



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 2023/076**

**Région de Terre-Neuve-et-Labrador**

**Évaluation du capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J3KL jusqu'en 2019**

F.K. Mowbray, A.T. Adamack, H.M. Murphy, K. Lewis et M. Koen-Alonso

Pêches et Océans Canada  
C. P. 5667  
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

---

## Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. À ce titre, elle traite des problèmes courants selon les 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

[https://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/  
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](https://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



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

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-67752-1 N° cat. Fs70-5/2023-076F-PDF

### La présente publication doit être citée comme suit :

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.

### **Also available in English:**

*Mowbray, F.K., Adamack, A.T., Murphy, H.M., Lewis, K., and Koen-Alonso, M. 2023. Assessment of Capelin (Mallotus villosus) in 2J3KL to 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/076. iv + 39 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

|  |    |
|--|----|
| RÉSUMÉ.....  | iv |
| STRUCTURE DU STOCK .....   | 1  |
| PÊCHE.....   | 1  |
| APERÇU DE LA PÊCHE .....   | 1  |
| CONTEXTE ÉCOSYSTÉMIQUE .....   | 2  |
| DÉBARQUEMENTS COMMERCIAUX ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES .....                  | 4  |
| FRAIE .....  | 4  |
| TRAITS DE SURFACE POUR LE DÉNOMBREMENT DES LARVES À BELLEVUE .....               | 5  |
| MÉTHODES DE RELEVÉ DES ADULTES .....   | 6  |
| RELEVÉ ACOUSTIQUE DE PRINTEMPS .....   | 6  |
| RELEVÉS PLURISPÉCIFIQUES D'AUTOMNE .....   | 7  |
| RÉSULTATS DE LA RÉPARTITION ET DE L'ABONDANCE DES ADULTES DANS LES RELEVÉS ..... | 8  |
| RELEVÉ ACOUSTIQUE DE PRINTEMPS .....   | 8  |
| RELEVÉ PLURISPÉCIFIQUE D'AUTOMNE .....   | 9  |
| CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES ADULTES DANS LES RELEVÉS .....                  | 10 |
| ÂGE, MATURATION ET CROISSANCE .....  | 10 |
| CONDITION, ŒUFS ET ALIMENTATION .....  | 11 |
| ALIMENTATION – PRINTEMPS ET AUTOMNE .....  | 11 |
| MODÈLE DE PRÉVISION .....  | 11 |
| CONCLUSIONS.....   | 12 |
| DOMAINES D'INCERTITUDE .....   | 12 |
| RÉFÉRENCES CITÉES .....  | 13 |
| ANNEXE I – FIGURES .....   | 15 |

---

## RÉSUMÉ

L'évaluation du stock de capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 2J3KL a examiné les données sur les pêches et l'écosystème jusqu'à l'automne 2019, ainsi que les données sur la glace de mer disponibles jusqu'en mars 2020. Les sources de données examinées sont les relevés acoustiques de printemps dans la division 3L, les relevés larvaires dans la zone côtière, les relevés plurispécifiques au chalut de fond et les prises des pêches, l'état de l'écosystème, le régime alimentaire des poissons prédateurs et la consommation de capelan par les poissons. Après l'effondrement de ce stock au début des années 1990, l'indice de l'abondance dans le relevé acoustique de printemps a diminué d'un ordre de grandeur. Simultanément, la taille selon l'âge des capelans plus jeunes a augmenté et l'âge à la maturité a diminué. Il n'y a pas eu d'indications sérieuses d'un rétablissement du stock depuis. L'indice de l'abondance dans le relevé acoustique du printemps 2019 était à un niveau similaire à celui de 2017 et correspondait aux valeurs observées pendant la période des valeurs les plus basses au début des années 2000. Les poissons d'âge 3 représentaient une part plus importante que d'habitude de l'abondance dans le relevé printanier et des prises des pêches en 2019. Les profils de répartition, de croissance et de maturation du capelan étaient compatibles avec l'interprétation selon laquelle les cohortes examinées dans les relevés étaient faibles (2018) à modérées (2017). En raison de la forte proportion de poissons d'âge 2 arrivant à maturité et des taux élevés habituels de mortalité après la fraie, on prévoit peu de reproducteurs d'âge 3 en 2020. L'indice larvaire a révélé une faible production dans les cinq dernières années, y compris pour les deux cohortes qui entreront dans la pêche en 2020. Cependant, la diminution du nombre d'estomacs vides chez les adultes permet de penser que le succès d'alimentation s'est modérément amélioré ces 3-4 dernières années, ce qui pourrait conduire à une meilleure survie des stades post-larvaires. D'après le modèle de prévision, l'indice de la biomasse du capelan pour le relevé acoustique du printemps de 2020 diminuera probablement par rapport à 2019, revenant à des niveaux de biomasse faibles semblables à ceux observés en 2017. Les augmentations du poisson de fond de la fin des années 2000 et du début des années 2010 semblent associées à des processus ascendants, notamment une amélioration de la répartition des proies, avec de modestes augmentations de la disponibilité du capelan comparativement aux années 1990. Le capelan et la crevette sont des espèces fourragères clés dans l'écosystème. Des baisses plus récentes de la biomasse totale de poissons à nageoires pourraient être associées à des réductions simultanées de la disponibilité du capelan et de la crevette.

---

## STRUCTURE DU STOCK

Le capelan (*Mallotus villosus*), une espèce grégaire, est un petit poisson pélagique à courte durée de vie dont les populations importantes sur le plan commercial se trouvent dans l'Atlantique Nord-Ouest, les eaux environnant l'Islande, la mer de Barents et le Pacifique Nord. Autrefois, la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) de Pêches et Océans Canada (MPO) évaluait trois stocks de capelan de Terre-Neuve : sous-secteur 2 et division 3K de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), division 3L et division 3NO de l'OPANO. Elle produisait également des avis pour ces trois stocks. En 1992, à la suite d'une accumulation de preuves biologiques, il a été recommandé de considérer le capelan du sous-secteur 2 et des divisions 3K et 3L de l'OPANO comme un complexe de stocks (« capelan des divisions 2J3KL » dans le reste du document). C'est le seul stock de capelan que la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO évalue actuellement.

Le capelan est un poisson fourrage essentiel dans l'écosystème de Terre-Neuve, constituant un lien énergétique vital entre le zooplancton et de nombreux prédateurs de niveau trophique supérieur, dont les phoques, les baleines, la morue franche, le flétan noir, le saumon et les oiseaux de mer. Le capelan des divisions 2J3KL passe la majeure partie de sa vie adulte dans les eaux de mer ouverte. Le centre de la répartition du capelan change de façon saisonnière, le capelan se nourrissant généralement plus au nord (divisions 2J et 3K 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 frayer sur les plages et dans les eaux profondes (démersales) près des plages en été. Le capelan est une espèce à courte durée de vie, qui arrive à maturité à l'âge 2 ou 3. Après la fraie, le taux de mortalité du capelan est élevé, proche de 100 % pour les mâles et probablement supérieur à 50 % pour les femelles. Il n'existe aucune preuve d'une relation stock-recrutement pour ce stock de capelan, probablement en raison de la mortalité très variable, liée à l'environnement, des œufs et des larves après l'éclosion. Cependant, la force de la classe d'âge larvaire est un facteur important pour l'abondance ultérieure des adultes (Murphy *et al.* 2018).

## PÊCHE

### APERÇU DE LA PÊCHE

Le capelan est depuis longtemps un élément important de la pêche côtière et de la culture de Terre-Neuve, le poisson récolté sur les plages de fraie étant largement utilisé pour l'alimentation, les appâts et les engrais. Les récoltes commerciales sont principalement destinées aux marchés des œufs de poisson et la pêche cible donc les poissons avant la fraie, éliminant les reproducteurs après la plus grande partie de la prédation dans l'écosystème. Les prélèvements annuels totaux avant la pêche commerciale ont été estimés à environ 25 000 tonnes (t). Au début des années 1970, une pêche hauturière a commencé dans les divisions 2J3KL et a culminé à près de 250 000 t en 1976; une pêche commerciale côtière a commencé dans les mêmes zones en 1978, pour atteindre un sommet de 71 000 t en 1990 (figure 1). La pêche hauturière a été fermée dans la division 3L en 1979 et dans les divisions 2J3K en 1992; la pêche côtière s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui avec des débarquements récents de 20 000 à 30 000 t (figure 2). En raison de la courte saison de pêche, de changements dans le calendrier de pêche et des méthodes d'exploitation, on n'utilise plus les taux de capture commerciale du capelan comme indice de la biomasse du stock reproducteur pour cette espèce depuis 1993. Toutefois, les données biologiques provenant d'échantillons prélevés durant la pêche commerciale sont utilisées dans l'évaluation pour fournir des données sur la structure selon l'âge et la taille des prélèvements par la pêche.

---

La participation à la pêche du capelan dépend en grande partie des conditions du marché et de la capacité du secteur de la transformation, tant pour le capelan que pour les autres espèces. Actuellement, le Plan de gestion intégrée des pêches (PGIP) du capelan répartit le quota global entre les secteurs des engins mobiles et fixes (MPO 2019a). Les limites relatives à la période pendant laquelle la pêche est ouverte sont également établies dans le PGIP, mais la date d'ouverture pour chaque secteur d'engins dans chaque baie est déterminée annuellement en consultation avec l'industrie et dépend de la disponibilité et de la qualité du capelan. Avant l'ouverture de la pêche, des permis de pêche d'essai sont attribués afin de surveiller les caractéristiques biologiques du capelan. Dans la plupart des cas, l'industrie ne demandera pas l'ouverture d'une pêche tant que la pêche d'essai n'aura pas prouvé que le stock de capelan est de grande qualité. Le secteur des engins mobiles ouvre 24 heures avant le secteur des engins fixes. Le secteur des engins mobiles se compose uniquement de senneurs à senne coulissante, qui sont autorisés à pêcher leurs quotas dans l'ensemble de la zone du stock. Le secteur des engins fixes comprend les pièges, les éperviers, les épuisettes et les sennes « tuck ». Les pêcheurs détenant un permis de pêche à engins fixes peuvent pêcher dans une seule zone de pêche du capelan.

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. On prélève et congèle un maximum de dix échantillons de 200 poissons chacun à partir des débarquements dans chaque baie. Au total, 20 de ces échantillons congelés collectés dans les baies sont traités chaque année, répartis entre les secteurs des 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 2 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 secteur des engins et de division de l'OPANO (« division » dans le reste du document). 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 0,5 cm) 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 0,5 cm 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.

## CONTEXTE ÉCOSYSTÉMIQUE

Terre-Neuve a connu des conditions froides entre le milieu des années 1980 et le milieu des années 1990, ainsi qu'entre 2012 et 2017 environ. Ces conditions froides étaient associées à des phases positives de l'oscillation nord-atlantique (ONA) et à des changements dans la circulation océanique à grande échelle (p. ex. augmentation du transport du courant du Labrador le long de la bordure du plateau de Terre-Neuve) (Cyr *et al.* 2020). À l'heure actuelle, on ignore l'impact des variations à grande échelle du climat océanique sur le capelan, mais il a été démontré que les décalages de la disponibilité des proies associés aux changements de la période du retrait de la glace de mer au printemps se répercutent sur la biomasse du capelan adulte (Buren *et al.* 2014).

Les indices de la production primaire (chlorophylle) et secondaire (biomasse du zooplancton) se sont améliorés au cours des trois à quatre dernières années. Les changements récents dans la structure de la communauté zooplanctonique ont entraîné une diminution du nombre de grands copépodes riches en lipides, qui constituent une importante source d'énergie pour le capelan

---

adulte, et une augmentation de l'abondance des petits copépodes (MPO 2019b), créant de mauvaises conditions d'alimentation pour les adultes (Buren *et al.* 2014), mais de meilleures conditions d'alimentation pour le capelan au stade larvaire (Murphy *et al.* 2018).

Les informations sur la communauté de poissons des divisions 2J3KL proviennent du relevé d'automne au chalut de fond (de 1981 à 2019). La communauté de poissons sur le plateau de Terre-Neuve et dans le nord du Grand Banc (divisions 2J3KL de l'OPANO) était dominée par les poissons à nageoires dans les années 1980. Les changements écosystémiques observés dans les années 1990 ont provoqué l'effondrement de la communauté des poissons de fond et une augmentation des mollusques et crustacés (KoenAlonso *et al.* 2010, Pedersen *et al.* 2017, KoenAlonso et Cuff 2018; figure 3). Le capelan s'est également effondré durant cette période (Buren *et al.* 2019).

L'état de l'écosystème continue d'indiquer une productivité globale limitée de la communauté de poissons. Les niveaux de la biomasse totale dans le relevé par navire de recherche (NR) demeurent beaucoup plus faibles qu'avant l'effondrement survenu dans les années 1990. Les augmentations du poisson de fond de la fin des années 2000 et du début des années 2010 semblent associées à des processus ascendants, notamment une amélioration de la répartition des proies, avec de modestes augmentations de la disponibilité du capelan comparativement aux années 1990 (Buren *et al.* 2019).

Le capelan et la crevette sont des espèces fourragères clés dans l'écosystème du plateau de Terre-Neuve. Les baisses de la biomasse totale des poissons observées en 2016-2017 pourraient être associées à des réductions simultanées de la disponibilité du capelan et de la crevette.

On a estimé la consommation de capelan et de crevette par les groupes fonctionnels de poissons considérés comme prédateurs de ces espèces fourragères (les benthivores de taille moyenne et grande, les plancto-piscivores et les piscivores) en combinant la consommation alimentaire totale et la composition du régime alimentaire des espèces clés dans ces groupes fonctionnels. On a estimé une enveloppe pour la consommation alimentaire totale comme la fourchette d'une série de modèles de consommation et en utilisant la médiane de ces estimations comme statistique sommaire pour la consommation totale. Tous les modèles de consommation reposaient sur la combinaison de la biomasse des poissons estimée à partir du relevé plurispécifique d'automne et des taux de consommation par unité de biomasse qui avaient été estimés par :

1. Des méthodes allométriques. Deux modèles différents ont été utilisés ici :
  - a. un cadre de modélisation ressource-consommateur bioénergétique et allométrique, fondé sur des relations de mise à l'échelle allométriques et empiriques (Yodzis et Innes 1992);
  - b. un cadre allométrique dérivé des principes de croissance fondés sur l'équation et le raisonnement de Von Bertalanfy (Wiff et Roa-Ureta 2008).
2. La ration quotidienne. Ces estimations partent de l'hypothèse d'une consommation quotidienne de proies en pourcentage du poids du prédateur. Nous avons supposé deux scénarios génériques de ration quotidienne de 1 % et 2 %, d'après la plage type de valeurs pour les poissons tirée des rapports publiés (Macdonald et Waiwood 1987, Adams et Breck 1990).

Nous avons utilisé la composition combinée du régime alimentaire des espèces clés, pondérée par leur consommation totale par division de l'OPANO, pour estimer la consommation totale de capelan et de crevette par les poissons prédateurs. Les espèces clés prises en compte sont la morue franche, le flétan noir, la plie canadienne, la limande à queue jaune et le sébaste, car

---

elles représentent une majeure partie de la biomasse combinée des groupes fonctionnels sélectionnés et dominent le signal de consommation global.

La consommation de capelan par les poissons (figure 4) et l'indice de la mortalité liée à la prédation (estimation de la consommation de capelan/estimation acoustique du capelan) ont tous deux diminué de 2017 à 2019, laissant entendre que le capelan est moins disponible dans le système.

## **DÉBARQUEMENTS COMMERCIAUX ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES**

À la suite de l'évaluation du stock de 2019 (MPO 2019a), le total autorisé des captures (TAC) total pour la zone de stock 2J3KL a été porté de 18 506 t à 21 277 t, dont 90 % ont été débarqués en 2019 (figure 1). Conformément aux allocations de chaque secteur, les engins fixes ont continué de représenter la majorité des débarquements en 2019 (figure 2), bien que les deux secteurs aient débarqué des prises dans toutes les zones, à l'exception de la côte sud et de la baie St. Mary's, où le capelan a été capturé uniquement avec des engins fixes. C'est la première fois depuis 2009 que des débarquements commerciaux ont lieu dans ces deux zones. La division 3K a été la seule zone en 2019 où le quota total n'a pas été atteint, en grande partie en raison d'un manque de débarquements dans le secteur des engins mobiles dans cette zone. Il n'y a pas eu de débarquement dans la baie White en 2017 du fait de problèmes liés à la période de la migration du capelan le long de la côte nord-est et aux capacités de transformation (figure 2). Les débarquements dans la division 3L ont augmenté en 2019 par rapport à 2018; la plupart des gains ont été réalisés dans la baie de Bonavista, qui n'a pas pêché son quota en 2018 (figure 2).

Les longueurs totales moyennes du capelan ont atteint un maximum après l'effondrement en 2014, puis ont commencé à diminuer les années suivantes jusqu'à un minimum en 2017. Depuis 2018, les longueurs moyennes des poissons débarqués sont revenues à des tailles similaires à celles observées à la fin des années 1990 et dans les années 2000 (figure 5). On a observé une tendance similaire pour les poids moyens (figure 5). La taille moyenne des capelans débarqués dans la pêche commerciale reflète en grande partie la répartition selon l'âge des prises. Par rapport aux années 1980, la proportion de capelans d'âge 2 est plus grande et celle des classes d'âge plus élevées (âges 4 à 6) a diminué depuis le début des années 1990 (figure 6). Les longueurs moyennes totales et les poids moyens totaux des reproducteurs sont plus élevés lorsque la proportion de reproducteurs d'âge 2 est faible, comme entre 2014 et 2016, et faible lorsque les poissons d'âge 2 dominent la population reproductrice (2017).

## **FRAIE**

Pour le capelan, une fraie plus précoce sur les plages est généralement associée à la formation d'une cohorte plus forte à l'âge 2 (figure 7). Cela peut s'expliquer par le fait que les périodes de fraie plus précoce augmentent les chances de concordance entre l'émergence des larves et les conditions environnementales et biologiques idéales. Des données sur la période de fraie sur les plages ont été recueillies sur deux plages de référence de la presqu'île Avalon : à Bryant's Cove, dans la baie de la Conception (de 1978 à aujourd'hui) et sur la plage de Bellevue, dans la baie de la Trinité (de 1990 à aujourd'hui). Depuis 1991, la période de la fraie du capelan sur les plages est passée de juin à juillet. De 1978 à 1990, le jour moyen du pic de la fraie à Bryant's Cove était le jour 171 de l'année (20 juin; écart-type [ET]  $\pm 7$  jours). De 1991 à 2019, c'était le jour 193 de l'année (12 juillet; ET  $\pm 7$  jours) à Bryant's Cove et le jour 198 de l'année sur la plage de Bellevue (17 juillet; ET  $\pm 11$  jours) (figure 8). En 2019, le pic de la fraie a été atteint le 10 juillet à Bryant's Cove et le 15 juillet sur la plage de Bellevue.

---

Depuis 1991, dans l'ensemble de la province, des observateurs de la fraie, payés par la province, surveillent tous les jours leurs plages locales durant la saison de fraie du capelan (de juin à août). La participation à ce programme a varié d'une année à l'autre et a diminué ces dernières années. En général, la fraie se produit plus tôt dans le sud, avec un pic similaire sur les plages dans les divisions 3KL, qui a été observé en 2019 avec un pic moyen le 15 juillet dans la division 3L et le 14 juillet dans la division 3K (figure 9). Le capelan a occupé toutes les plages surveillées en 2019, sauf une (figure 9). La période des prises commerciales de capelan dans les baies correspondait au pic de la fraie sur les plages, la pêche sur la côte nord-est ayant pris fin entre le 17 et le 26 juillet 2019, selon la baie et le type d'engin. Les baies de la Conception et de la Trinité ont fermé avant les baies du nord.

