



Fisheries and Oceans
Canada

Pêches et Océans
Canada

Ecosystems and
Oceans Science

Sciences des écosystèmes
et des océans

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2026/007

Région du Québec

Le capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (OPANO 4RST) en 2022 et 2023

Mathieu Boudreau, Elisabeth Van Beveren, Mélanie Boudreau, Laurence Lévesque, and
Stéphane Plourde

Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada
850, route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

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 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

[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, 2026

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

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-97606-8 N° cat. Fs70-5/2026-007F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Boudreau, M., Van Beveren, E., Boudreau, M., Lévesque, L. et Plourde, S. 2026. Le capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (OPANO 4RST) en 2022 et 2023. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2026/007. v + 78 p.

Also available in English :

Boudreau, M., Van Beveren, E., Boudreau, M., Lévesque, L., and Plourde, S. 2026. Capelin in the Estuary and Gulf of St. Lawrence (NAFO Divisions 4RST) in 2022 and 2023. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2026/007. v + 73 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	V
1. INTRODUCTION	1
1.1. STRUCTURE DU STOCK	1
1.2. ÉCOLOGIE	2
1.3. CYCLE DE REPRODUCTION	2
1.3.1. Émergence, répartition et abondance des larves.....	3
1.4. PÊCHE COMMERCIALE	3
2. MÉTHODES.....	4
2.1. PÊCHE COMMERCIALE	4
2.1.1. Débarquements.....	4
2.2. ÉCHANTILLONS DE LA PÊCHE COMMERCIALE	4
2.2.1. Distribution des longueurs.....	4
2.2.2. Indice de condition relative, ratio des sexes et indice gonado-somatique	5
2.3. BIOMASSE MATURE CHALUTABLE.....	5
2.3.1. Relevé au chalut	5
2.3.2. Indices du relevé au chalut	6
2.3.3. Échelle de la biomasse mature du stock.....	7
2.4. INDICE DE RECRUTEMENT	8
2.5. MORTALITÉ NATURELLE	8
2.6. ÉCHELLE DE LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE.....	9
2.7. ÉVALUATION DES POINTS DE RÉFÉRENCE LIMITES (PRL)	10
2.7.1. Évaluation	11
2.7.2. B_{min}	11
2.7.3. $B_{40\%}$ d'approximation-RMD	11
2.7.4. B_{opt}	12
3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	12
3.1. DÉBARQUEMENTS	12
3.2. ÉCHANTILLONS DE LA PÊCHE COMMERCIALE	13
3.2.1. Distribution des longueurs.....	13
3.2.2. Condition, ratios des sexes et IGS.....	14
3.3. INDICATEURS DE L'ÉTAT DU STOCK	15
3.3.1. Biomasse mature	15
3.3.2. Recrutement.....	15
3.3.3. Échelle de l'état du stock	16
3.4. MORTALITÉ NATURELLE	16
3.5. ÉCHELLE DE LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE.....	16
3.6. ÉVALUATIONS DES POINTS DE RÉFÉRENCE LIMITES ET DES INDICATEURS.....	16
3.6.1. B_{min} -rétablissement	17

3.6.2. $B_{\min}$ -bon recrutement.....	17
3.6.3. $B_{\text{RMD-Élevé}}$	17
3.6.4. $B_{\text{RMD-Productif}}$	17
3.6.5. B_{opt}	18
3.6.6. Sélection d'indicateurs de l'état du stock et d'un PRL	18
4. SOURCES D'INCERTITUDES ET RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE.....	19
5. CONCLUSION	19
6. REMERCIEMENTS	20
7. RÉFÉRENCES CITÉES	22
TABLEAUX	28
FIGURES	37

