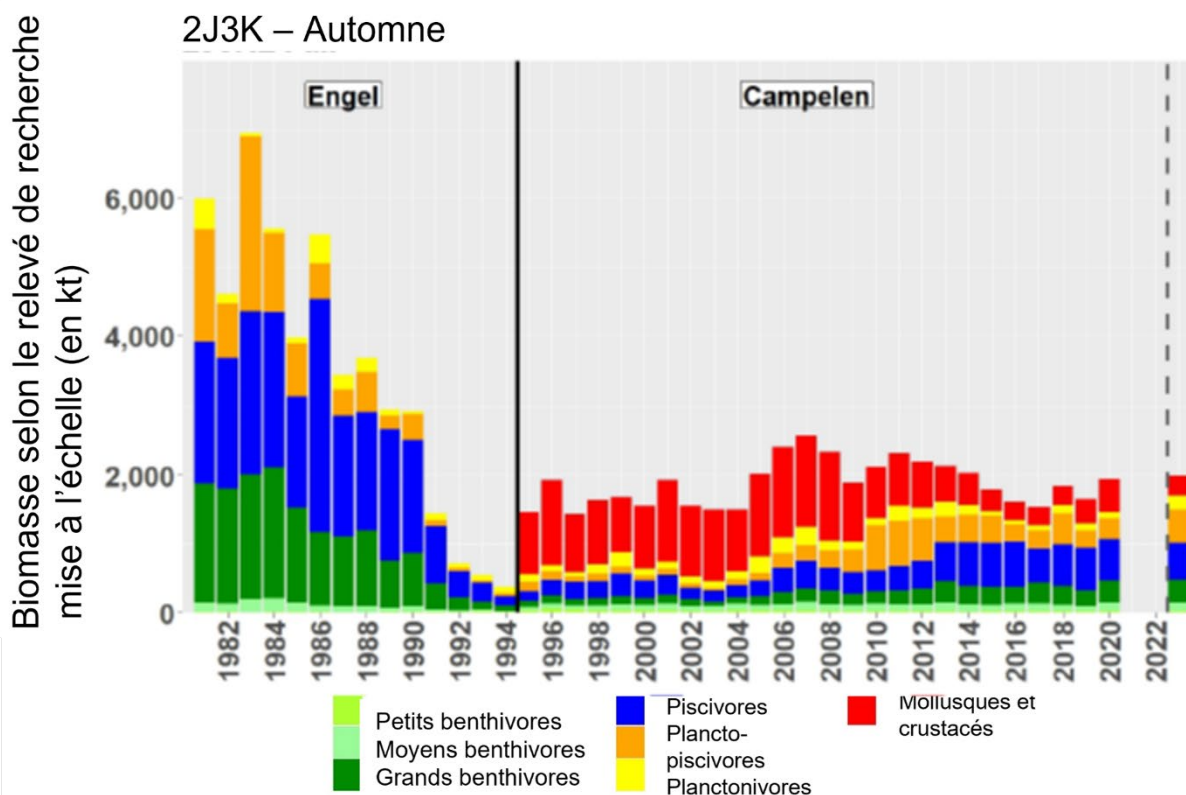


Figure 33. Tendence de l'indice de la biomasse totale dans le relevé d'automne effectué par un navire de recherche de la communauté de poissons du plateau de Terre-Neuve et du nord du Grand Banc (divisions 2J3KL), par groupes fonctionnels de poissons. Les indices de la période des chaluts Engel (ligne verticale pleine : 1981-1995) ont été mis à l'échelle pour être comparables à ceux de la période des chaluts Campelen (1996-2022) (Koen-Alonso et Cuff 2018). Les nouveaux navires de recherche scientifique sont entrés en fonction en 2023 (ligne pointillée verticale). Les données sur les mollusques et crustacés n'ont pas été recueillies régulièrement pendant la période des relevés au chalut Engel; l'indice de ce groupe fonctionnel n'est pas disponible avant 1995.