Des échantillons de capelans reproducteurs sont prélevés à l'épervier une fois par semaine à la plage de Bellevue, et à six autres plages de la presqu'île Avalon pendant la saison de fraie. Les échantillons sont composés de 25 mâles et 25 femelles choisis au hasard. Ils permettent d'examiner les variations en cours de saison de la composition des reproducteurs, avec un profil général de poissons plus grands arrivant les premiers pour frayer, suivis par les poissons plus petits. Il y a quelques exceptions à cette tendance. En 2010, la taille des reproducteurs a augmenté à la fin de la saison et récemment, elle a peu varié sur l'ensemble de la saison quelques années (2013, 2018, 2019) (figure 10). On ignore l'impact de ce changement dans la composition des reproducteurs sur la production d'œufs et de larves.

## **TRAITS DE SURFACE POUR LE DÉNOMBREMENT DES LARVES À BELLEVUE**

L'indice du recrutement à l'âge 2, qui a été décalé de deux ans afin de comparer les survivants de la même cohorte, est positivement lié à l'indice du trait de surface à Bellevue (Murphy *et al.* 2018). Cette relation est un facteur important de la dynamique des populations de capelan.

Les traits de surface pour le dénombrement des larves sont effectués à cinq stations dans les eaux littorales (moins de 20 m) au large de la plage de Bellevue, dans la baie de la Trinité, depuis 2001. Ce relevé a été conçu pour échantillonner les larves émergeant des frayères démersales du capelan et au large de la plage de Bellevue, ainsi que de quatre petites plages de fraie sur la rive ouest de Bellevue. Depuis 2003, ces travaux sont réalisés à partir d'un bateau de 27 pieds en fibre de verre utilisant deux bolinches de 75 cm en filet à mailles de 270 µm qui sont remorquées pendant 10 minutes à 2,1 nœuds toutes les 24 à 48 heures (si la météo le permet). Un seul des filets recueille un échantillon de larves. Un débitmètre mécanique de la série 2030 de General Oceanics positionné à l'ouverture d'une des bolinches mesure le volume d'eau filtrée. Les larves de capelan sont conservées dans une solution à 5 % de formol et d'eau salée tamponnée avec du borate de sodium. En laboratoire, lorsqu'un échantillon compte moins de 500 larves de capelan, elles sont toutes dénombrées, sinon on applique une technique de sous-échantillonnage (van Guelpen *et al.* 1982). On mesure la longueur de 50 larves de chaque échantillon et on consigne la présence ou l'absence de leur vésicule vitelline. Si la vésicule vitelline est présente, on mesure son diamètre. L'âge des larves de capelan échantillonnées pour cet indice va de l'émergence récente à moins de 12 jours après l'éclosion (taille comprise entre 3 et 10 mm de longueur standard [LS]). Cette estimation de l'âge repose sur la présence ou l'absence de la vésicule vitelline et la longueur des larves. Le capelan ne forme pas d'anneaux dans ses otolithes avant environ 12 jours après l'éclosion (Ivarjord *et al.* 2008) et très peu des larves prélevées ont des anneaux dans leurs otolithes au moment de l'échantillonnage (Murphy, données inédites).

---

La production annuelle totale de larves par m<sup>3</sup> (N) est estimée selon la méthode d'intégration trapézoïdale :

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

où t est le jour de l'année, n le nombre de jours d'échantillonnage et X(t) le nombre de larves par m<sup>3</sup> le jour t. Seuls les jours où les cinq stations ont été échantillonnées avec succès sont inclus dans l'analyse. Si un échantillon n'a pas été prélevé 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.

Depuis 2014, l'indice des larves émergentes est inférieur à la moyenne à long terme (de 2001 à 2013) de 1 977 ind/m<sup>3</sup>, avec une production annuelle récente de larves de capelan de 1 115 m<sup>3</sup> (2017), 129 ind/m<sup>3</sup> (2018) et 399 ind/m<sup>3</sup> (2019) (figure 11). L'indice des traits de surface pour le dénombrement des larves sur la plage de Bellevue en 2019 est le deuxième plus faible de la série chronologique, ce dont on peut déduire que la classe d'âge de 2019 sera faible. En général, les anomalies normalisées (normalisées aux années 2001 à 2013) des indices du recrutement à l'âge 2 et des larves émergentes affichent la même tendance (figure 12).

## MÉTHODES DE RELEVÉ DES ADULTES

### RELEVÉ ACOUSTIQUE DE PRINTEMPS

Le relevé acoustique printanier du capelan a été effectué chaque année depuis 1982, sauf de 1993 à 1995, en 1997, en 1998, en 2006 et en 2016 (Mowbray 2013). Il a généralement lieu en mai et couvre la majorité de la division 3L, une zone particulièrement importante pour le capelan juvénile. Depuis 1996, la partie inférieure de la division 3K (en dessous de 50° N) est également incluse dans le relevé, mais la présence d'une glace de mer épaisse ne permet pas toujours d'ajouter des zones plus au nord. L'objectif principal du relevé acoustique de printemps est de produire une estimation de l'abondance de la partie immature et non migratoire du stock de capelan (principalement les poissons d'âge 2) qui sera recrutée dans la population reproductrice l'année suivante. Cependant, avec une proportion croissante de poissons d'âge 2 arrivant à maturité dans les années 2000, le relevé capture également une partie de la population de capelan avant la fraie. Le relevé acoustique de printemps ne fournit pas d'estimation de la biomasse totale du stock reproducteur, car la zone du relevé ne couvre qu'une partie de l'aire de répartition de la population de capelan. Toutes les classes d'âge du relevé acoustique sont incluses dans l'indice annuel de l'abondance du capelan.

Le relevé est effectué chaque année selon un plan stratifié, même si le plan des transects, les limites des strates et les zones couvertes ont changé au fil du temps. Avant 1989, les transects étaient disposés selon des tracés équidistants parallèles ou en zigzag. De 1989 à 1992, les relevés ont suivi des transects parallèles espacés au hasard selon les protocoles établis dans O'Boyle et Atkinson (1989). Un plan de transects espacés au hasard était jugé préférable, car il permettait de calculer la variance des estimations de l'abondance d'après la moyenne des transects. Toutefois, une diminution des densités du capelan au large et un changement dans les profils de répartition ont incité les chercheurs à revenir à la conception de lignes parallèles équidistantes en 1993, considérant que ce plan offrait la plus grande probabilité de croiser des regroupements de capelans. Depuis 1999, le point de départ du transect initial est généré de manière aléatoire pour chaque relevé. Avant 1999, les strates étaient habituellement rectangulaires et s'étendaient de la côte jusqu'au plateau, mais pas jusqu'à la bordure du plateau. Depuis 1999, les strates sont délimitées en profondeur (figure 13). La méthodologie et

---

les strates originales de chaque relevé de 1982 à 1996 sont présentées dans les documents annuels d'évaluation des stocks (Miller 1991, 1992, 1997).

Lors des relevés acoustiques, la rétrodiffusion est attribuée aux espèces à l'aide des caractéristiques des échogrammes et biologiques des prises dans les chaluts de pêche. Des traits de chalut ciblés (de fond et pélagique) sont effectués selon les besoins pour étudier la composition en espèces de la rétrodiffusion acoustique et confirmer l'absence de signal de poisson. Au moins un trait de chalut est réalisé toutes les 12 heures. Depuis 1996, on utilise un chalut Campelen 1800 pour le relevé acoustique. La durée des traits de chalut varie de 15 à 120 minutes, selon le mode de déploiement (au fond ou pélagique) et l'intensité de la rétrodiffusion à vérifier. On consigne le nombre total et le poids de toutes les espèces capturées lors des relevés acoustiques de printemps. Lorsque des capelans sont capturés, on enregistre la longueur, le sexe et la maturité d'un maximum de 200 poissons sélectionnés au hasard par calée. Un échantillonnage détaillé supplémentaire (poids, poids des gonades, plénitude de l'estomac et âge d'après les otolithes) est effectué sur 2 capelans de chaque sexe, par tranche de 5 mm de longueur. Depuis 1999, on retire l'estomac de chaque poisson pour analyser le contenu en proies. De 1999 à 2007, les estomacs étaient conservés dans du formol à 10 %; depuis 2008, ils sont congelés jusqu'à l'analyse du régime alimentaire. Depuis 1999, des mesures de longueur sont également enregistrées pour toutes les autres cibles acoustiques potentielles, y compris la morue arctique, la morue franche, le hareng de l'Atlantique, le sébaste et le lançon pour faciliter la classification des bancs mélangés.

On génère un indice de l'abondance du capelan à partir du relevé en combinant les informations acoustiques avec celles tirées de l'échantillonnage biologique dirigé. On calcule la variance associée à l'indice de l'abondance selon une approche de Monte Carlo qui intègre la variabilité potentielle de l'abondance du capelan dérivée de quatre facteurs : l'incertitude de l'étalonnage (associée aux progrès technologiques), l'indice de réflexion (IR) (résultant des variations de la composition selon la longueur et de la capturabilité), la détectabilité acoustique (résultant des variations de la migration verticale du capelan) et la variabilité spatiale (concentration spatiale). Cette technique permet d'estimer la densité aréale d'une population rééchantillonnée de capelan pour chaque strate. Pour résoudre les problèmes d'autocorrélation spatiale, le tracé du relevé est divisé en segments consécutifs de 2 km. Pour chaque segment, le coefficient moyen de rétrodiffusion de la zone ( $s_a$ ) du capelan est choisi au hasard dans l'une des 20 tranches horizontales de 100 m proposées. On transforme ensuite cette valeur en densité du capelan en incorporant des valeurs choisies au hasard pour trois paramètres : le facteur de correction d'étalonnage, l'indice de réflexion (dérivé d'une gamme de longueurs) et une correction de détectabilité. Ce processus est répété 1 000 fois pour chaque segment de 2 km dans chaque strate. On utilise alors la valeur médiane de la répartition ainsi obtenue pour estimer la densité aréale des poissons dans chaque strate, les 5<sup>e</sup> et 95<sup>e</sup> centiles servant de limites de confiance supérieure et inférieure (Mowbray 2013). Deux indices de l'abondance sont générés à partir du relevé acoustique printanier, l'un pour la zone extracôtière (toutes les strates sauf la baie de la Trinité) et l'autre pour une zone côtière (la baie de la Trinité).

## **RELEVÉS PLURISPÉCIFIQUES D'AUTOMNE**

La région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO mène des relevés plurispécifiques au chalut de fond (« relevés au chalut de fond » dans le reste du document) chaque automne dans les divisions 2J3KL de l'OPANO et chaque printemps dans les divisions 3LNOPs de l'OPANO (figure 14). Un compte rendu détaillé de la méthodologie et du plan de ces relevés est donné dans Brodie (2005). On n'utilise pas les données des relevés au chalut de fond pour estimer l'abondance du capelan en raison de la répartition verticale nycthémerale du capelan et de la

---

sélectivité du chalut (Mowbray 2001); cependant, elles servent à décrire la répartition, le régime alimentaire et les caractéristiques biologiques du capelan.

Les capelans capturés lors des relevés au chalut de fond sont recueillis en mer, puis on les examine en laboratoire pour déterminer leur longueur, leur sexe et leur maturité. Des échantillons de 200 poissons sélectionnés au hasard dans chaque calée, au maximum, sont congelés pendant le relevé plurispécifique de printemps; durant le relevé d'automne, on conserve jusqu'à 25 poissons sélectionnés au hasard dans les prises triées de chaque calée. Pour les captures de printemps, un échantillon (de 200 poissons) est traité pour chaque superstrate (regroupement de strates) dans la calée qui a remonté la prise la plus élevée dans cette superstrate. On procède à un échantillonnage détaillé sur deux poissons de chaque sexe et par tranche de longueur de 5 mm dans chaque prise échantillonnée. Pour les prises d'automne, on consigne la longueur, le sexe et la maturité pour tous les poissons congelés, mais l'échantillonnage détaillé n'est effectué que sur un seul échantillon (25 poissons représentant la calée ayant remonté le plus grand nombre de capelans). L'échantillonnage détaillé consiste à prendre des mesures supplémentaires du poids total et du poids des gonades, ainsi qu'à consigner la plénitude de l'estomac et l'âge (déterminé à partir des otolithes).

On prélève et analyse environ 400 à 500 estomacs de capelan lors de chaque relevé au chalut de fond d'automne (depuis 2008) et de printemps (depuis 2013). On enregistre le poids total du contenu stomacal, puis on détermine le type de proie dominant et on consigne sa proportion par rapport au contenu stomacal total. Depuis 2009, on réalise une analyse détaillée du poids des proies dans un estomac sur 10, en examinant en détail le premier estomac non vide de chaque ensemble de 10 estomacs. Les proies sont classées au niveau de l'espèce lorsque cela est possible et le poids total des proies est enregistré.

## **RÉSULTATS DE LA RÉPARTITION ET DE L'ABONDANCE DES ADULTES DANS LES RELEVÉS**

### **RELEVÉ ACOUSTIQUE DE PRINTEMPS**

Malgré le mauvais temps, des transects acoustiques ont été réalisés dans toutes les strates du relevé acoustique printanier en mer de 2019, mais l'espacement des transects dans la strate L était plus grand que d'habitude (40 milles marins au lieu de 20). Le relevé a également été mené dans la baie de la Trinité. Contrairement à 2018, où tant le relevé que l'industrie ont observé des capelans près du rivage et dans les baies, la répartition de l'espèce était plus typique en 2019, les poissons étant présents dans toute la partie nord de la zone du relevé et sur la bordure du plateau (figure 15).

Nous avons comparé la répartition en 2019 à celle observée lorsque l'indice de l'abondance dans le relevé acoustique de printemps était classé comme faible (moins de 10 milliards d'individus), modéré (de 10 à 50 milliards d'individus) et élevé (plus de 50 milliards d'individus) (figure 16). En 2019, les profils de répartition correspondaient le plus à ceux des années où l'abondance du capelan était faible à modérée, comme à la fin des années 1990 et dans les années 2000.

On a observé des changements prononcés dans la migration verticale du capelan durant la série chronologique, en particulier entre les périodes antérieures et postérieures à l'effondrement. La répartition verticale du capelan peut avoir un impact sur sa détectabilité par les techniques de relevé acoustique. Elle peut également être liée à la densité globale des bancs de capelan et à la présence de prédateurs (Mowbray 2002). Historiquement, le capelan effectuait des migrations verticales nyctémérales; cependant, depuis le printemps 1991, ces profils de migration verticale ont soudainement changé et le capelan demeurait plus

---

profondément dans la colonne d'eau tout au long de la journée (Mowbray 2002). On a à nouveau observé des migrations verticales nycthémerales, dans une certaine mesure, de 2011 à 2015, mais les profils sont revenus à des répartitions près du fond en 2017. En 2019, le capelan était réparti plus loin du fond que ces dernières années (figure 17).

L'indice de l'abondance du capelan au large des côtes a beaucoup changé dans les quatre dernières décennies (figure 18). Il a chuté de plus d'un ordre de grandeur, passant d'entre 400 et 600 milliards d'individus (4 à 7 millions de t) à la fin des années 1980 à entre 3,4 et 30 milliards d'individus (moins de 200 000 t) de 1991 à 2005. Les faibles abondances ont persisté depuis le début des années 2000 malgré un agrandissement de la zone du relevé à partir de 2000 et un réchauffement général des conditions océanographiques entre 1995 et 2010 (Cyr *et al.* 2020). Cette faible abondance persistante contraste avec les hypothèses précédentes selon lesquelles l'effondrement de l'indice était lié à des changements dans les habitudes migratoires résultant de conditions océanographiques froides records plutôt qu'à un déclin réel de l'abondance (Buren *et al.* 2019).

L'indice de l'abondance du capelan après l'effondrement s'est légèrement amélioré une première fois entre 2007 et 2009, atteignant entre 22 et 29 milliards d'individus (de 260 000 à 300 000 t), mais il est retombé à moins de 1 % du maximum historique de 2010 avec seulement 2 milliards de poissons (23 000 t) observés. Le déclin spectaculaire du capelan en 2010 comportait une chute importante de l'indice de l'abondance pour deux classes d'âge (2007 et 2008), semblable aux conditions des relevés acoustiques d'automne et de printemps 1991, lorsque les classes d'âge de 1988 et 1989 ont disparu du relevé. On considère désormais que l'estimation de l'indice de l'abondance dans le relevé de 2010 est une sous-estimation, car les classes d'âge de 2007 et 2008 étaient plus importantes que prévu lors du relevé acoustique printanier subséquent en 2011. Il convient de souligner que la tendance saisonnière de la composition selon la longueur des reproducteurs en 2010 était également anormale (figure 10), ce qui pourrait dénoter un changement dans la répartition ou l'habitude migratoire cette année-là.

De 2013 à 2015, l'indice de l'abondance du printemps a atteint ses niveaux les plus élevés depuis 1980, compris entre 53,6 et 121,9 milliards d'individus, avec un pic en 2014. Depuis 2015, il varie entre 18,5 et 32,1 milliards d'individus, à des niveaux similaires à ceux des années 2000. L'indice de l'abondance était de 18,5 milliards en 2019, à 15 % du pic de 2014.

L'indice de la biomasse du capelan au large des côtes établi à partir du relevé suit généralement la tendance de l'indice de l'abondance, mais affiche une plus grande variabilité en raison des variations interannuelles de la force relative des classes d'âge des capelans des âges 2 et 3 et, par conséquent, du poids moyen du capelan dans une strate donnée. L'indice de la biomasse pour la zone extracôtière était de 283 841 t en 2019, soit environ 21 % du récent pic de la biomasse de 2014 (figure 18).

L'abondance du capelan dans la zone côtière couverte par le relevé (baie de la Trinité) est généralement moins dynamique que dans la zone extracôtière et a parfois présenté des tendances contrastées. Toutefois, il n'est pas possible d'établir si cette relation s'est maintenue lors du récent pic de l'abondance (de 2013 à 2015), la baie de la Trinité n'ayant pas fait l'objet de relevés. En 2019, l'abondance du capelan dans la baie de la Trinité (1,7 milliard d'individus) correspondait à 67 % de celle relevée en 2018, bien qu'elle soit nettement supérieure à celle observée en 2017 (0,3 milliard) et similaire aux niveaux du début des années 2000.

## **RELEVÉ PLURISPÉCIFIQUE D'AUTOMNE**

Le relevé d'automne au chalut de fond a lieu de septembre à décembre, pendant que le capelan se nourrit en vue de l'hivernage. Durant l'automne, le stock de capelan des divisions 2J3KL a tendance à se trouver dans la partie nord de son aire de répartition, centrée dans la

---

division 3K. Cependant, les années de forte abondance, lorsque la fourchette d'âge est plus étendue, la répartition du capelan va jusqu'à la zone 2J. Nous avons comparé la répartition du capelan à l'automne 2019 aux relevés d'automne de trois années classées comme ayant un recrutement faible (2009), moyen (2006) et élevé (2013), selon l'indice du relevé acoustique de printemps de l'année suivante (figures 19 et 20). À l'automne 2019, le capelan était plus dispersé et plus au sud que dans tous les exemples présentés.