RÉSUMÉ

Les saisons de pêche du capelin 4RST de 2022 et 2023 ont connu des réductions significatives des débarquements par rapport aux quatre années précédentes, avec moins de la moitié du total autorisé des captures débarquées ; principalement par la flotte de senne Tuck au large de la côte ouest de Terre-Neuve. La pêche a également été retardée par rapport aux tendances historiques. Les données biologiques commerciales, y compris les compositions en longueur, les longueurs moyennes, les conditions relatives, les ratios des sexes et les indices gonado-somatiques moyens, sont restées cohérentes avec la dernière décennie, ne montrant aucune tendance temporelle apparente qui pourrait indiquer des changements induits par la pêche ou des changements environnementaux. En plus des données de la pêche commerciale, l'évaluation du stock repose sur des indices d'abondance relative dérivés des relevés au chalut de fond dans le sud et nord du golfe du Saint-Laurent (sGSL et nGSL). Bien que les estimations de biomasse de capture mature provenant de ces relevés aient présenté une variabilité interannuelle significative et de larges intervalles de confiance, les tendances globales ont révélé un déclin de l'indice nGSL depuis 2017, contrasté par une augmentation marquée de l'indice sGSL en 2023. L'indice de mortalité par la pêche, dérivé des débarquements par rapport à la biomasse mature, était très variable et particulièrement bas en 2022 et 2023. Malgré les incertitudes dans les données des séries chronologiques, les évidences suggèrent que les débarquements sont considérablement inférieurs aux taux de consommation de capelin mature par les prédateurs, indiquant que la mortalité par la pêche est inférieure comparativement à la mortalité naturelle. L'état actuel du stock de capelin 4RST reste incertain en raison de l'absence d'un point de référence limite, mais la variabilité de la biomasse mature et le une faible mortalité par pêche suggère que les niveaux de prélèvements récents sont peu susceptibles de mettre en péril le stock dans un avenir proche.

1. INTRODUCTION

Ce document de recherche décrit la pêche au capelan (*Mallotus spp.*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (EGSL; divisions 4RST de l'OPANO¹; figure 1), ainsi que les données biologiques dépendantes et indépendantes de la pêche et l'information utilisées pour évaluer l'état du stock de capelan 4RST en 2022 et 2023. Ces résultats ont été présentés pour examen par les pairs lors d'un processus du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) de Pêches et Océans Canada (MPO) qui a eu lieu les 27 et 28 février 2024, afin de fournir des recommandations pour les saisons de pêche au capelan 2024-2025 (MPO 2024). Les évaluations du stock de capelan dans l'EGSL sont normalement réalisées tous les deux ans par le MPO à l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) à Mont-Joli, au Québec. La dernière évaluation du stock a eu lieu à l'hiver 2022 et a fourni un avis pour la saison de pêche 2022 (MPO 2022a). Une Réponse des Sciences a été produite en 2023 pour orienter les décisions de gestion concernant la saison de pêche 2023 (MPO 2023a). La principale conclusion de ces évaluations était que les taux plausibles d'exploitation par la pêche étaient inférieurs d'au moins un ordre de grandeur à la mortalité naturelle calculée à partir des caractéristiques du cycle biologique. Par conséquent, la mortalité actuelle attribuable à la pêche du capelan 4RST était peu susceptible de nuire à la population. Le total autorisé des captures (TAC) est demeuré à 10 225 t pour la saison de pêche 2023, comme c'était le cas en 2022. Il n'existe actuellement aucun modèle d'évaluation de stock utilisé pour évaluer le capelan, ni de points de référence établis selon la politique d'approche de précaution (MPO 2009) ou la *Loi sur les pêches* récemment modifiée (projet de loi C-68). Il a été proposé d'inclure le capelan 4RST dans le lot 4 des dispositions relatives aux stocks de poissons, ce qui signifie que l'élaboration d'un Point de Référence Limite (PRL) devrait être complétée d'ici mars 2029. Pour satisfaire à ces exigences, des PRL candidats et des indicateurs de l'état du stock, comme la biomasse mature et le recrutement, ont été étudiés afin d'évaluer la fiabilité, la plausibilité et les incertitudes de ceux-ci.

1.1. STRUCTURE DU STOCK

Le capelan, qui a une répartition circumpolaire, se trouve surtout dans les eaux côtières et du plateau continental, les principales populations se trouvant dans l'Atlantique Nord-Ouest, le Nord du Pacifique, les eaux entourant l'Islande et la mer de Barents. Auparavant considéré comme une seule espèce (*Mallotus villosus*), des preuves morphologiques, génétiques et génomiques ont prouvé l'existence de plusieurs espèces parapatriques de capelan (Dodson *et al.* 2007, Kenchington *et al.* 2015, Mecklenburg et Steinke 2015, Mecklenburg *et al.* 2018, Cayuela *et al.* 2020). Trois clades distincts de capelan de l'Atlantique sont présents actuellement dans l'Arctique et l'Atlantique : le clade du Nord-Est/centre de l'Atlantique, le clade de l'Arctique et le clade du Nord-Ouest de l'Atlantique. Trois haplotypes distincts ont été identifiés dans le clade du Nord-Ouest de l'Atlantique, mais ils sont tous présents sur les plateaux de Terre-Neuve et du Labrador, dans le golfe du Saint-Laurent et dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent (Cayuela *et al.* 2020). Des tentatives antérieures d'examiner la structure du stock de capelan dans l'Atlantique Nord-Ouest incluant le GSL ont plusieurs cas de variation phénotypique entre les sites de frai pour des traits tels que le régime alimentaire, la couleur, la morphologie, le nombre de vertèbres et d'autres traits d'histoire de vie. (Templeman 1948, O'Boyle et Lett 1977, Sharp *et al.* 1978, Carscadden 1979, Carscadden et