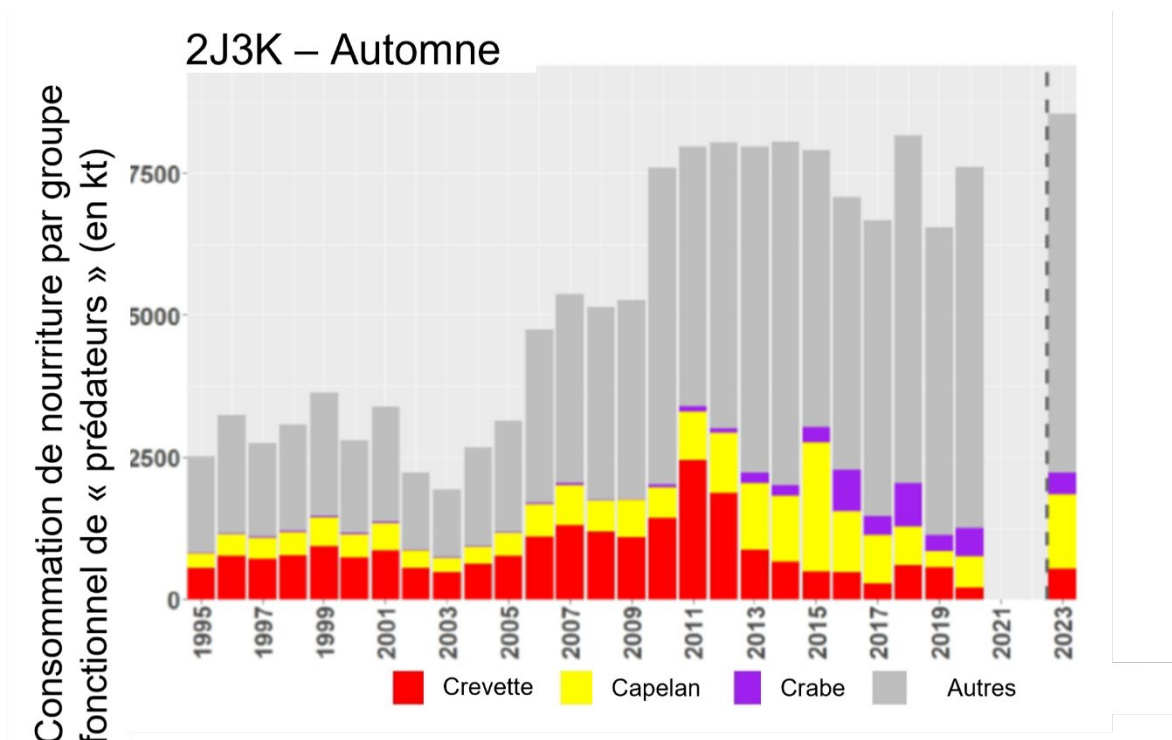


Figure 34. Consommation de crevettes, de capelan et de crabes par les poissons prédateurs dans les divisions 2J3KL de l'OPANO à l'automne (1995-2023). Les nouveaux navires de recherche scientifique sont entrés en fonction en 2023 (ligne pointillée verticale).

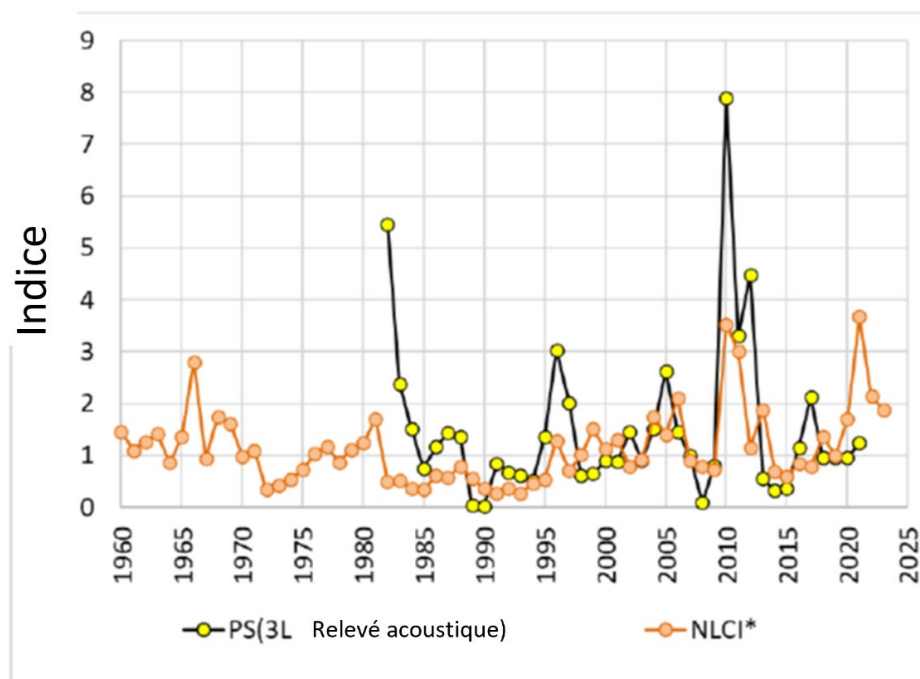


Figure 35. Le recrutement par tête du capelan (P) est lié à l'indice climatique de T.-N.-L. ($NLCI^* = \exp[NLCI]$) (ρ de Spearman = 0,32, $p = 0,046$). P a été calculé à l'aide des valeurs interpolées linéaires pour l'indice acoustique printanier du capelan, au besoin.