Buren et ses collaborateurs (2019) ont utilisé une analyse par centre de gravité (CG) qui tient compte à la fois de l'inertie (c'est-à-dire de la dispersion spatiale de la population autour de son centre de gravité) et des changements dans l'effort d'échantillonnage (voir Woillez *et al.* 2007). La plupart des décennies, le centre de gravité avait tendance à se déplacer nettement le long de l'axe nord-sud plutôt que de l'axe est-ouest, sauf dans les années 2000, où il s'est déplacé vers l'ouest. De 2010 à 2016, le centre de gravité était au large et suivait l'axe nord-sud, comme à la fin des années 1980. En 2017 et 2018, il était orienté vers la côte avec un déplacement de sa répartition vers l'ouest, comme dans les années 2000. En 2019, le centre de gravité était à nouveau au large et vers le sud, comme les autres années où l'abondance était plus faible à modérée (figure 21).

## **CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES ADULTES DANS LES RELEVÉS**

### **ÂGE, MATURATION ET CROISSANCE**

Les capelans capturés dans les traits de chalut du relevé acoustique printanier mesurent de 5 à 20 cm de long et étaient historiquement composés des âges 1 à 6, bien que les âges 5 et 6 n'aient été présents qu'en nombre limité quelques années depuis les années 1990. La plupart des années, les capelans d'âge 2 représentent la majorité des capelans du relevé, l'âge 3 étant le deuxième groupe d'âge le plus abondant. Les chaluts utilisés pour échantillonner le capelan lors du relevé acoustique de printemps (Diamond IX : 1982 à 1996 et Campelen : de 1999 jusqu'à présent) sont biaisés en faveur des poissons plus petits – en particulier ceux de moins de 10 cm, ce qui a donné une mauvaise représentation des capelans d'âge 1 (de 5 à 8 cm de longueur totale en mai) dans le relevé. Cependant, les capelans d'âge 2 ou plus sont bien échantillonnés par les deux types d'engins (Mowbray 2001). Le nombre d'individus d'âge 1 échantillonnés par le relevé est très faible depuis 2015, mais l'indice de l'âge 2 est d'ampleur similaire à celui de la fin des années 2000 (figure 22). Les capelans d'âge 3 représentaient une proportion inhabituellement élevée des capelans dans le relevé de 2019. L'indice du relevé acoustique fait un bon suivi de la plupart des cohortes de capelan, à l'exception des cohortes de 2008 et 2009 qui étaient particulièrement sous-représentées aux âges 2 et 1, respectivement, dans le relevé de 2010 (figure 23). La cohorte de 2017 (âge 2 dans le relevé de 2019) n'était que modérément forte et celle de 2018 (âge 1) semble faible.

Le relevé acoustique printanier a été conçu pour échantillonner la partie immature et non migratoire du stock de capelan; cependant, du fait de l'âge plus jeune de maturation au début des années 1990, la proportion de capelans d'âge 2 en cours de maturation échantillonnée lors du relevé acoustique de printemps a beaucoup augmenté depuis cette période (figure 24). Avant 1991, période de forte abondance du stock, la proportion de capelans en cours de maturation à l'âge 2 était faible (environ 4 %) comparativement à après 1991, où environ 40 à 80 % des poissons d'âge 2 étaient en cours de maturation. Entre 2012 et 2014, lorsque l'indice de l'abondance dans le relevé acoustique s'est redressé à 25 % des valeurs d'avant 1991, la proportion de capelans d'âge 2 en cours de maturation a chuté à moins de 40 %. En 2017 et 2018, elle est restée relativement faible (environ 30 %), même si l'indice de l'abondance a diminué à un niveau similaire à celui des années 2000. La proportion de capelans d'âge 2 en cours de maturation en 2019 était la plus élevée de la série chronologique.

---

Un âge plus jeune de maturation a été associé à une réduction de la taille du stock de capelan dans la mer de Barents (voir Gjøsæter 1998). Une maturation plus précoce est également associée à des changements dans la croissance des capelans, à savoir une augmentation de la taille selon l'âge chez les poissons plus jeunes (âges 1 et 2) et une diminution de la taille selon l'âge pour les plus âgés (figure 25). Les changements observés dans le taux de maturation des poissons d'âge 2 en 2019 correspondent aux informations sur la taille selon l'âge (figure 26). La taille des poissons d'âge 2 en 2019 était la deuxième plus élevée de la série chronologique, mais celle des poissons plus âgés (âges 4 et 5) était conforme à celle observée dans la dernière décennie. En revanche, les poissons d'âge 1 étaient petits par rapport aux dernières années, à des tailles similaires à celles du début des années 2000.

## **CONDITION, ŒUFS ET ALIMENTATION**

Pour estimer l'indice de condition de Le Cren, nous avons d'abord ajusté une régression longueur-poids au  $\log_{10}$  de la longueur et du poids transformés des capelans mâles dans l'ensemble des données (Le Cren 1951). Nous avons ensuite divisé le poids observé de chaque poisson par son poids prévu en fonction de la longueur observée et de l'équation de régression longueur-poids ajustée. La condition saisonnière a été calculée pour les femelles matures capturées pendant le relevé acoustique de printemps et pour les mâles capturés durant le relevé plurispécifique d'automne. Nous avons étudié au printemps les femelles en cours de maturation afin d'examiner la relation entre la condition au printemps et la période de la fraie. Seuls les capelans mâles ont été examinés à l'automne, car les effets de la réaffectation de l'énergie aux gonades et les antécédents de fraie mixte peuvent poser des problèmes pour interpréter la condition des femelles pendant la période suivant la fraie à l'automne.

Les tendances de la condition printanière étaient similaires dans trois classes de taille (12-13,99; 14-15,99; 16-17,99 cm) qui correspondent approximativement aux âges 2, 3 et 4 des capelans femelles arrivant à maturité. La condition printanière en 2019 était moins bonne que la moyenne et similaire aux tendances observées depuis 2010 (figure 27). La condition automnale des âges 1 et 2 des mâles a été examinée séparément (figure 28). Aucun échantillon de capelan mâle de la division 2J n'était disponible en 2019. L'indice de condition relatif des mâles d'âge 1 dans les divisions 3K et 3L reste meilleur que la moyenne, mais celui des poissons d'âge 2 dans ces divisions a diminué en 2019, se rapprochant de la moyenne à long terme. En 2018 et 2019, moins de poissons ont été échantillonnés que les années précédentes en raison des prises moins nombreuses.

## **ALIMENTATION – PRINTEMPS ET AUTOMNE**

La plénitude de l'estomac est enregistrée à l'aide d'une échelle de 0 à 4, où 0 est vide, 1 est plein au  $\frac{1}{4}$ , 2 est à moitié plein, 3 est plein aux  $\frac{3}{4}$  et 4 est entièrement plein. La proportion d'estomacs vides a diminué au printemps dans les quatre dernières années et à l'automne les trois dernières années (figure 29). En 2019, la proportion d'estomacs pleins au  $\frac{1}{4}$  a augmenté et celle des estomacs pleins a diminué. Il convient d'étudier les changements dans la composition des proies et l'abondance relative des différents types de proies afin de comprendre la raison de ces changements.

## **MODÈLE DE PRÉVISION**

Nous avons appliqué un modèle de prévision pour le capelan (Lewis *et al.* 2019) afin de prédire la biomasse de capelan pour le relevé acoustique de printemps de 2020 et de fournir une prévision partielle pour le relevé acoustique de printemps de 2021. Le modèle s'appuie sur deux modèles antérieurs du capelan (Buren *et al.* 2014, 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 de printemps. Les indices utilisés dans ce modèle de prévision pour le capelan sont l'indice larvaire de la plage de Bellevue, le jour de l'année de la position la plus au sud de la glace de mer contiguë (retrait de la glace de mer;  $t_{\text{glace}}$ ) – qui est lié à la prolifération printanière annuelle de plancton, et l'indice de condition automnal du capelan adulte (Lewis *et al.* 2019). Le modèle utilise une combinaison de décalages temporels pour les différents indices afin de tenir compte du moment où chaque indice devrait agir sur la biomasse du capelan pour l'année de prévision considérée.

Les prévisions pour 2020 reposent sur l'indice larvaire de 2018 (avec un décalage de 2 ans), l'indice de condition automnal des adultes de 2019 (avec un décalage d'un an) et l'indice  $t_{\text{glace}}$  en 2020 (sans décalage). La prévision partielle pour 2021 est fondée sur l'indice larvaire de 2019 (décalage de 2 ans) et les valeurs moyennes de l'indice de condition automnal des adultes et de  $t_{\text{glace}}$ . L'intervalle de prévision à 80 % pour l'indice de la biomasse dans le relevé acoustique de printemps de 2020 va de 59,0 à 341 kt, avec une estimation médiane de 144 kt (figure 30). D'après les prévisions partielles pour 2021, l'indice de la biomasse pour 2021 sera similaire à celui de 2020. Les prévisions partielles concernant le capelan pour 2021 seront actualisées lors de la prochaine évaluation, lorsque les données nécessaires seront disponibles.

## CONCLUSIONS

L'indice de l'abondance acoustique a légèrement diminué entre 2018 et 2019. Les niveaux d'abondance actuels du capelan sont typiques de ceux observés à la fin des années 2000 et ne représentent que 15 % de l'abondance (20 % de la biomasse) observée lors du pic de 2014 après l'effondrement (en 1990 et 1991) (figure 19). La composition selon l'âge du capelan tirée du relevé acoustique de printemps était similaire à celle des reproducteurs capturés dans la pêche commerciale. Les profils de répartition, de croissance et de maturation du capelan étaient compatibles avec l'interprétation selon laquelle les cohortes examinées dans les relevés étaient faibles (2018) à modérées (2017). La forte proportion de poissons d'âge 2 en cours de maturation permet de penser que peu de capelans d'âge 3 seront présents dans le stock l'année prochaine. Ce résultat est cohérent avec la répartition méridionale du capelan, car les répartitions septentrionales sont liées à un pourcentage plus élevé de poissons immatures ou survivants des âges 2 et 3. L'indice larvaire indique une mauvaise production depuis cinq ans. Cependant, le succès d'alimentation s'est modérément amélioré ces 3-4 dernières années, ce qui pourrait conduire à une meilleure survie des stades post-larvaires. D'après le modèle de prévision, la biomasse de capelan dans le relevé acoustique de printemps de 2020 diminuera probablement par rapport à 2019, retombant à des niveaux similaires à ceux de 2017. Le capelan et la crevette sont des espèces fourragères clés dans l'écosystème. Les augmentations du poisson de fond de la fin des années 2000 et du début des années 2010 semblent associées à des processus ascendants, notamment une amélioration de l'ensemble de proies, avec de modestes augmentations de la disponibilité du capelan comparativement aux années 1990. Des baisses plus récentes de la biomasse totale de poissons à nageoires pourraient être associées à des réductions simultanées de la disponibilité du capelan et de la crevette.

## 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'impact de la pêche sur le stock de capelan.

---

La productivité larvaire dans la zone côtière de la plage de Bellevue n'est peut-être pas représentative de la production larvaire dans d'autres baies, bien que des travaux antérieurs aient montré une corrélation entre la plage de Bellevue et d'autres baies.

Trois facteurs ascendants du recrutement et de la survie du capelan ont été définis et sont utilisés dans un modèle de prévision pour le capelan; toutefois, il existe une variabilité inexplicquée dans le modèle et l'influence des processus descendants sur le stock de capelan n'a pas été étudiée

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Adams, S.M., and Breck, J.E. 1990. [Bioenergetics](#). In: Methods for Fish Biology. Pp. 389–415. Edited by C.B. Schreck, and P.B. Moyle. Am. Fish. Soc. Bethesda, Maryland.
- Brodie, W. 2005. A Description of the Autumn Multispecies Surveys in SA2+ Divisions 3KLMNO from 1995-2004. NAFO SCR Doc. 05/8. 21 p.
- Buren, A.D., Koen-Alonso, M., Pepin, P., Mowbray, F., Nakashima, B., Stenson, G., Ollerhead, N., and Montevecchi, W.A. 2014. [Bottom-Up Regulation of Capelin, a Keystone Forage Species](#). PLoS ONE. 9(2): e87589.
- 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.
- Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., et D. Senciall. 2020. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2018](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/018 iv + 50 p.
- Gjøsæter, H. 1998. [The population biology and exploitation of capelin \(\*Mallotus villosus\*\) in the barents sea](#). Sarsia. 83(6): 453–496.
- Ivarjord, T., Pedersen, T., and Moksness, E. 2008. [Effects of growth rates on the otolith increments deposition rate in capelin larvae \(\*Mallotus villosus\*\)](#). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 358(2): 170–177.
- Koen-Alonso, M., Pepin, P., and Mowbray, F. 2010. Exploring the role of environmental and anthropogenic drivers in the trajectories of core fish species of the Newfoundland-Labrador marine community. NAFO SCR Doc. 10/037. 16 p.
- 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. 11 p.
- Le Cren, E.D. 1951. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the 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.
- Macdonald, J.S., and Waiwood, K.G. 1987. Feeding chronology and daily ration calculations for winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), American plaice (*Hippoglossoides platessoides*), and ocean pout (*Macrozoarces americanus*) in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. Can. J. Zool. 65(3): 499–503.

- 
- Miller, D. 1991. Estimate of biomass from an acoustic survey for capelin (*Mallotus villosus*) in Division 3L, May 1990. NAFO SCR Doc. 91/37 14 p.
- Miller, D. 1992. Results of an Acoustic Survey for Capelin (*Mallotus villosus*) in NAFO Division 3L in 1992. NAFO SCR Doc. 92/57. 4 p.
- Miller, D. 1997. Results from an Acoustic Survey for Capelin (*Mallotus villosus*) in NAFO Divisions 3KL in the Spring of 1996. Pp. 84–90. In: [Capelin in SA2 + Div. 3KL](#). DFO Can. Stock Asses. Sec. Res. Doc. 1997/29. 188 p.
- Mowbray, F.K. 2001. Distribution and Biological Characteristics of Capelin in Northeastern Newfoundland Waters during May 1999. Pp. 53–74. In: [Capelin in SA2 + Div. 3KL during 1999](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/161. iv + 230 p.
- 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.
- MPO. 2019a. [Capelan - Région de Terre-Neuve-et-Labrador Divisions 2+3 \(zones de pêche au capelan 1 à 11\) - En vigueur en 2017](#). Plans de gestion intégrée des pêche.
- MPO. 2019b. [Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2019/034.
- Murphy H.M., Pepin P., and Robert, D. 2018. Re-visiting the drivers of capelin recruitment in Newfoundland since 1991. Fish. Res. 200(8): 1–10.
- O'Boyle, R.N., and Atkinson, D.B. 1989. [Hydroacoustic Survey Methodologies for Pelagic Fish as Recommended by CAFSAC](#). CAFSAC Res. Doc. 89/72. 12 p.
- Pedersen, E.J., Thompson, P.L., Ball, R.A., Fortin, M.-J., Gouhier, T.C., Link, H., Moritz, C., Nenzen, H., Stanley, R.R.E., Taranu, Z.E., Gonzalez, A., Guichard, F., and Pepin, P. 2017. [Signatures of the collapse and incipient recovery of an overexploited marine ecosystem](#). R. Soc. Open Sci. 4(7): 170215.
- van Guelpen, L., Markle, D.F., and Duggan, D.J. 1982. An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton subsampling techniques. ICES J. Mar. Sci. 40(3): 226–236.
- Wiff, R., and Roa-Ureta, R. 2008. [Predicting the slope of the allometric scaling of consumption rates in fish using the physiology of growth](#). Mar. Freshw. Res. 59(10): 912–921.
- Wuillez, M., Poulard, J.-C., Rivoirard, J., Petitgas, P., and Bez, N. 2007. [Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time, with application to European hake \(\*Merluccius merluccius\*\) in the Bay of Biscay](#). ICES J. Mar. Sci. 64(3): 537–550.
- Yodzis, P., and Innes, S. 1992. [Body Size and Consumer-Resource Dynamics](#). Am. Nat. 139(6): 1151–1175.

## ANNEXE I – FIGURES

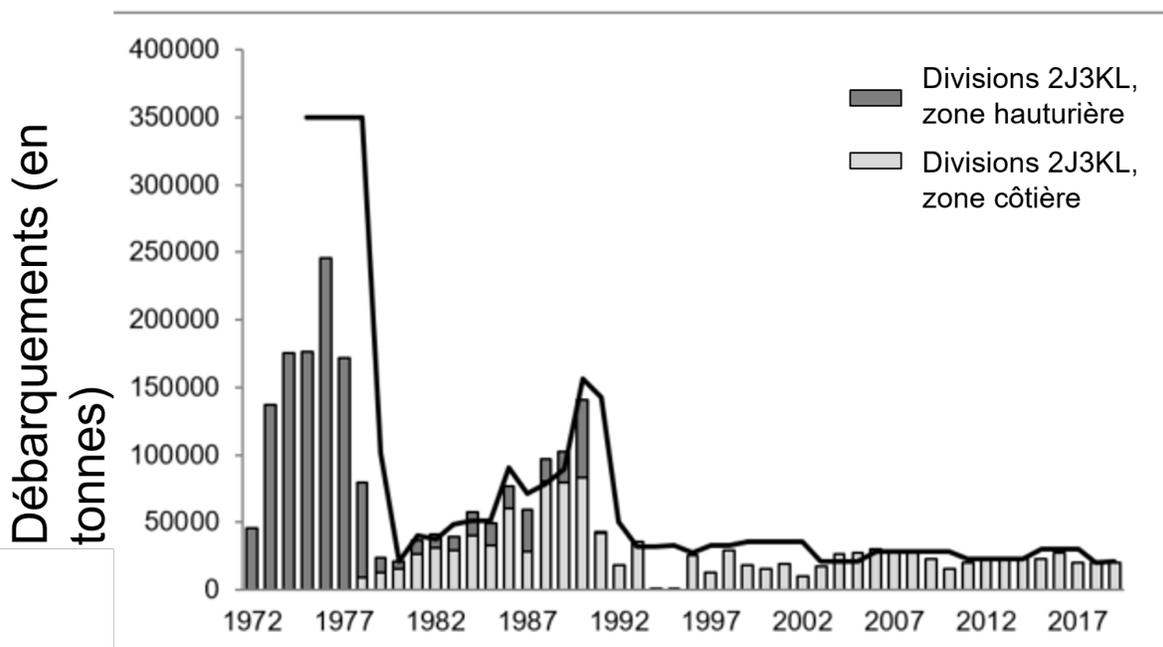


Figure 1 : Débarquements de capelan (tonnes) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO provenant des secteurs des engins hauturiers (barres foncées) et côtiers (barres pâles) entre 1972 et 2019\*. La ligne pleine indique le TAC total de capelan pour les secteurs combinés.

\*Débarquements préliminaires pour 2017 à 2019.

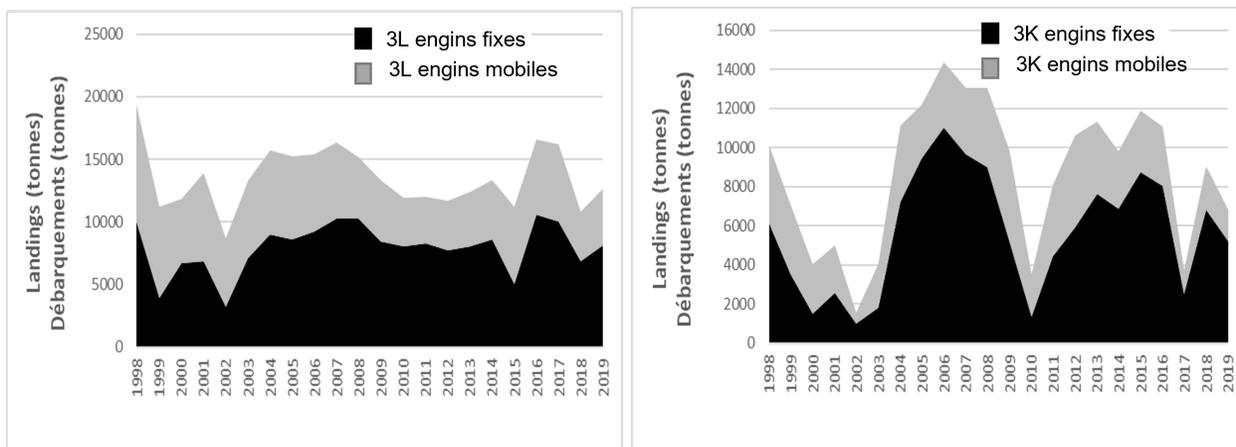


Figure 2 : Débarquements de capelan dans la pêche commerciale côtière, par division de l'OPANO et secteur d'engins de 1998 à 2019\*.