¹ Organisation des pêches de l'Atlantique du Nord-Ouest

Misra 1979, Lambert et Bernier 1989, Dodson *et al.* 2007, Praebel *et al.* 2008, Kenchington *et al.* 2015).

1.2. ÉCOLOGIE

Le capelan est un petit poisson-fourrage pélagique qui vit en bancs et fait partie de la famille des osmeridés. Il peut vivre jusqu'à six ans et atteint la maturité sexuelle à deux ou trois ans. Les sexes sont indissociables jusqu'après leur deuxième hiver, moment où le dimorphisme sexuel commence à apparaître. Les mâles deviennent plus gros que les femelles et atteignent la maturité sexuelle à une plus grande taille que celles-ci. Ils développent également des caractéristiques sexuelles secondaires, comme des nageoires pectorales plus grosses et deux paires de carènes de fraie (crêtes, dorsolatérales et à la base de la nageoire anale) qu'ils utilisent pendant la reproduction (Templeman 1948).

Le capelan est une espèce vivant en eau froide qui préfère généralement des températures entre -1 et 4 °C, mais il peut être observé à des températures allant de -2 à 14 °C (Carcadden 1979, Mowbray 2002, Simard *et al.* 2002, Rose 2005, Ingvaldsen et Gjøsæter 2013). Le capelan se nourrit presque exclusivement de zooplancton, dont la composition peut varier selon les saisons, l'emplacement et la taille des capelans. Les larves de capelan (< 71 mm) consomment principalement de petits copépodes calanoïdes aux stades précoces (90 à 130 µm), tandis que les juvéniles et les adultes (> 75 mm) se nourrissent de proies plus grandes, généralement dominées par des euphausiacés et des copépodes du genre *Calanus* aux stades avancés (Vesin 1981, Dalpadado et Mowbray 2013). Leurs migrations nycthémérales verticales coïncident avec celles de leurs proies et la période d'alimentation a lieu principalement pendant le jour (Templeman 1948, Vesin 1981, Courtois et Dodson 1986, Dalpadado et Mowbray 2013, Aarflot *et al.* 2020). Toutefois, ces tendances peuvent varier selon la saison et être influencées par des changements dans l'environnement physique ou la présence de prédateurs (Bailey *et al.* 1977, Rose 1988, Mowbray 2002).

Le capelan est largement présent dans le golfe du Saint-Laurent (Carcadden 1979, McQuinn *et al.* 2012) et peuvent être une proie importante de poissons marins comme le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) et la morue franche (*Gadus morua*; Ouellette-Plante *et al.* 2020), des mammifères marins et des oiseaux marins (Buren *et al.* 2012). La prédation était la principale source de mortalité du capelan dans le golfe du Saint-Laurent entre le milieu des années 1980 et le milieu des années 1990 et variait selon l'abondance des prédateurs (Savenkoff *et al.* 2004). Les indices d'abondance relative utilisés dans cette évaluation se sont avérés associés à plusieurs variables environnementales et biologiques connues pour influencer la survie et la force des cohortes de capelan (Lehoux *et al.* 2022). La variation des indices d'abondance était associée à la variation de l'état corporel, des températures à la surface de l'eau dans le golfe du Saint-Laurent, ainsi qu'à l'abondance et la phénologie de l'une des proies principales du capelan (les copépodes calanoïdes). Les résultats de cette étude renforcent l'hypothèse selon laquelle l'abondance du capelan est régulée par des processus ascendants durant les premières années de sa vie (Lewis *et al.* 2019).