\*Débarquements considérés comme préliminaires pour 2016 à 2019.

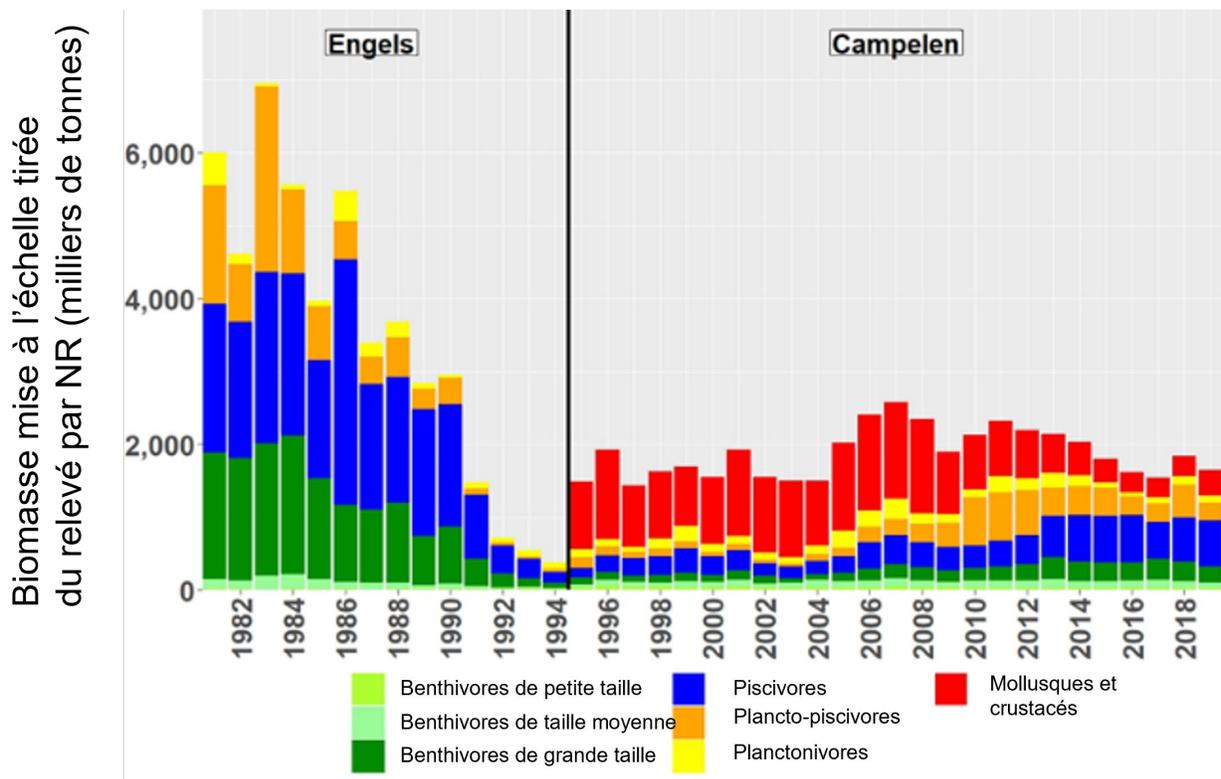


Figure 3 : Tendence de l'indice de la biomasse totale dans le relevé d'automne par navire de recherche de la communauté de poissons du plateau de Terre-Neuve et du nord du Grand Banc (divisions 2J3KL), selon le groupe fonctionnel de poisson. Les indices de la période des chaluts Engel ont été mis à l'échelle 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 régulièrement pendant la période des chaluts Engel; l'indice de ce groupe fonctionnel n'est pas disponible avant 1995.

Consommation par les groupes fonctionnels de poissons prédateurs (milliers de tonnes)

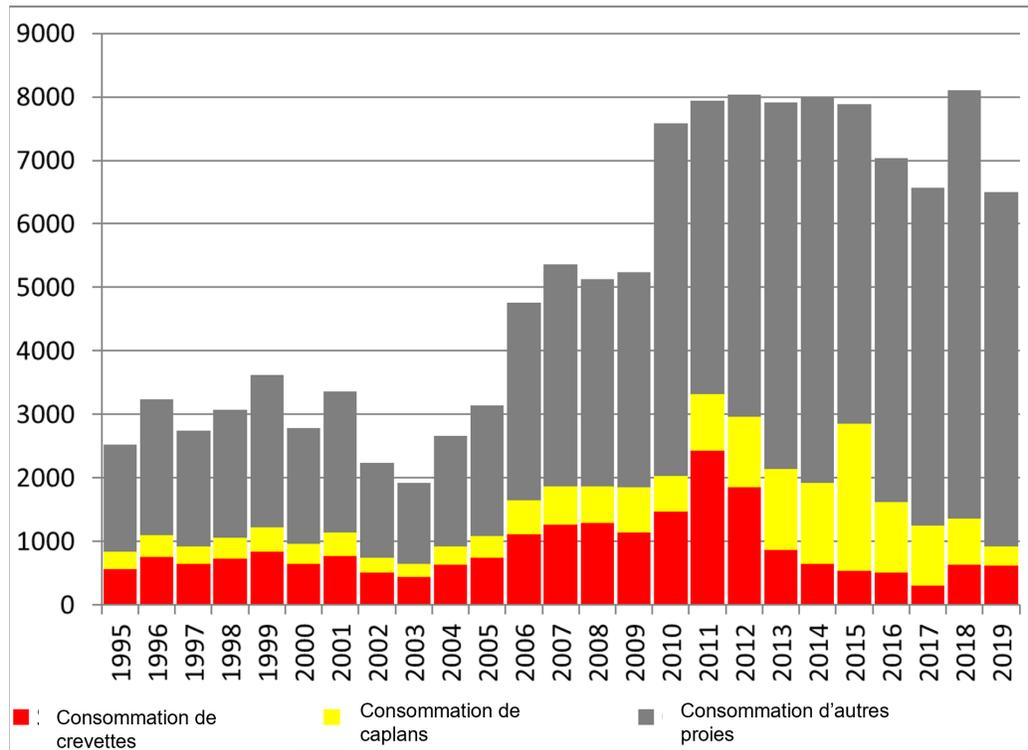


Figure 4 : Ampleur estimée de la consommation de capelan, de crevette et d'autres proies par les groupes fonctionnels de poissons considérés comme des prédateurs de ces espèces fourragères clés (les benthivores de taille moyenne et grande, les plancto-piscivores et les piscivores) de 1995 à 2019. L'ampleur estimée de la consommation repose sur une série d'estimations modélisées de la consommation/des besoins alimentaires totaux et sur les données relatives au contenu stomacal des principales espèces de poissons de fond échantillonnées pendant le relevé d'automne par navire de recherche.

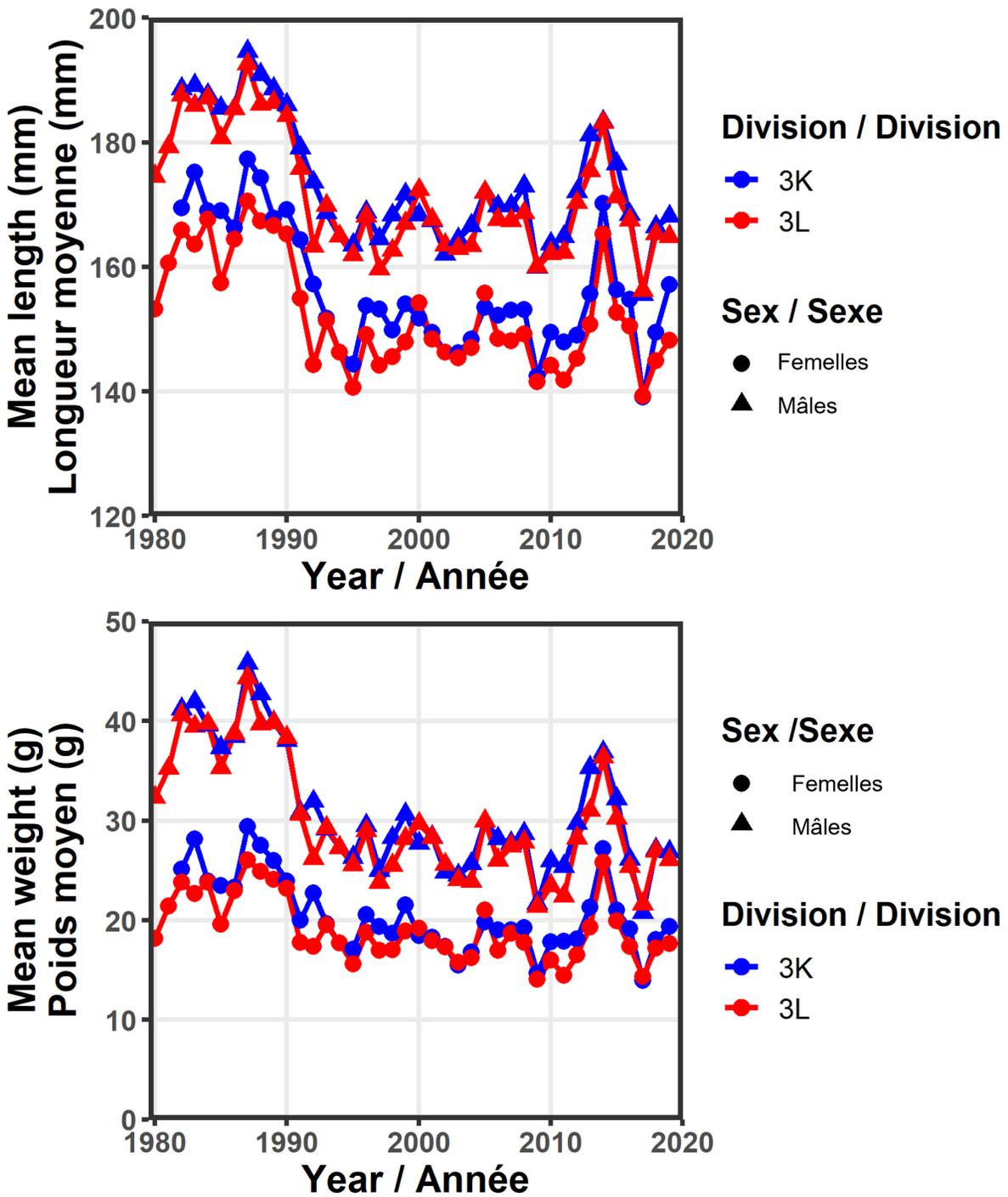


Figure 5 : Longueur et poids moyens des capelans capturés dans les divisions 3K et 3L de l'OPANO dans le cadre de la pêche commerciale côtière de 1980 à 2019.

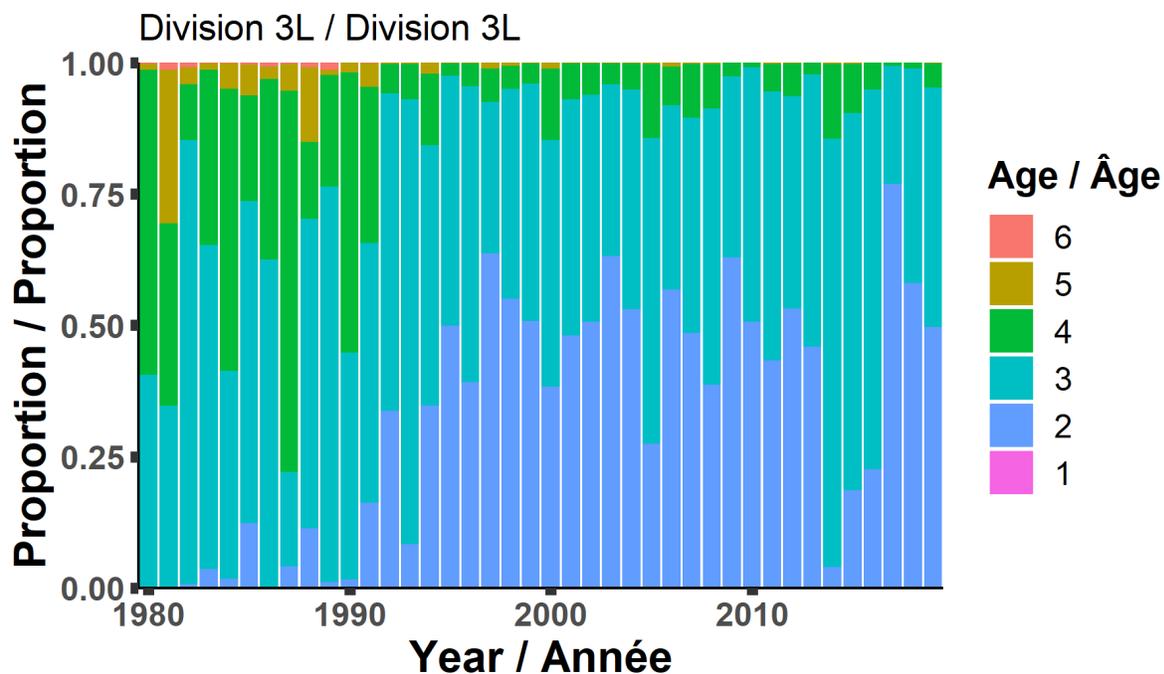
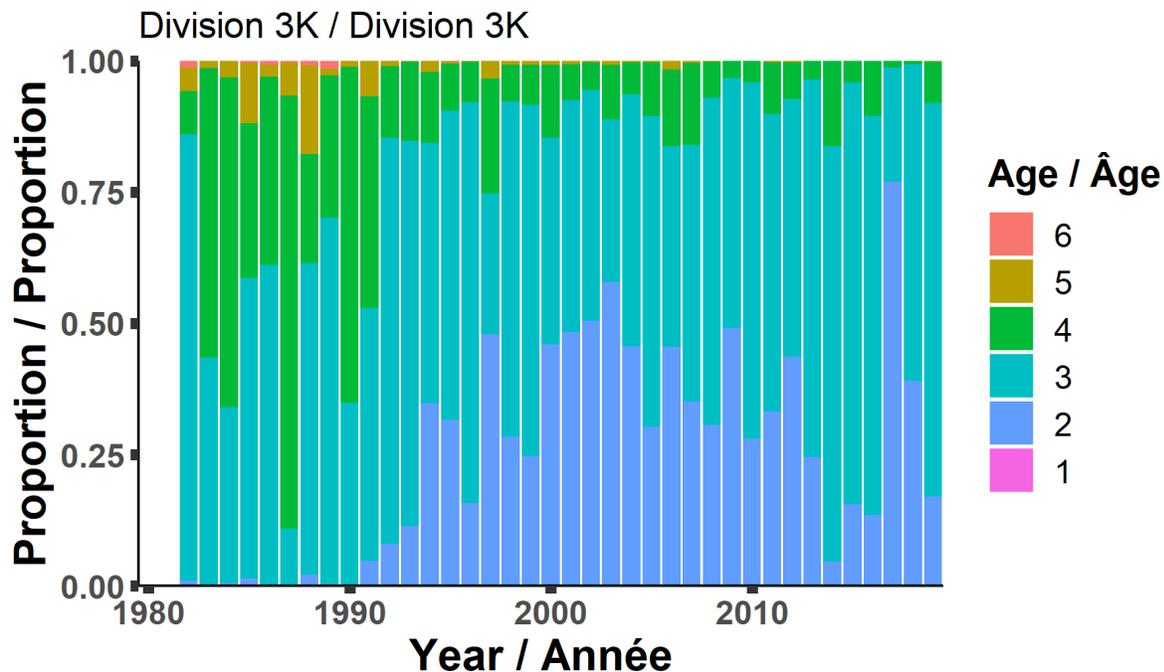


Figure 6 : Composition selon l'âge des échantillons prélevés dans le cadre de la pêche commerciale côtière dans les divisions 3K (graphique supérieur, de 1982 à 2019) et 3L (graphique inférieur, de 1980 à 2019) de l'OPANO.



Figure 7 : La relation entre le jour du pic de la fraie sur la plage de Bellevue, dans la baie de Trinité, et la force du recrutement à l'âge 2, établie à partir du relevé acoustique de printemps, donne à penser qu'une fraie plus précoce est bénéfique pour la force de la classe d'âge (recrutement). Faible : (moins de 10 milliards d'individus), modéré (de 10 à 20 milliards d'individus) et élevé (plus de 20 milliards d'individus).

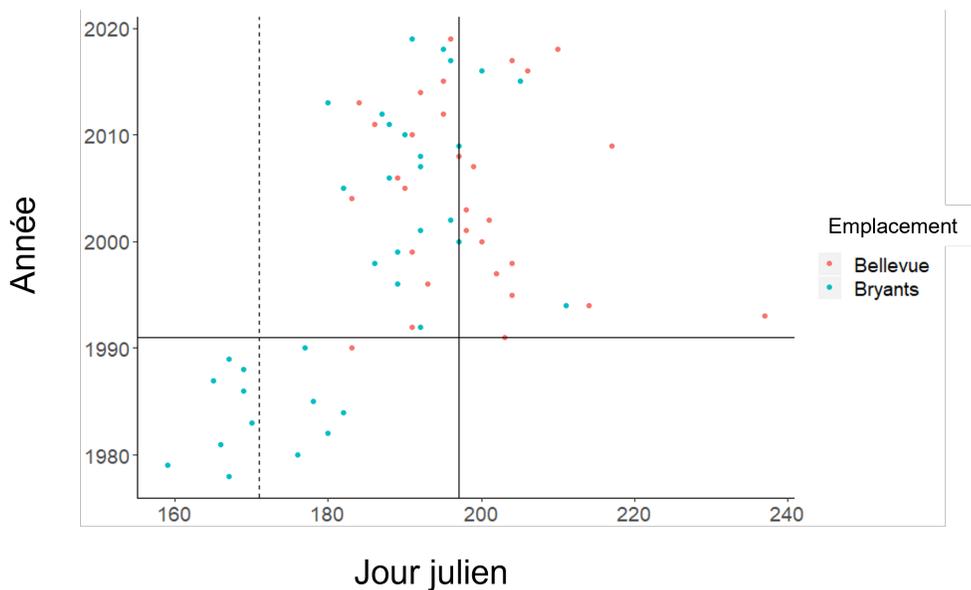


Figure 8 : Périodes du pic de la fraie à Bryant's Cove, dans la baie de la Conception (de 1972 à 2019) et à la plage de Bellevue, dans la baie de la Trinité (de 1990 à 2019) déterminées par la science citoyenne (journaux de la fraie) et la surveillance scientifique. La ligne horizontale correspond à 1991, date approximative de l'effondrement de la population de capelan. La ligne tiretée verticale noire représente le jour de fraie moyen avant 1991 et la ligne verticale noire pleine, le jour de fraie moyen après 1990.

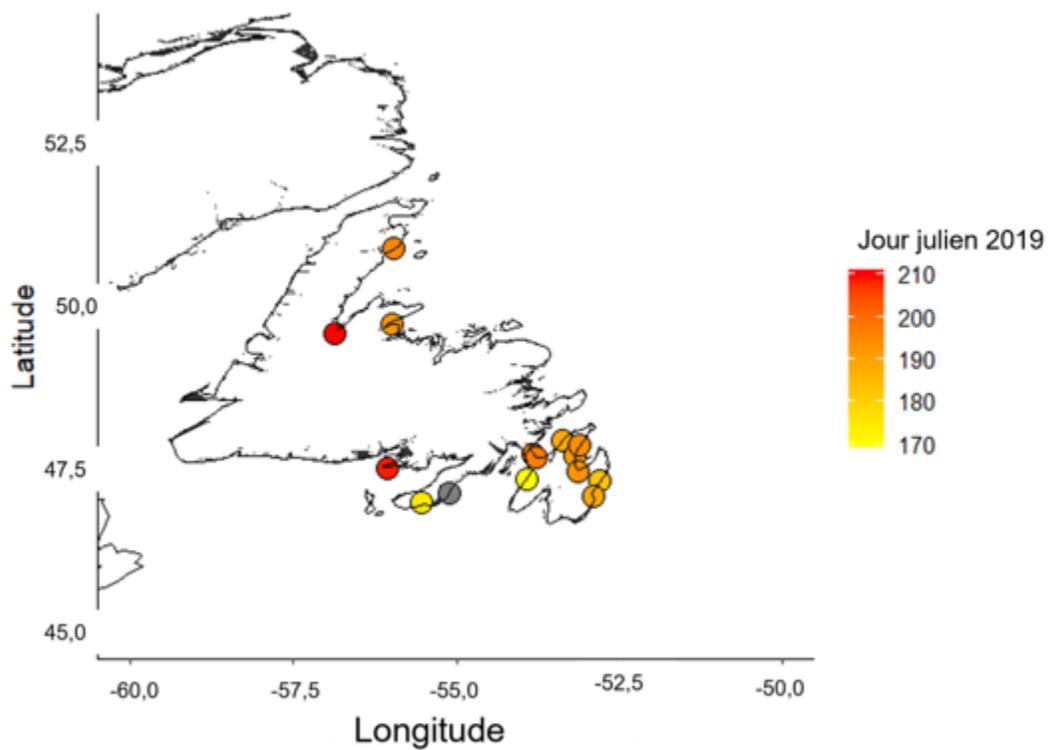


Figure 9 : Période du pic de la fraie du capelan sur les plages, surveillée par les scientifiques citoyens en 2019.

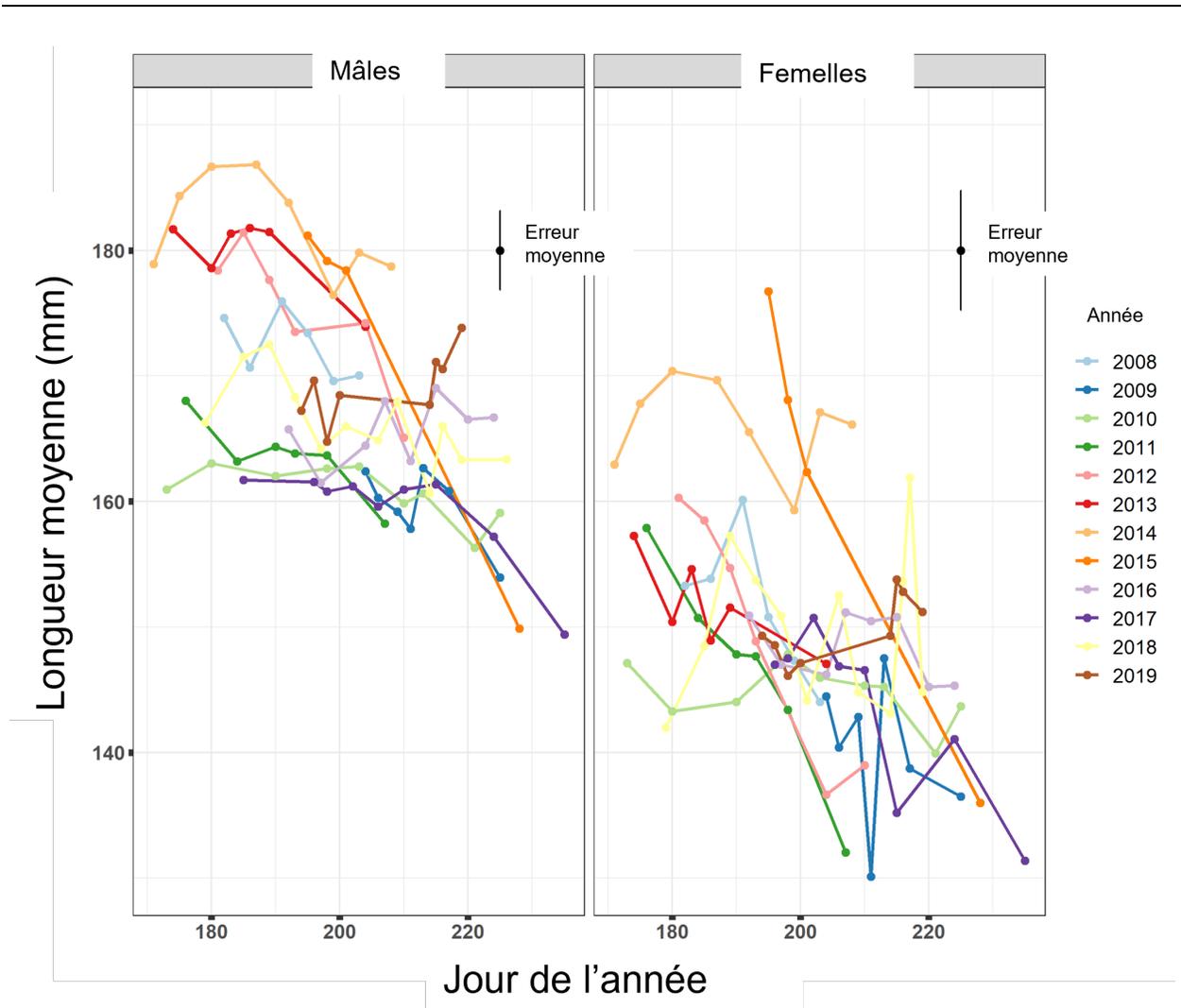


Figure 10 : Longueur moyenne des capelans arrivant pour frayer sur sept plages surveillées de la presqu'île Avalon : trois au nord de St. John's (Middle, Outer et Torbay), une dans la baie de la Conception (Chapel's) et trois près de Bellevue, dans la baie de la Trinité (toutes les plages n'ont pas été échantillonnées toutes les années).

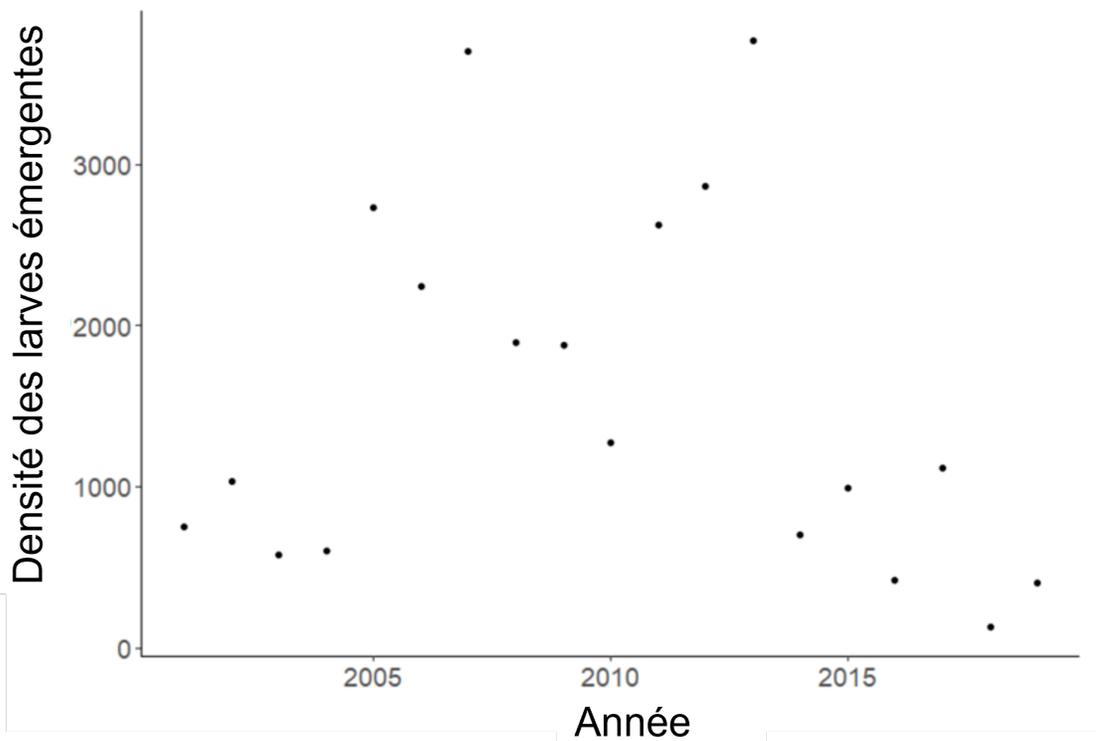


Figure 11 : Densités annuelles des larves émergentes (ind. m<sup>-3</sup>) d'après les traits de surface à la plage Bellevue, dans la baie de la Trinité (de 2001 à 2019).

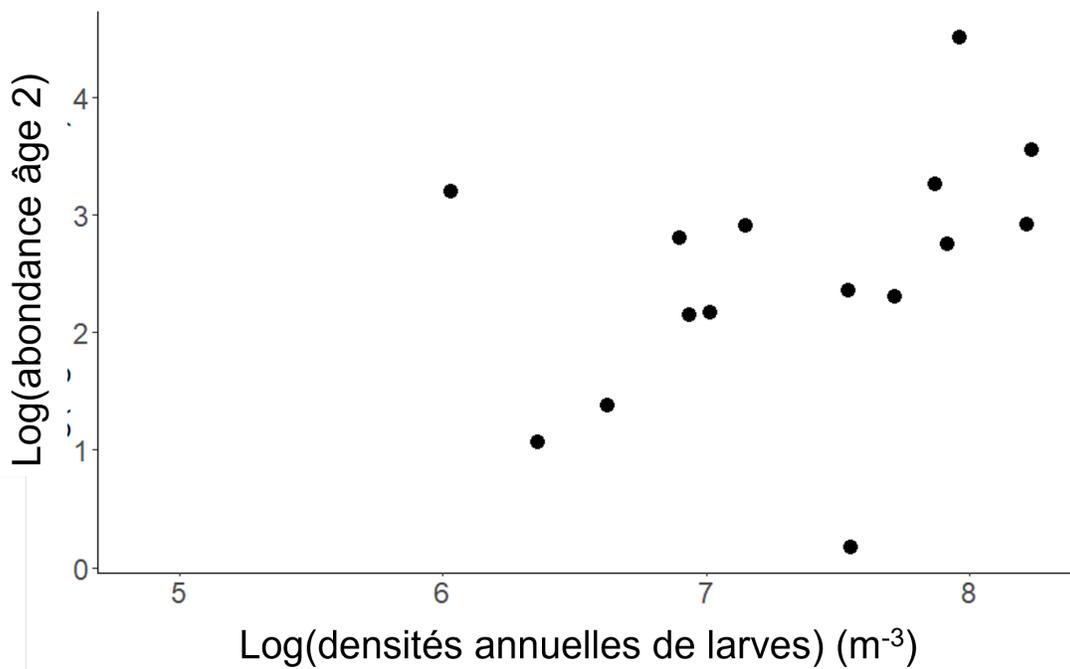


Figure 12 : La relation entre les indices des larves émergentes et du recrutement à l'âge 2 n'est pas significative ( $p = 0,161$ ) lorsqu'on ajoute des années à la relation (de 2014 à 2019). L'indice du recrutement à l'âge 2 a été décalé de deux ans pour comparer les survivants des mêmes classes d'âge.

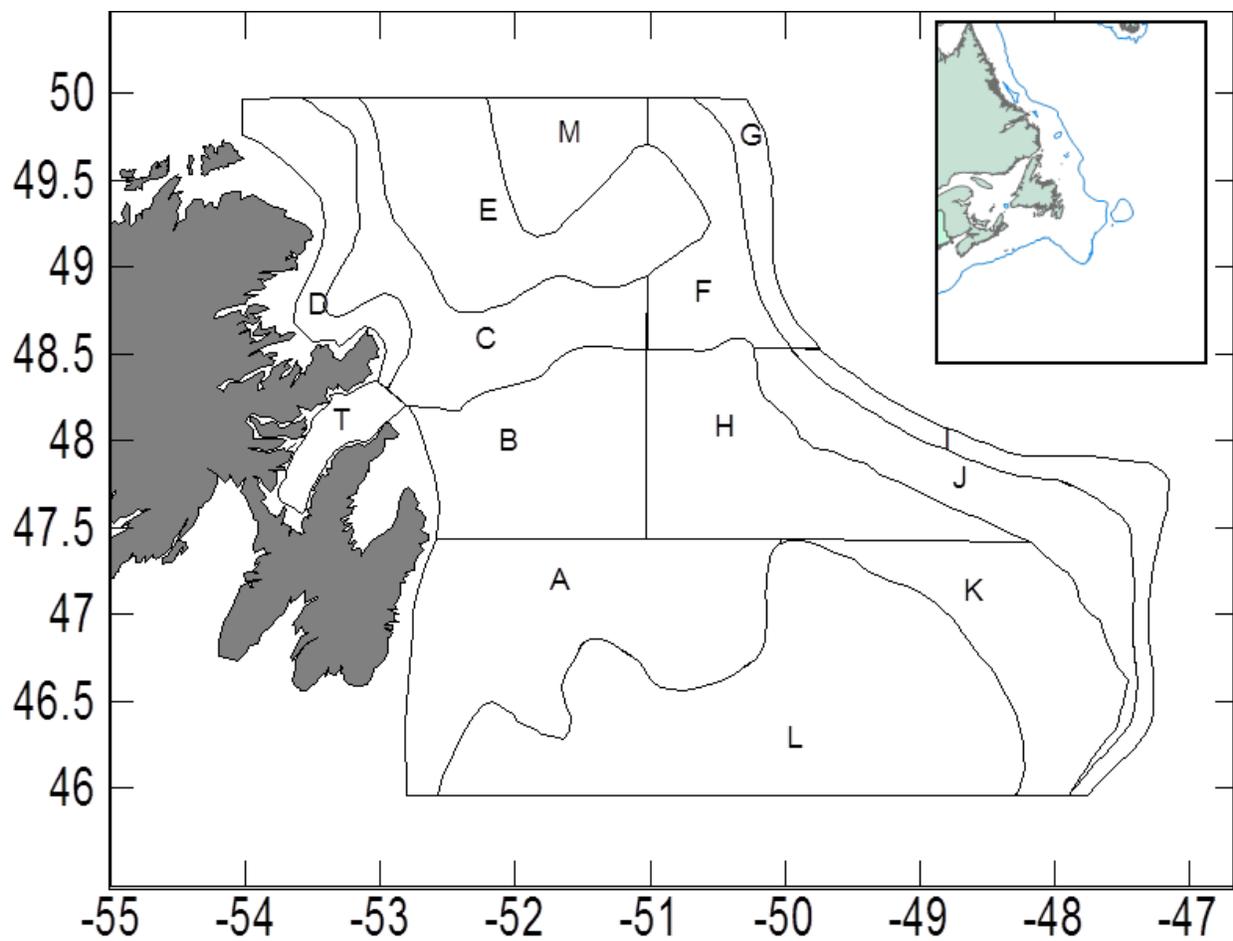


Figure 13 : Carte de la zone du relevé montrant les limites des strates délimitées en profondeur utilisées dans les relevés acoustiques printaniers du capelan depuis 1999.

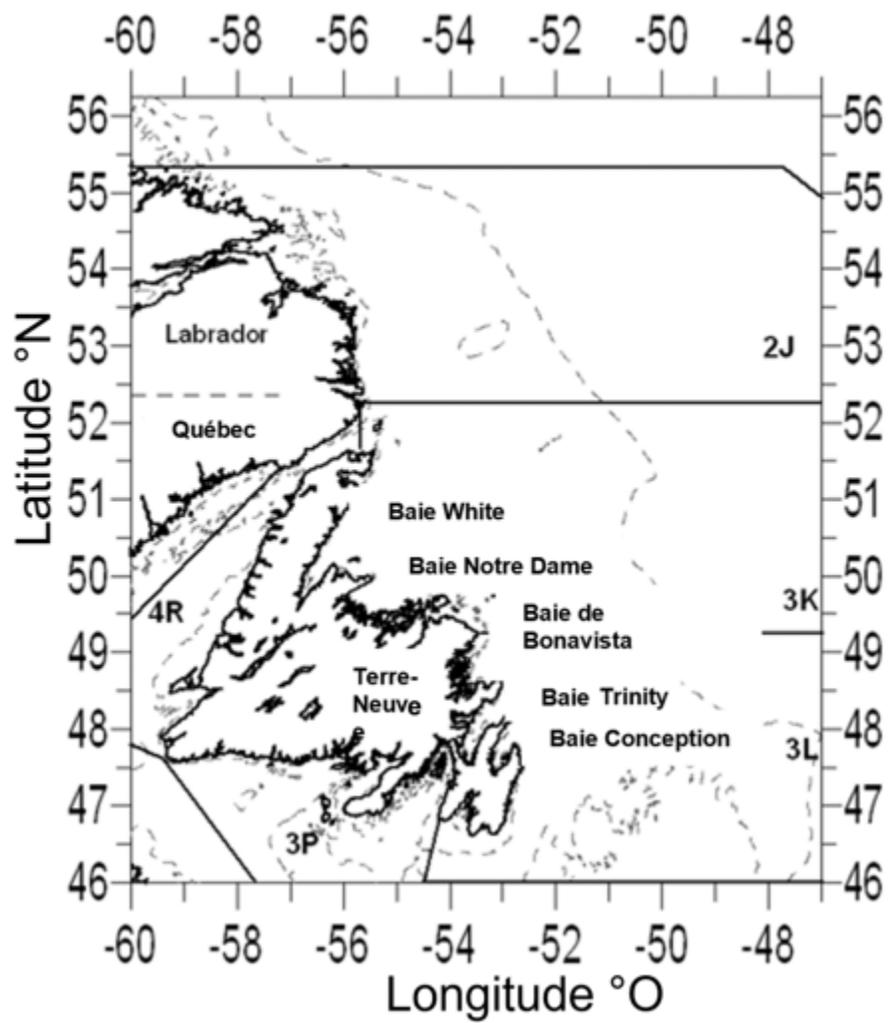


Figure 14 : Carte des divisions 2J3KLPs de l'OPANO.