1.3. CYCLE DE REPRODUCTION

Les capelans sont des reproducteurs ovipares, leur fécondité est déterminée et ils ne fraient qu'une fois par année. Au printemps et en été, des bancs de capelans matures dissociés selon le sexe migrent le long des côtes pour frayer sur des plages ou des sites démersaux dont le substrat est propice (sable et gravier fin) et où la température se situe entre 2 et 12 °C (Templeman 1948, Parent et Brunel 1976, de Lafontaine *et al.* 1991, Davoren et Montevecchi 2006, Purchase 2018). Le moment et l'emplacement de ces migrations varient grandement à l'intérieur des régions et entre elles (Penton *et al.* 2012). Comme les

reproducteurs de plage, les reproducteurs démersaux ont tendance à frayer sur des sites composés de substrat de sable ou de gravier fin, mais sont exposés à des températures généralement plus basses et plus constantes et à des salinités plus élevées que sur les plages. La mortalité post-frai est significative et semble plus élevée chez les mâles que chez les femelles, tant chez les reproducteurs de plage que les reproducteurs démersaux. Ces dernières présentent une proportion plus élevée d'individus sémelpares, tandis qu'une proportion plus élevée d'individus itéropares est observée chez les reproducteurs de plage (Christiansen *et al.* 2008).

La saison de fraie commence dans l'estuaire moyen à la fin du mois d'avril ou au début du mois de mai, progressant vers l'est et vers le nord en direction du détroit de Belle Isle en juillet et en août, à mesure que les températures augmentent dans l'ensemble du golfe du Saint-Laurent (figure 2). Le capelan fraie sur plusieurs sites le long de la Côte-Nord du Québec, dans le fjord du Saguenay, en Gaspésie, dans la baie des Chaleurs, sur les rives Nord et Sud de l'île d'Anticosti, dans la baie Saint-Georges en Nouvelle-Écosse et au large de la côte Ouest de Terre-Neuve (Templeman 1948, Parent et Brunel 1976, Carscadden 1979, Courtois *et al.* 1982, Nakashima *et al.* 1982, Ouellet 1987, Lambert et Bernier 1989, Sirois *et al.* 2009).

1.3.1. Émergence, répartition et abondance des larves

Le temps d'incubation des œufs varie selon la température et la salinité, mais dure habituellement de 15 à 20 jours à 10 °C (Frank et Leggett 1981, Penton *et al.* 2012). Les larves émergentes mesurent environ de trois à cinq millimètres (Bailey *et al.* 1977). Dans l'estuaire et le Nord-Ouest du golfe du Saint-Laurent, elles peuvent atteindre entre 43 et 56 mm dès leur premier hiver. Les larves se métamorphosent après leur premier hiver, atteignant environ 66 à 71 mm, et atteindront de 80 à 110 mm lors de leur deuxième hiver (Bailey *et al.* 1977, Jacquaz *et al.* 1977).

Les larves de capelan sont largement distribuées dans tout le golfe du Saint-Laurent (de Lafontaine *et al.* 1991). Lorsqu'elles remontent dans les eaux de surface (0 à 20 m) après leur émergence, les larves sont rapidement dispersées par les courants, les marées et les vents dominants (Jacquaz *et al.* 1977, Bailey *et al.* 1977, Fortier et Leggett 1983, 1985, Ouellet *et al.* 2013). Les larves sont présentes en densité élevée dans le fjord du Saguenay (Sirois *et al.* 2009), l'estuaire et le Nord-Ouest du golfe du Saint-Laurent (Jacquaz *et al.* 1977, Ouellet *et al.* 2013), près de l'embouchure de la baie des Chaleurs et de la vallée de Shediac (O'Boyle et Lett 1977, Grégoire et Girard 2014), tout le long de la Côte-Nord du Québec, dans la baie Saint-Georges, en Nouvelle-Écosse (Carscadden 1979, Lambert et Bernier 1989), ainsi que dans les grandes baies le long de la côte Ouest de Terre-Neuve (Carscadden 1979, Grégoire *et al.* 2013).

1.4. PÊCHE COMMERCIALE

La pêche commerciale au capelan dans le golfe du Saint-Laurent est gérée par les régions de Terre-Neuve-et-Labrador, du Golfe et du Québec du MPO dans le cadre d'un Plan de gestion intégrée des pêches (PGIP) évolutif qui a été approuvé en 2017 et mis à jour en 2020. La majorité de la flottille commerciale est basée sur la côte Ouest de Terre-Neuve (division 4R de l'OPANO). Les saisons de pêche sont généralement courtes et coïncident avec la migration de fraie printanière dans les zones côtières.