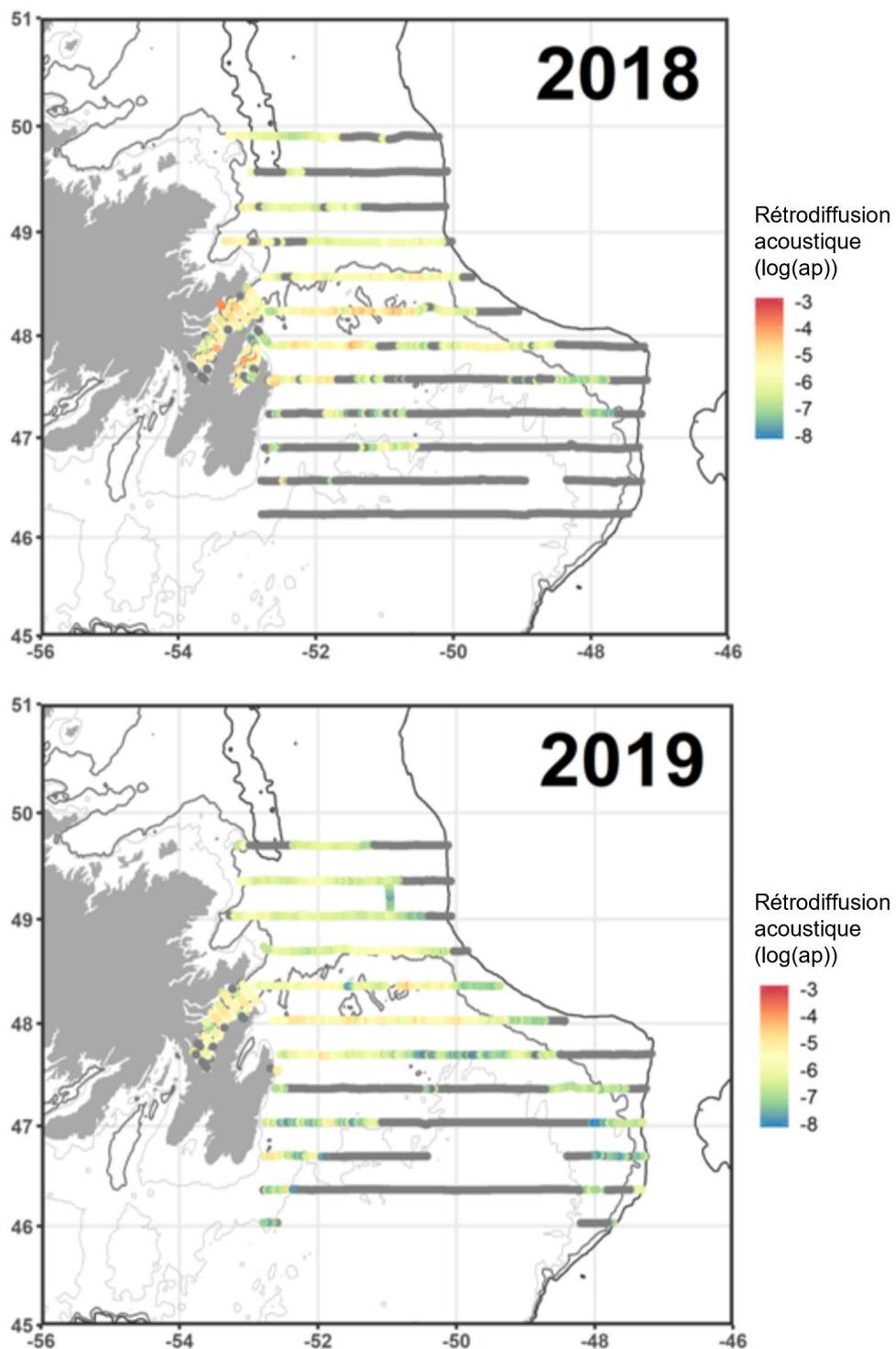


Figure 15 : Répartition et intensité de la rétrodiffusion du capelan lors des relevés acoustiques printaniers de 2018 et 2019 (le bleu correspond à une faible intensité et le rouge à une forte intensité).

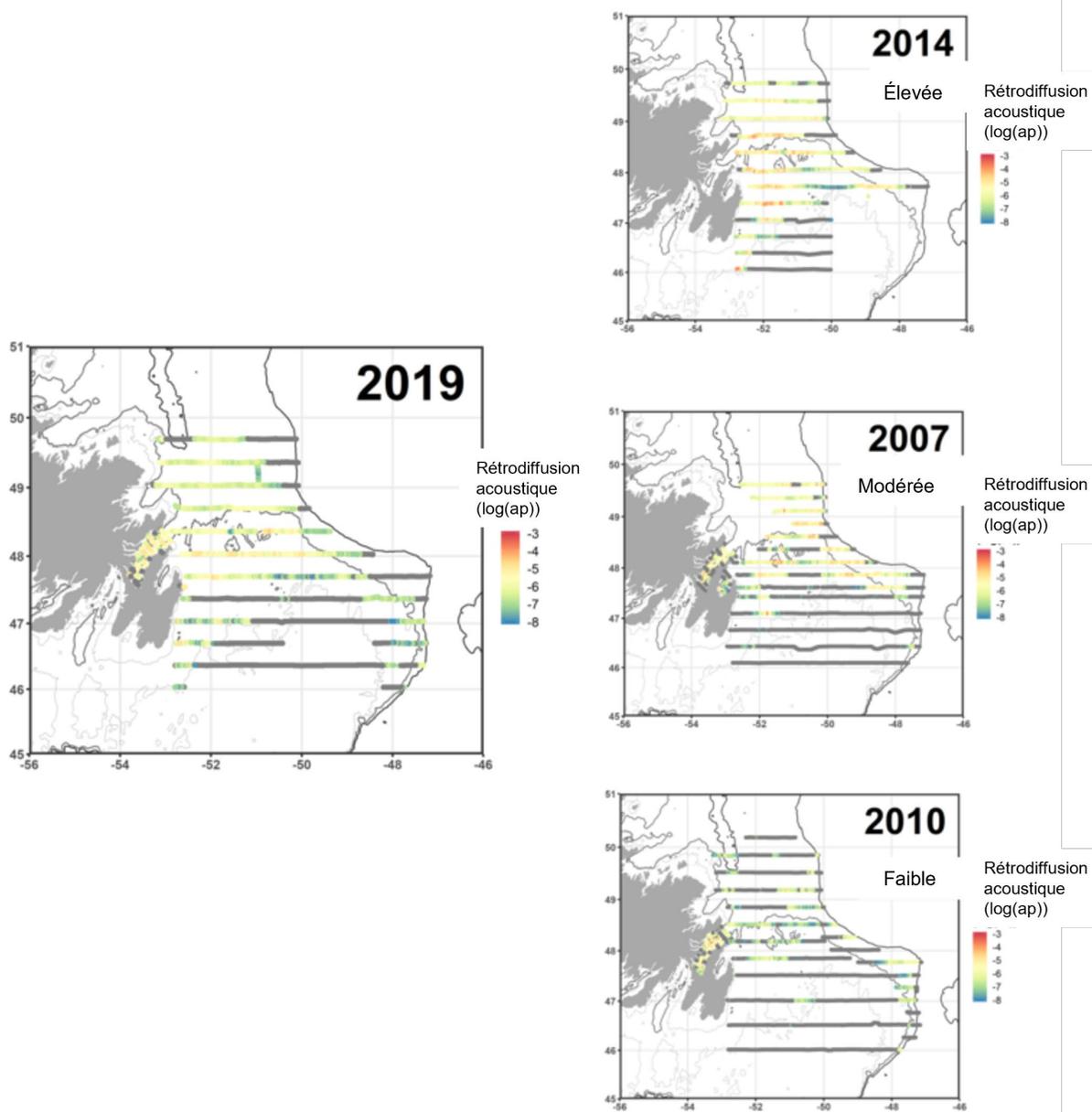


Figure 16 : Répartition et intensité de la rétrodiffusion du capelan lors des relevés acoustiques printaniers de 2019 par rapport aux années de faible (2010), moyenne (2007) et forte (2014) abondance.

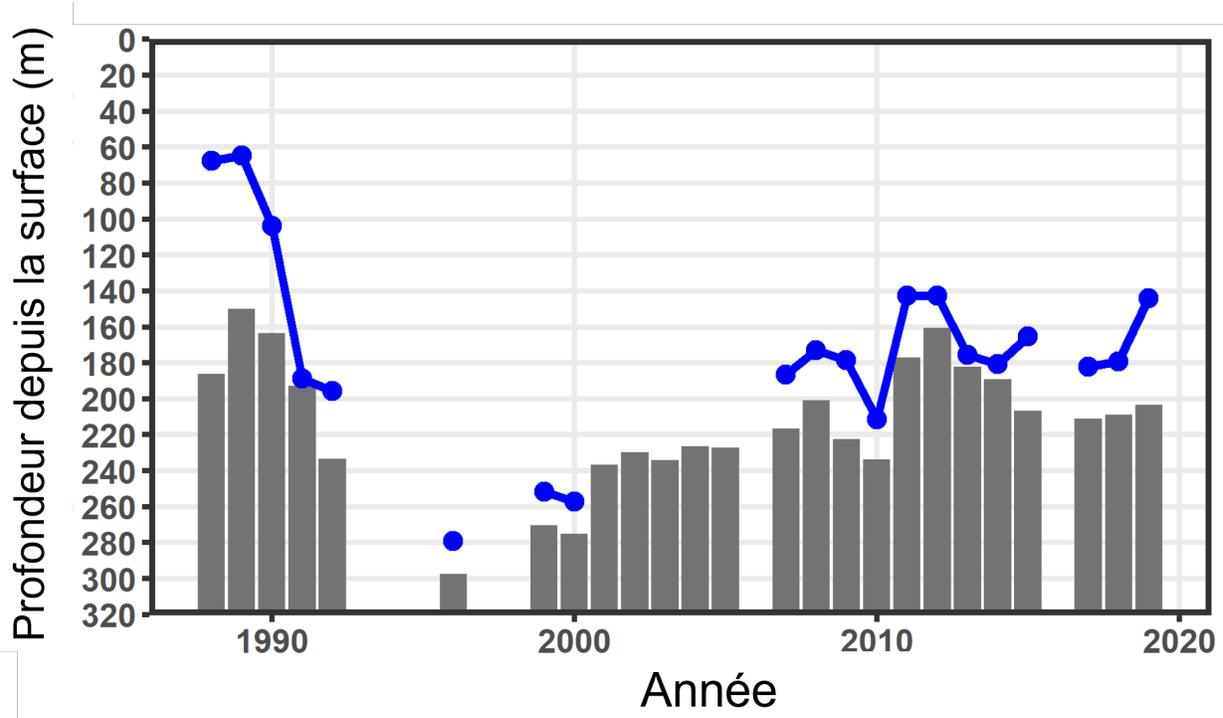


Figure 17 : Profondeur moyenne annuelle du fond (barres) des zones occupées par le capelan et profondeur moyenne de la rétrodiffusion du capelan pendant les relevés acoustiques printaniers de 1988 à 2019. Les deux valeurs sont pondérées par la rétrodiffusion totale du capelan dans la colonne d'eau dans chaque catégorie d'intégration.

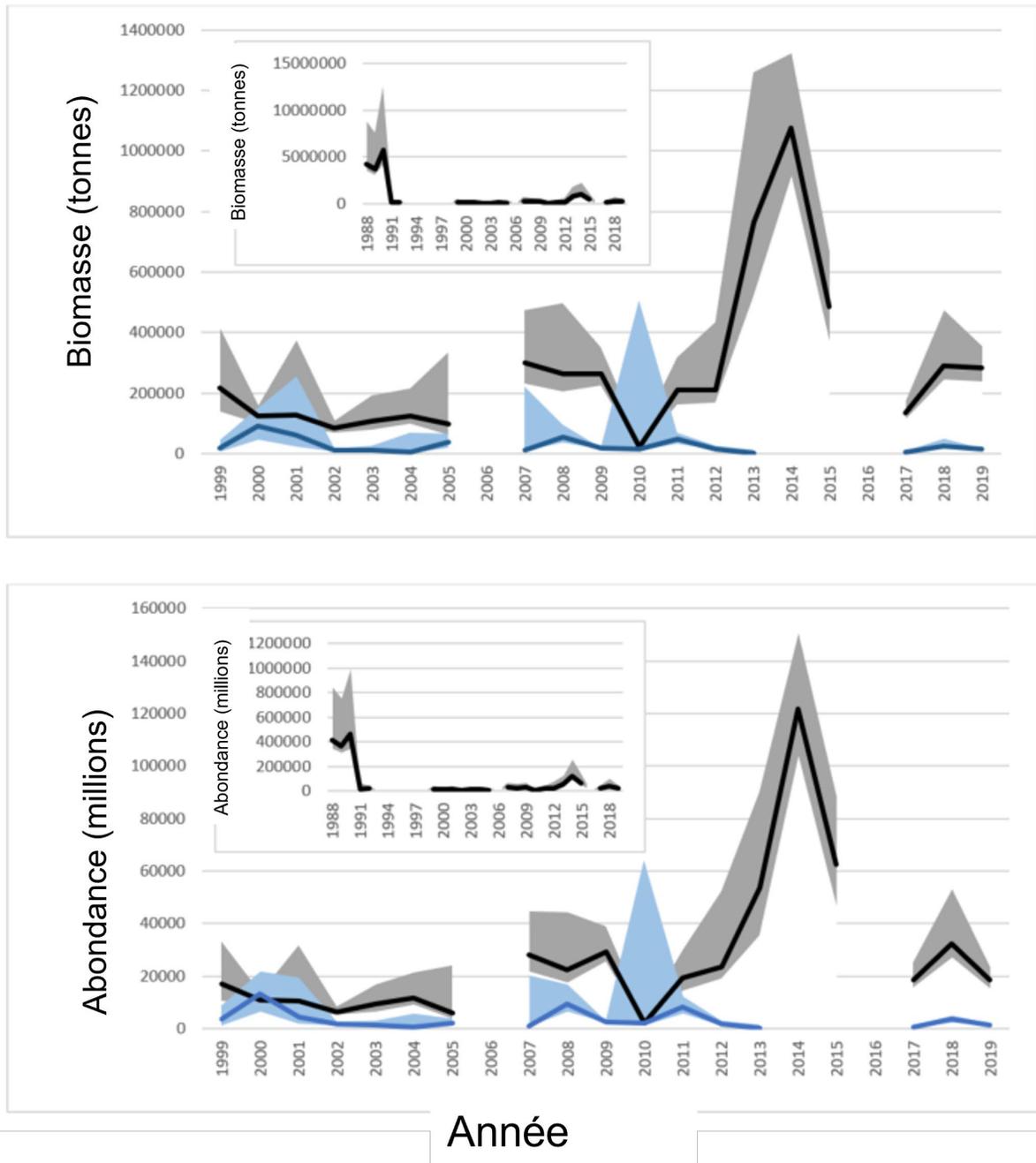


Figure 18 : Indice de la biomasse (en haut) et de l'abondance (en bas) estimées du capelan d'après le relevé acoustique de printemps dans la zone extracôtière. Les zones ombrées indiquent les limites de confiance supérieure et inférieure, les encadrés montrent la période après l'effondrement (après 1990). Les lignes grises et la zone ombrée proviennent de l'indice hauturier, les lignes bleues sont des estimations pour la baie de la Trinité.

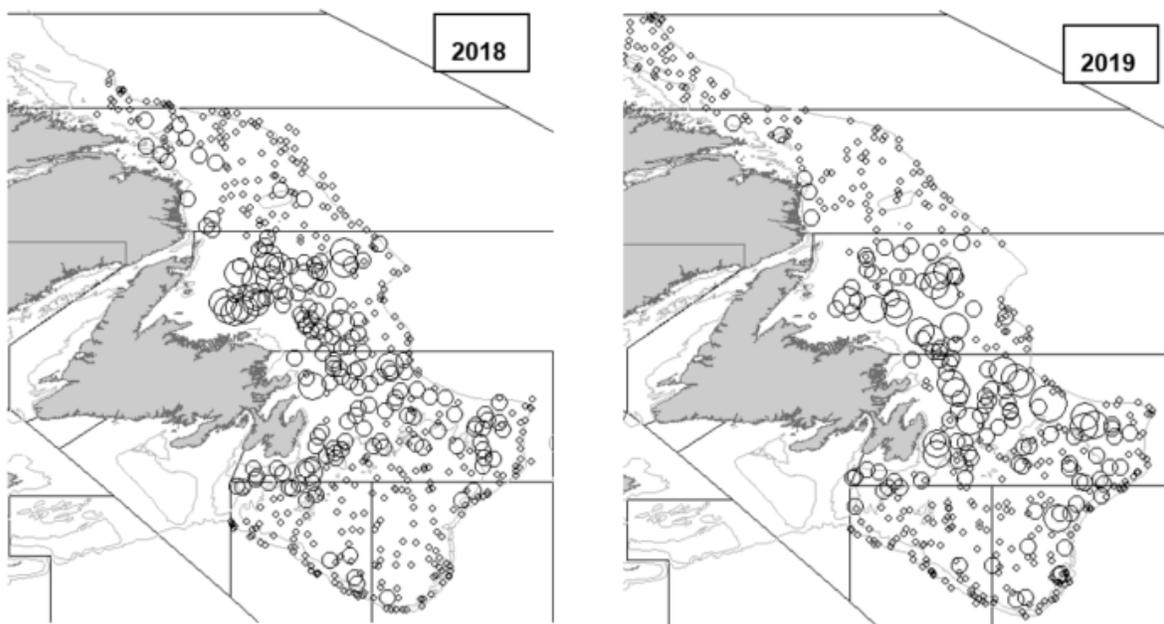


Figure 19 : Répartition des captures de capelan dans le relevé d'automne au chalut de fond de 2018 et 2019 (d'octobre à décembre). La taille des cercles est proportionnelle au poids des capelans capturés dans des traits de fond normalisés de 15 minutes. Cinq niveaux de poids de prise sont représentés : 0; 0,01 à 1; 1,01 à 10,00; 10,01 à 100,00; 100,01 à 1 000,00; 1 000,01 à 10 000.

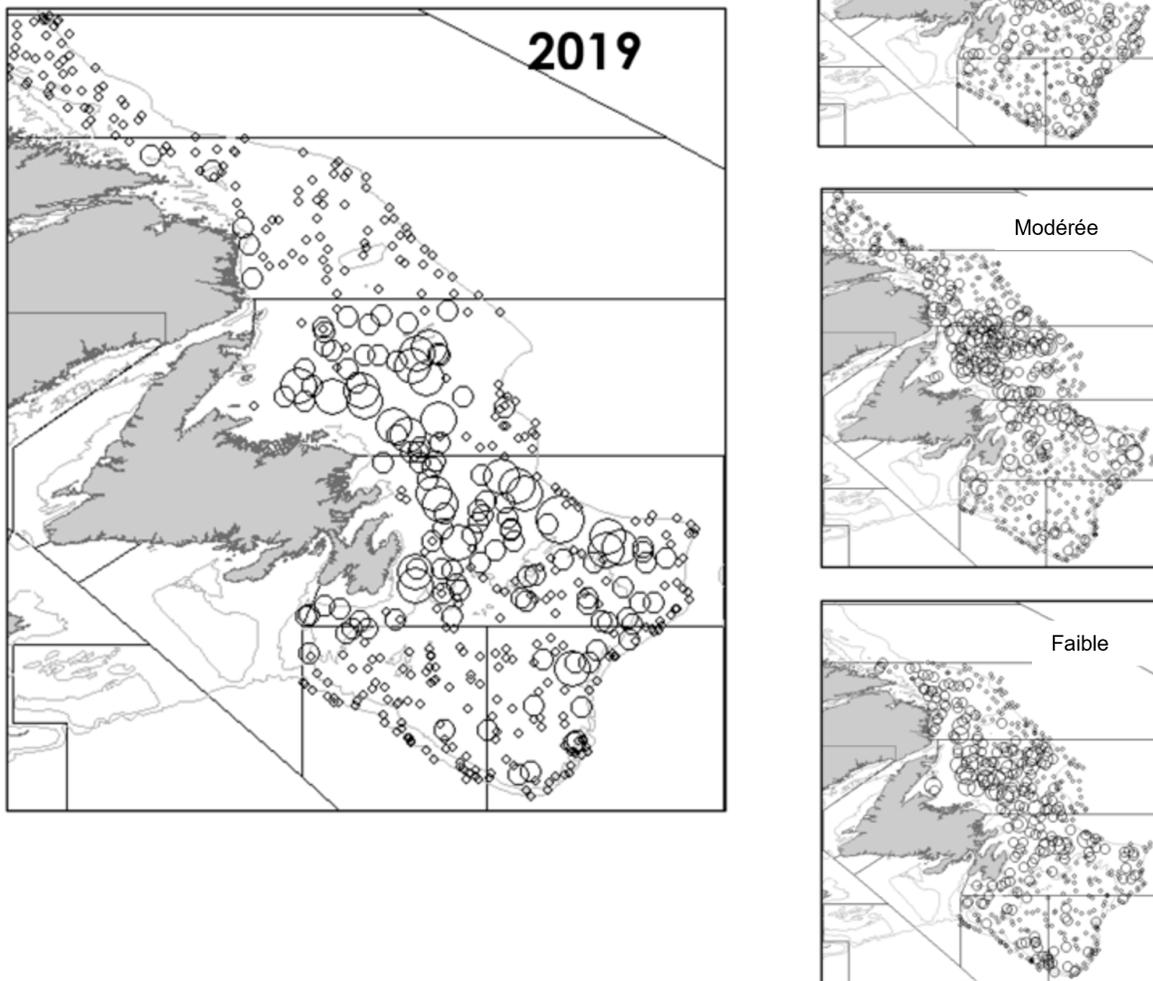


Figure 20 : Répartition des captures de capelan dans le relevé d'automne au chalut de fond de 2019 (d'octobre à décembre) par rapport à celles observées en périodes d'abondance élevée, modérée et faible. La taille des cercles est proportionnelle au poids des capelans capturés dans des traits de fond normalisés de 15 minutes. Cinq niveaux de poids de prise sont représentés : 0; 0,01 à 1; 1,01 à 10,00; 10,01 à 100,00; 100,01 à 1 000,00; 1 000,01 à 10 000.

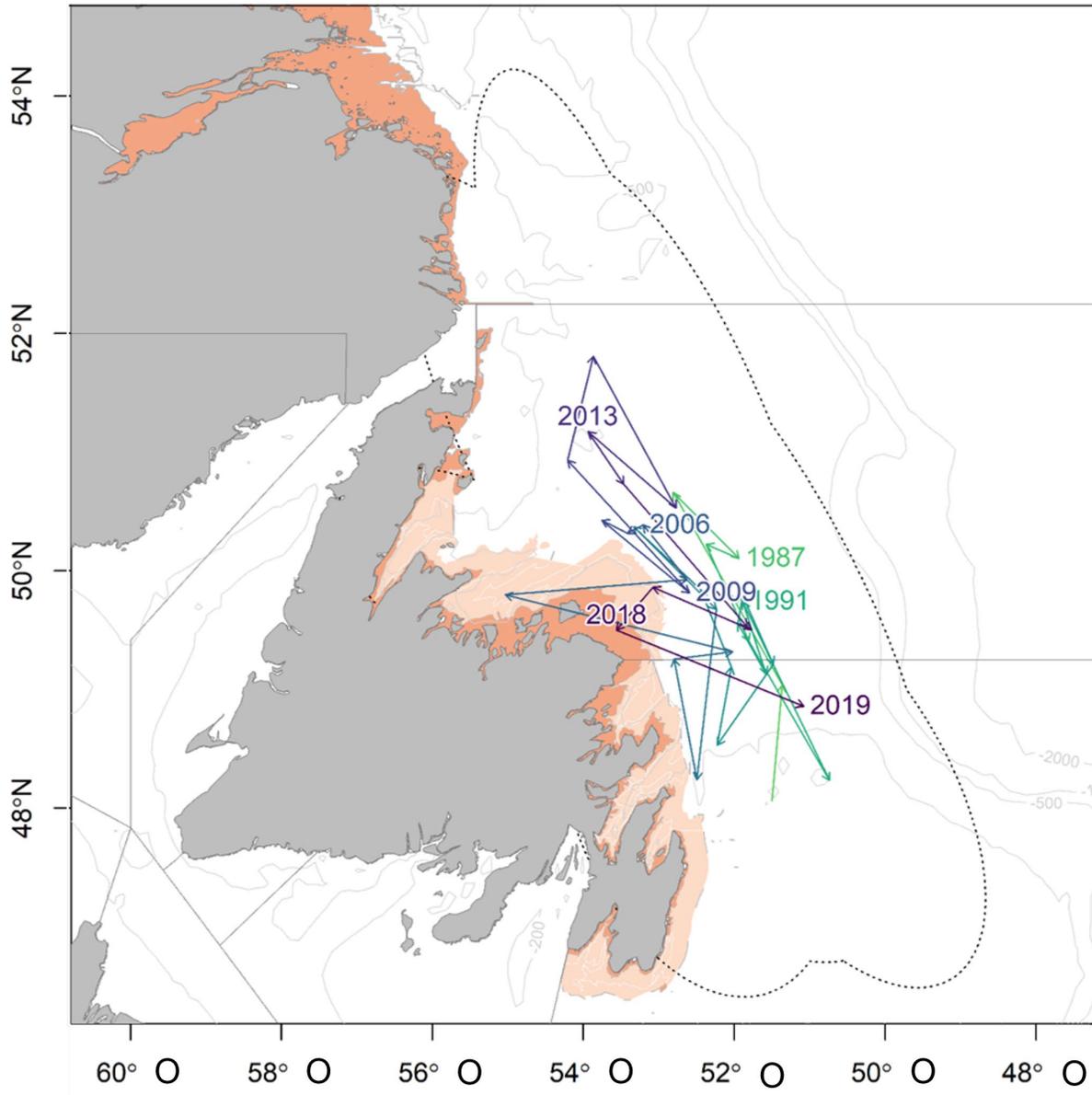


Figure 21 : Centre de gravité du capelan dans les relevés d'automne au chalut de fond dans les divisions 2J3KL de l'OPANO de 1983 à 2019 (mise à jour de Buren et al. 2019). Les estimations annuelles du centre de gravité sont reliées par les lignes dans le temps et les ellipses composites de l'écart qui entourent ces estimations (c.-à-d. l'inertie) sont indiquées par la ligne noire pointillée. Le centre de gravité et l'inertie ont été calculés à l'aide d'équations données dans Woillez et al. (2007). La zone en rouge représente les zones non couvertes par le relevé et la zone en rose pâle indique les strates côtières qui sont mal couvertes par le relevé d'automne au chalut de fond.

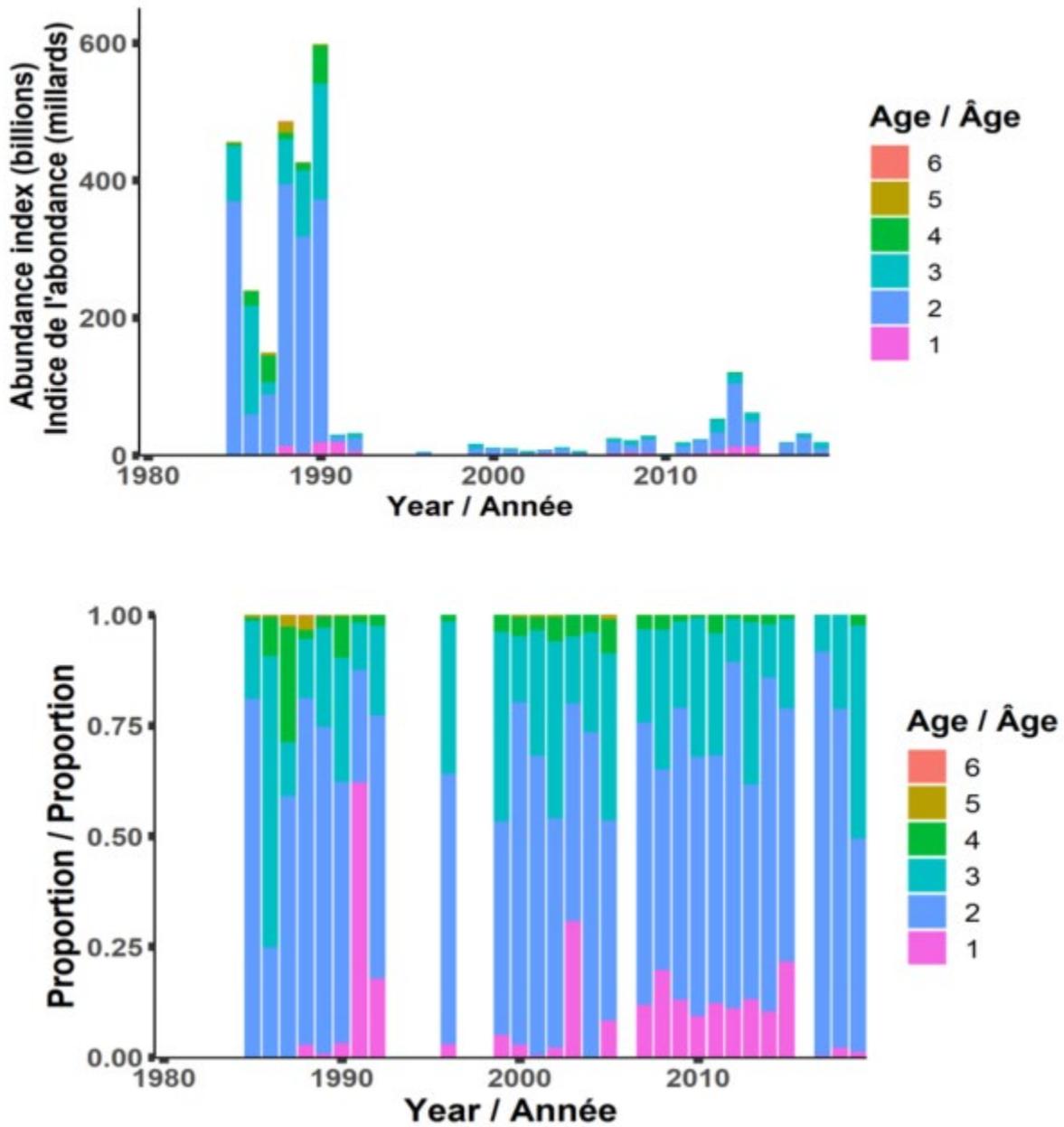


Figure 22 : Répartition selon l'âge des capelans échantillonnés pendant le relevé acoustique de printemps, en nombre (en haut) et en proportion (en bas), de 1985 à 2019.

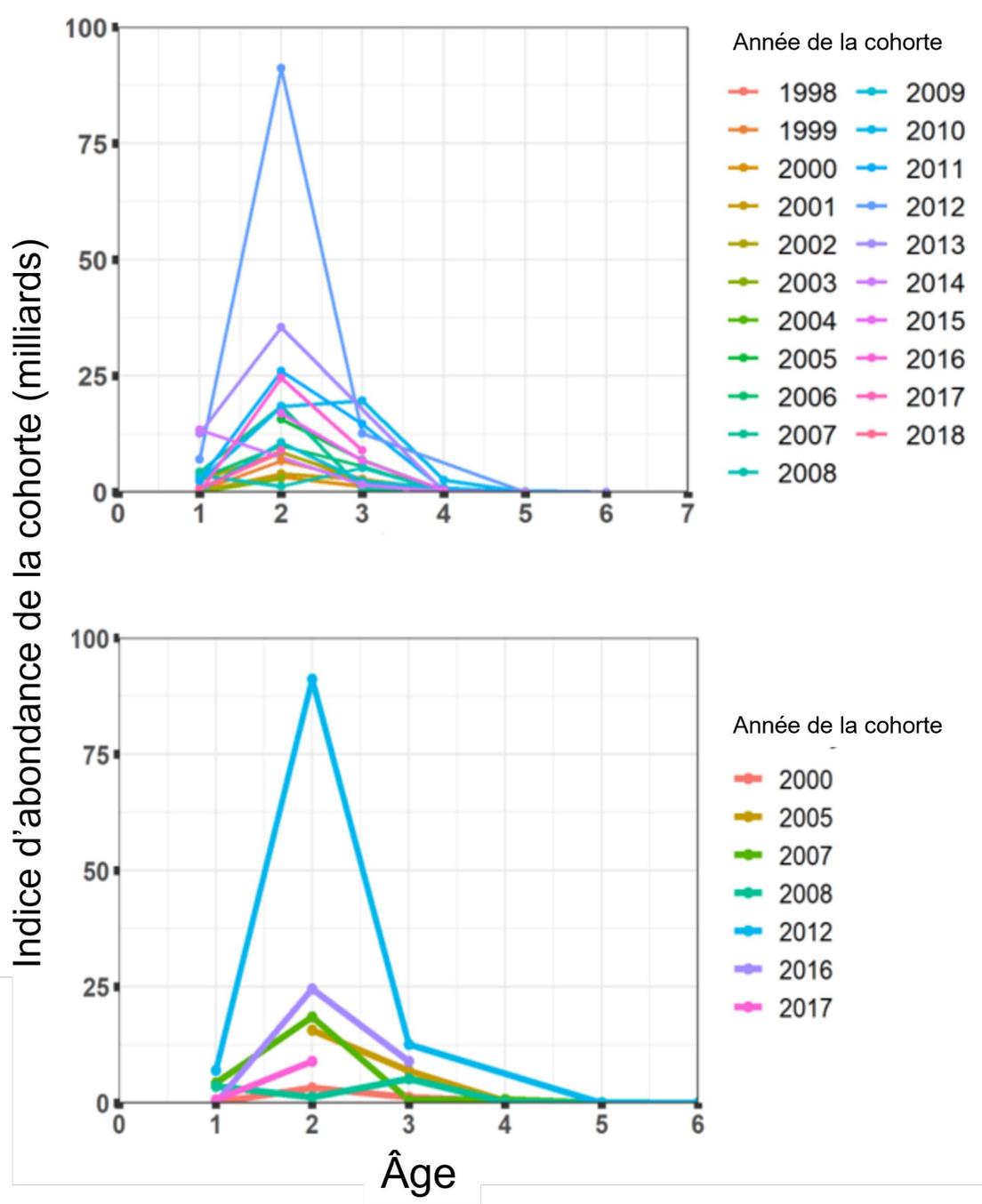


Figure 23 : Force de la cohorte (abondance) de capelan dans les relevés acoustiques de printemps effectués entre 1999 et 2019 (graphique supérieur). Le graphique inférieur présente la cohorte la plus récente (2017) et certaines autres qui s'écartent de la tendance habituelle.

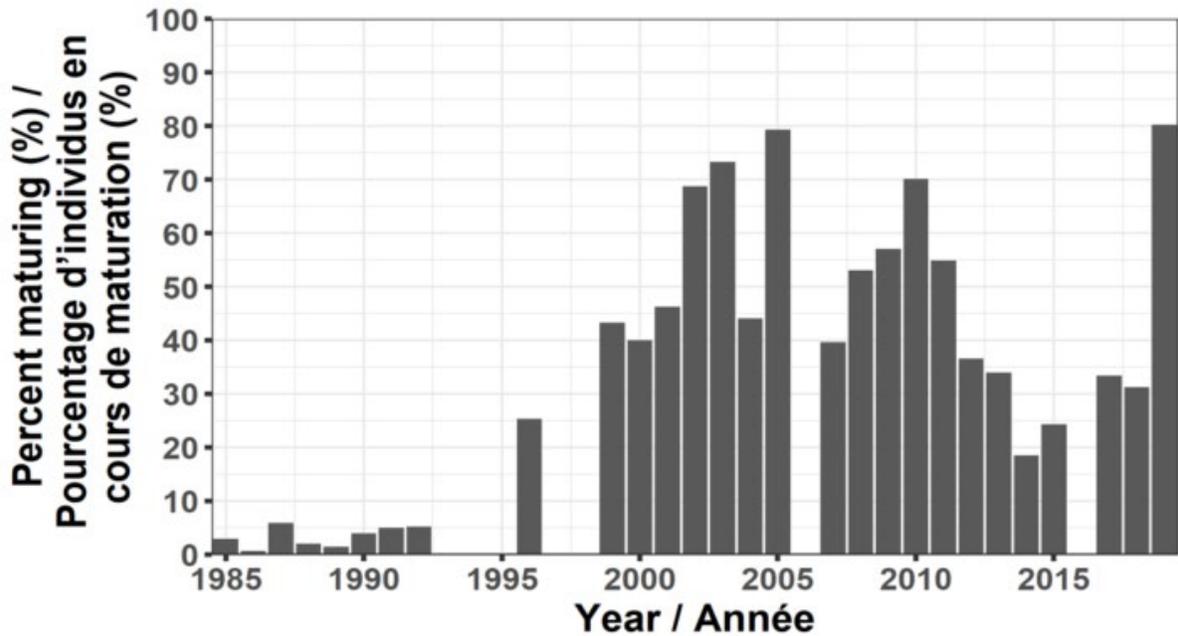


Figure 24 : Proportion de capelans d'âge 2 échantillonnés pendant le relevé acoustique de printemps qui arrivaient à maturité (de 1985 à 2019).

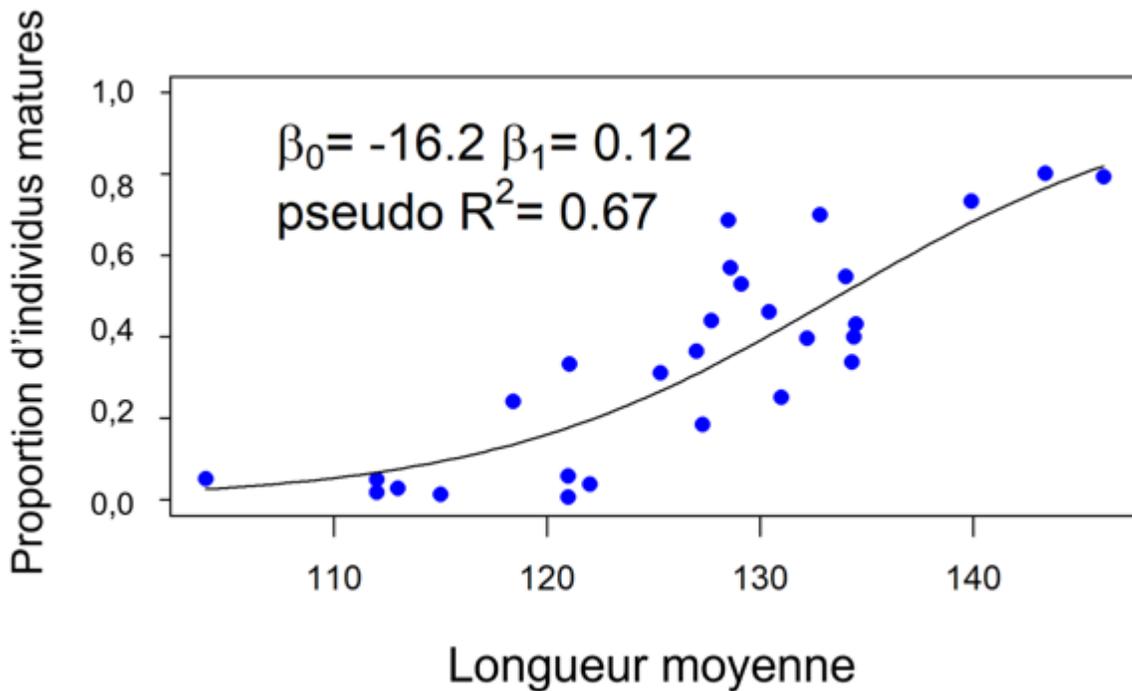


Figure 25 : Comparaison de la longueur moyenne des capelans d'âge 2 dans le relevé acoustique printanier et la proportion de capelans d'âge 2 qui étaient matures (de 1985 à 2019). La régression bêta ajustée entre la longueur moyenne et la proportion de poissons matures (ligne pleine) a une valeur pseudo  $R^2 = 0,67$ .