La date d'ouverture de la pêche commerciale est choisie en fonction de la disponibilité du capelan pour les engins de pêche, des conditions météorologiques et des recommandations de l'industrie (cette dernière étant motivée par la volonté de maximiser le nombre de femelles œuvées de grande taille dans les captures pour l'exportation vers les marchés étrangers). Si les

femelles et leur œuf sont principalement vendus pour la consommation humaine, les mâles sont traditionnellement remis à l'eau, rejetés ou utilisés comme engrais. Ces dernières années, les capelans mâles et femelles ont également été vendus comme nourritures pour les zoos et les parcs marins, tant au Canada qu'à l'étranger.

Le TAC pour le capelan du golfe du Saint-Laurent a rarement été limitatif et les débarquements ont historiquement été dictés par le marché (Grégoire *et al.* 2013). Le TAC est actuellement réparti entre les flottilles et divisions de l'OPANO (tableau 1). La flottille à engins fixes de la division 4R, qui comprend les senneurs à senne « Tuck », a une allocation correspondant à 37,82 % du TAC et est régie selon un quota entièrement concurrentiel. Les grands (bateaux de plus de 19,81 m, ou 65 pi) et les petits (bateaux de moins de 19,81 m) senneurs à la senne bourse, qui composent la majeure partie de la flottille à engins mobiles, ont chacun une allocation correspondant à 24,15 % du TAC. Les petits senneurs sont gérés au moyen de quotas individuels, tandis que les grands senneurs sont gérés selon un régime de pêche concurrentielle. La flottille des divisions 4ST (tous types d'engins) a une allocation correspondant à 13,88 % du TAC et est gérée selon un régime de pêche concurrentielle (tableau 1). Tous les titulaires de permis dans la division 4R doivent faire vérifier leurs prises à quai et retourner leurs journaux de bord.

2. MÉTHODES

2.1. PÊCHE COMMERCIALE

2.1.1. Débarquements

Les données détaillées sur les débarquements de la pêche commerciale (1985 à 2021) ont été obtenues à partir de la plus récente base de données ZIFF (format de fichier informatisé sur les échanges entre les zones) compilée par la section de la gestion des données de l'Institut Maurice-Lamontagne et les bureaux de statistique régionaux du MPO. Les débarquements provenant de la zone économique exclusive du Canada de 1960 à 1985 ont été extraits de la base de données sur les débarquements de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest. Au moment de cette évaluation, les données sur les débarquements pour les saisons de pêche de 2022 et de 2023 étaient encore préliminaires.

Les données sur les débarquements ont été compilées par année, par division de l'OPANO et par type d'engin. La saisonnalité de la pêche au capelan a été illustrée en calculant le pourcentage quotidien cumulatif des débarquements annuels par année. La répartition spatiale des prises débarquées n'a pas été cartographiée puisque la majorité des données ZIFF sur le capelan entre 1985 et 2023 présentent des coordonnées géographiques manquantes. Les débarquements par division de l'OPANO ont été jugés plus appropriés à cette fin.

2.2. ÉCHANTILLONS DE LA PÊCHE COMMERCIALE

2.2.1. Distribution des longueurs

Le programme d'échantillonnage à quai du MPO fournit des données sur la composition en longueur et en sexe des débarquements commerciaux (ci-après les données de fréquences de longueur commerciale) pour les principales activités de pêche au capelan dans le GSL (Lambert et Ménager 1998, Daigle et Benoît 2007). L'échantillonnage consiste à mesurer la longueur totale et déterminer le sexe de 150 poissons sélectionnés au hasard pour chaque sortie de pêche individuelle. De 1984 à 1987, les poissons ont été mesurés avec une précision

de 5 mm, puis de 1 mm par la suite. Ces données ont permis de calculer la taille moyenne des capelans femelles et mâles dans les divisions 4R et 4ST pour la période de 1984 à 2023.

Un sous-échantillon d'un capelan par sexe et par tranche de cinq millimètres a été analysé au laboratoire de l'Institut Maurice-Lamontagne (ci-après, données biologiques provenant de la pêche commerciale). Les mesures prises à l'Institut Maurice-Lamontagne comprennent la longueur totale (au millimètre près), la masse (à 0,1 g près), le sexe, la masse des gonades (à 0,1 g près), le stade de maturité (immature, en maturation, avant la fraie, pendant la fraie, en récupération) et l'âge déterminé par extraction et examen des otolithes. Cette dernière mesure a été effectuée dans le passé (1976 à 1993) et une nouvelle méthode pour la détermination de l'âge est en cours d'élaboration.