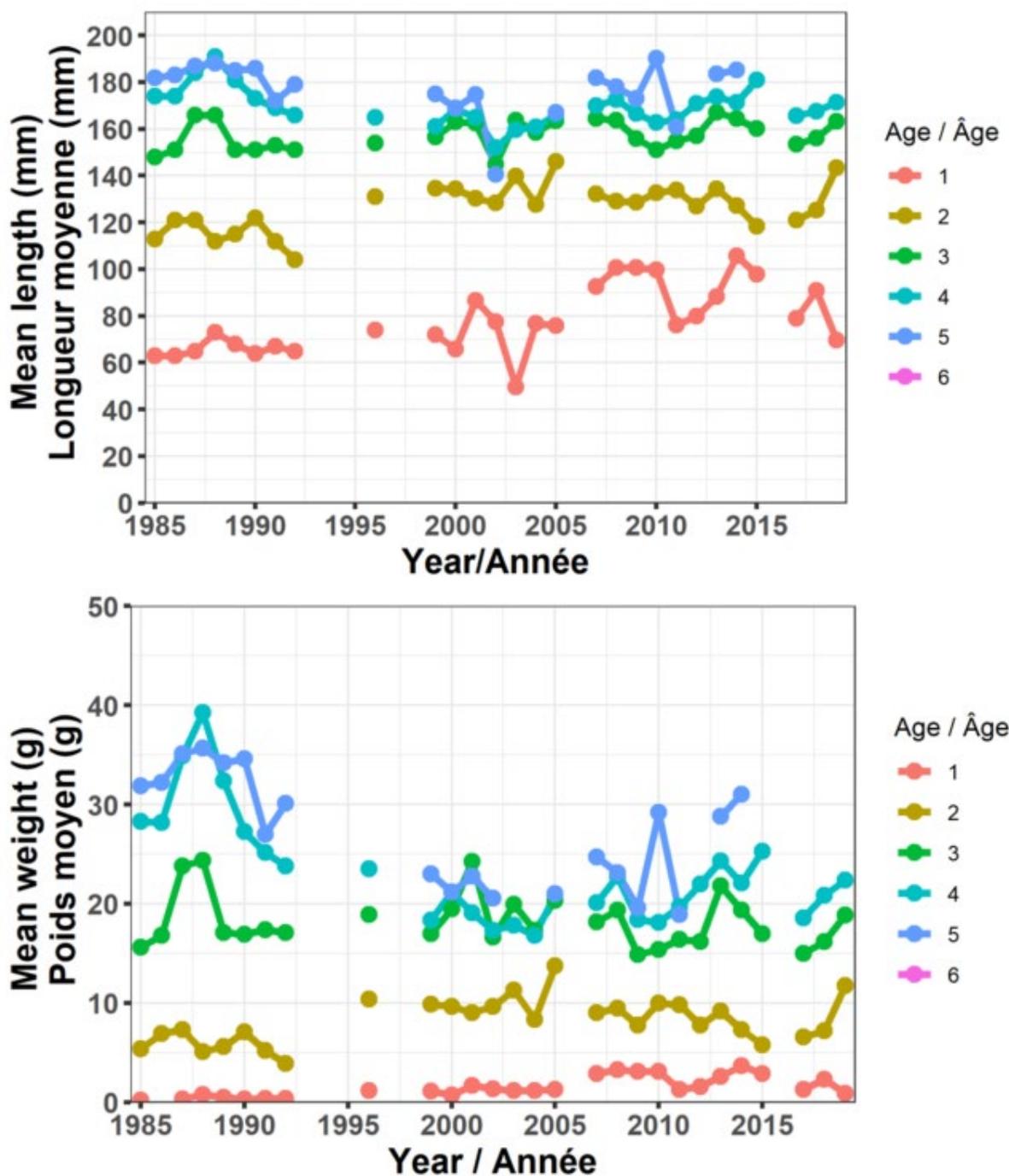


Figure 26 : Longueur moyenne (en haut) et poids moyen (en bas) des capelans échantillonnés pendant les relevés acoustiques printaniers (de 1985 à 2019).

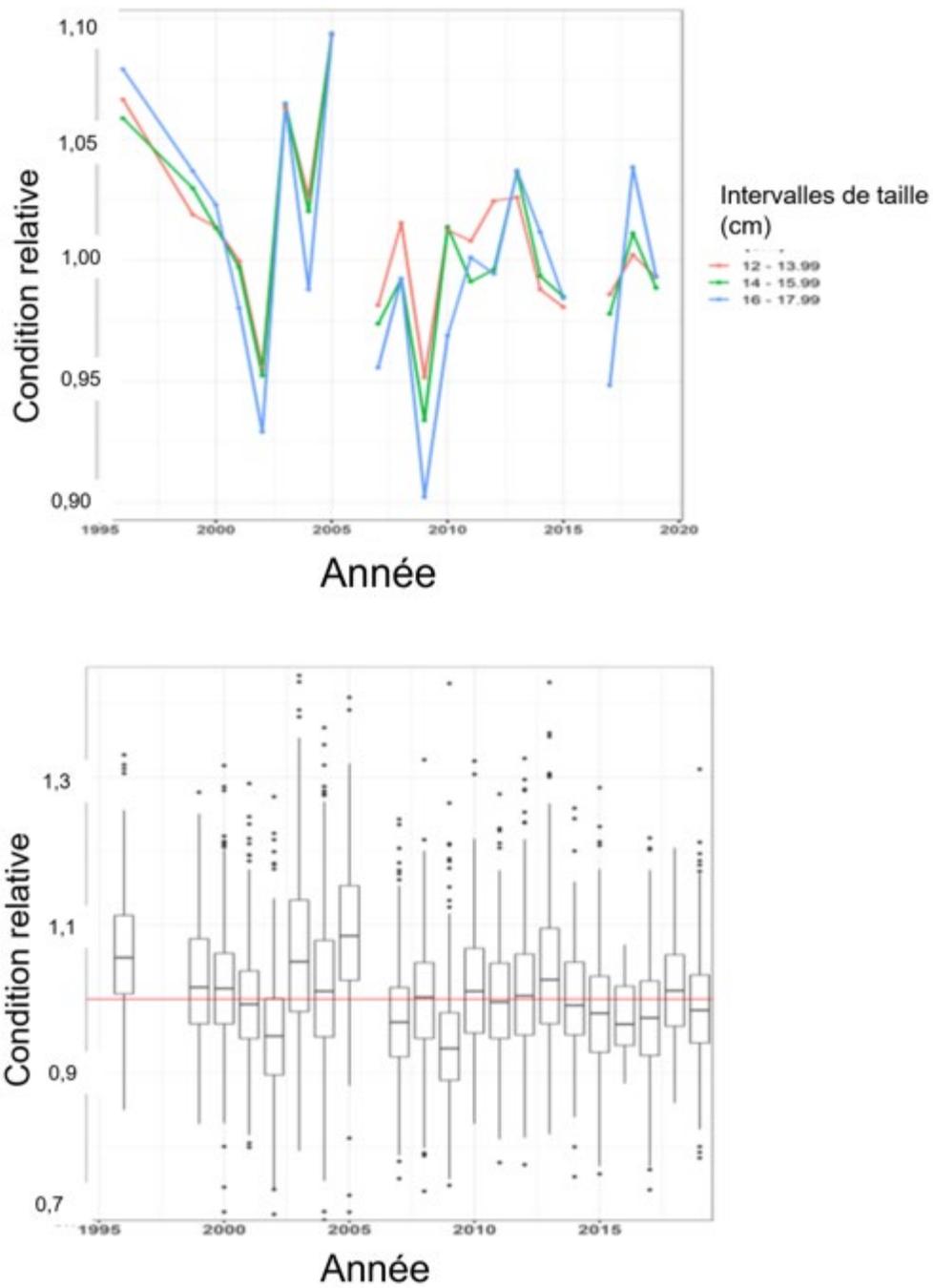


Figure 27 : Condition relative des capelans femelles matures échantillonnés pendant le relevé acoustique de printemps, par groupe de longueur (en haut) et regroupés par année d'échantillonnage (en bas).

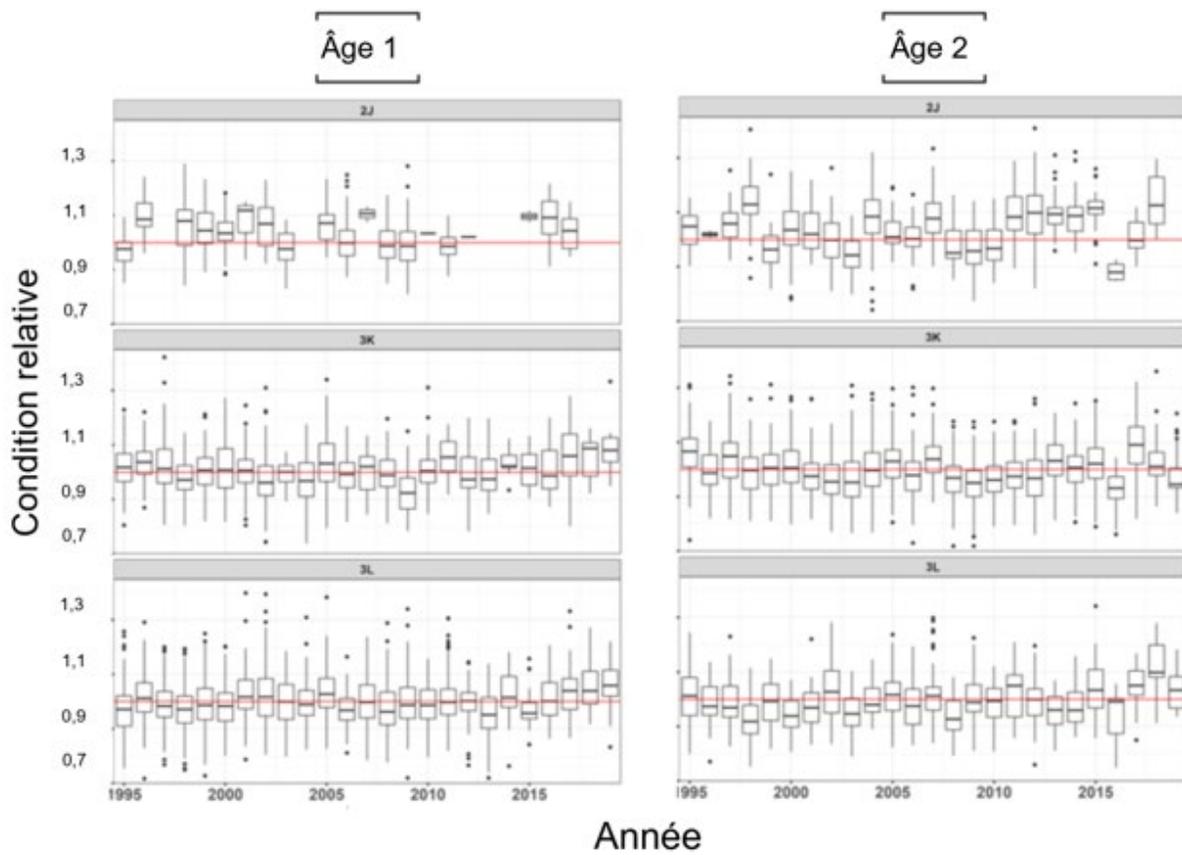


Figure 28 : Condition de Le Cren des capelans mâles d'âge 1 (à gauche) et d'âge 2 (à droite) dans le relevé plurispécifique d'automne (de 1995 à 2019).

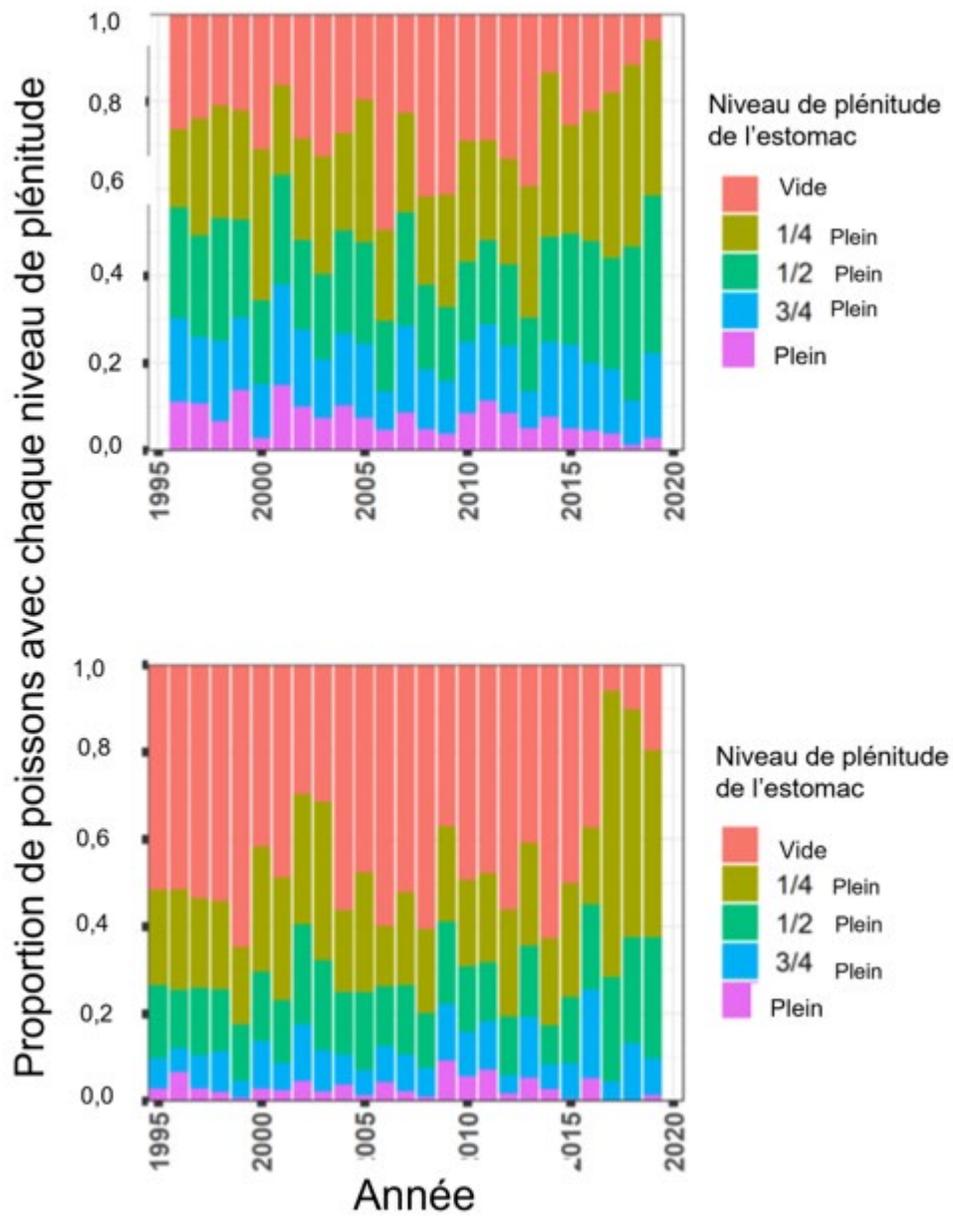


Figure 29 : Plénitude scalaire des estomacs observée chez les capelans échantillonnés pendant les relevés plurispécifiques de printemps (en haut) et d'automne (en bas). Les valeurs sont des quarts, où 0 = vide et 4 = plein.

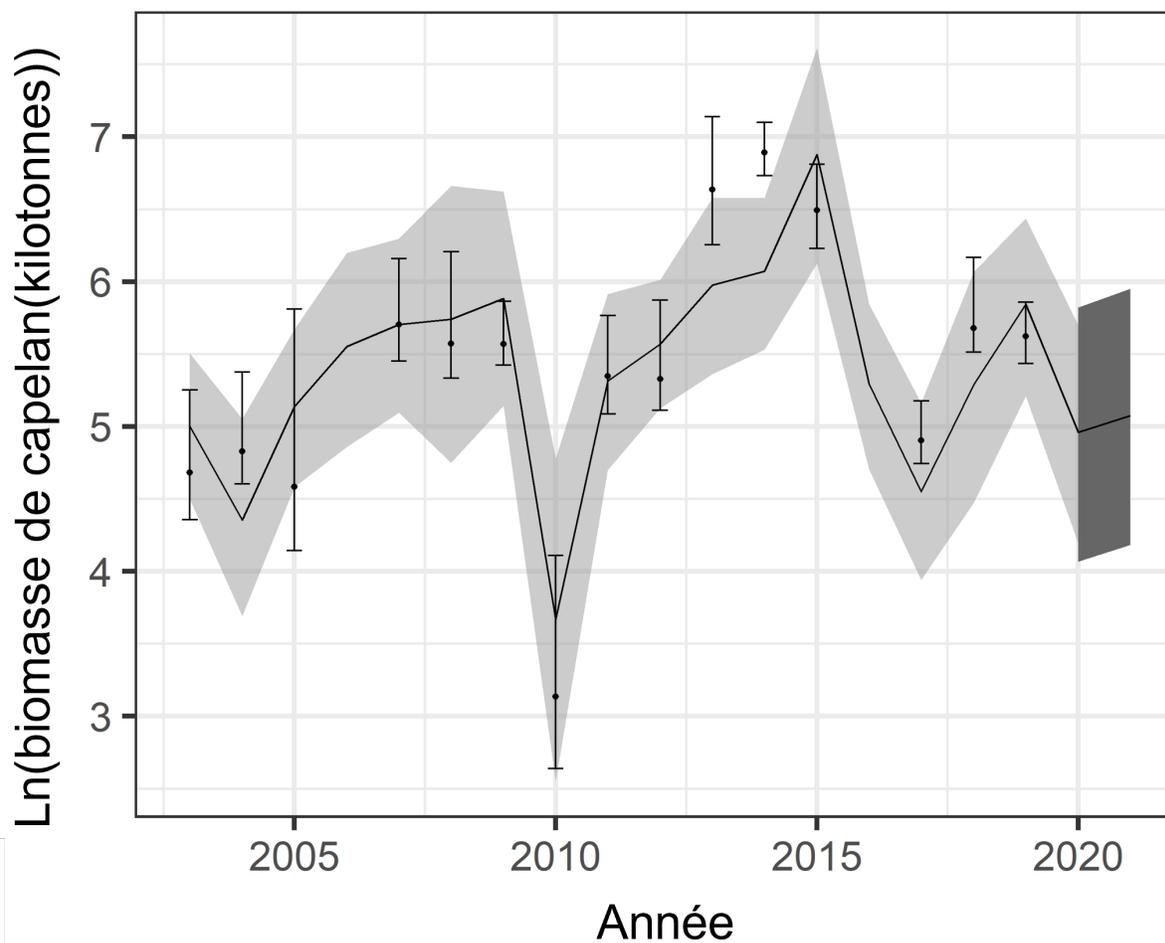


Figure 30 : Résultats du modèle de prévision du capelan, y compris les intervalles de crédibilité à 95 % (gris pâle) et de prévision à 80 % (gris foncé) pour les valeurs prévues de l'indice de la biomasse du capelan dans le relevé acoustique de printemps (ligne pleine). Les valeurs observées de l'indice de la biomasse (cercles) avec les intervalles de confiance à 95 % sont également représentées.