2.2.2. Indice de condition relative, ratio des sexes et indice gonado-somatique

La condition annuelle moyenne des mâles et des femelles a été estimée en calculant le facteur de condition relative (Kn ; Le Cren 1951) à partir des échantillons biologiques de la pêche commerciale selon l'équation suivante pour chaque sexe :

$$(eq. 1) Kn_i = W_i / aL_i^b$$

où a et b sont les coefficients de la relation longueur-poids, L_i est la longueur (en mm) et W est la masse corporelle observée pour le $i^{ème}$ poisson. Les effets de différents facteurs sur la condition relative des deux sexes ont été évalués en ajustant un modèle linéaire généralisé (glm) et un lien d'identité en utilisant Kn comme variable réponse et l'année, le mois et l'engin de pêche comme variables explicatives. Des modèles distincts ont été élaborés pour chaque sexe et chaque pair de divisions de l'OPANO. Des séries chronologiques de Kn standardisés ont ensuite été élaborées à partir des estimations du modèle en fixant les facteurs mois (juin) et engin de pêche (senneurs) pour l'ensemble des données.

Les ratios des sexes annuels moyens ont été calculés pour les divisions 4R, 4S et 4T de l'OPANO en utilisant les données de fréquences de longueur provenant des échantillons à quai de la pêche commerciale. Les rapports annuels moyens entre les sexes ont été calculés pour les divisions 4R, 4S et 4T de l'OPANO à partir des données biologiques commerciales. Des indices gonado-somatique (IGS) ont également été calculés pour les mâles et les femelles en utilisant le poids des gonades (GM) et le poids somatique (SM) des capelans dans les données biologiques commerciales selon l'équation suivante :

$$(eq. 2) IGS = \frac{GM}{SM} \times 100$$

Les individus dont le sexe n'a pas pu être déterminé, ceux dont le poids était inférieur à cinq grammes, ainsi que les mâles dont l'indice gonado-somatique était supérieur à 10 % ont été exclus de l'analyse. Les données de tous les engins de pêche ont été regroupées puisque les IGS n'étaient pas significativement différents. Les moyennes annuelles et les intervalles de confiance à 95 % ont été calculés pour chaque sexe.

2.3. BIOMASSE MATURE CHALUTABLE

2.3.1. Relevé au chalut

Des relevés multispécifiques au chalut de fond ont été réalisés chaque année dans le nGSL en août (1990-2023) et dans le sGSL en septembre (1971-2023). Le relevé du sGSL a utilisé un chalut Western IIA de 1971 à 2022 et un chalut NEST (chalut de relevés de l'écosystème du Northeast Fisheries Science Center) à partir de 2022 (Chadwick *et al.* 2007, Benoît et Yin 2023). Le relevé du nGSL a utilisé un chalut URI de 1990 à 2005, puis un chalut à crevettes

Campelen à partir de 2004 (Bourdages *et al.* 2019, Chamberland *et al.* 2025). Les deux relevés ont suivi un plan aléatoire stratifié avec un nombre moyen annuel de traits de 180 pour le nGSL et de 170 pour le sGSL. L'utilisation d'engins différents et de durées de chalut standardisées (15 et 20 minutes) pour le nGSL et le sGSL respectivement a jusqu'à présent empêché l'élaboration d'un indice standardisé unique pour l'ensemble du GSL. Les données obtenues à partir de chaque trait du relevé du sGSL comprenaient les prises totales de capelan (kg), les fréquences de longueur (longueur totale, cm) et les poids individuels (g). Les longueurs ont été mesurées à partir de la totalité des prises lorsqu'elles étaient petites ou à partir d'un échantillon aléatoire d'un maximum de 100 individus lorsque les prises étaient importantes. Des sous-échantillons stratifiés selon la longueur ont été utilisés pour obtenir les poids individuels (1 poisson par tranche de 1 cm). Les proportions annuelles de capelan par catégorie de longueur ont ensuite été calculées et mises à l'échelle en fonction du nombre de capelans capturés dans le trait. Dans le relevé du nGSL, les prises totales de capelan (kg) par trait ont été mesurées et un échantillon aléatoire de 30 poissons a été mesuré pour la longueur totale (mm) et le poids (g). Les fréquences de longueur dans le relevé du nGSL ont également été mises à l'échelle en fonction du nombre de capelans capturés dans le trait. Des échantillons biologiques des relevés du nGSL (2018-2023) et du sGSL (2020-2023) ont également été conservés pour des mesures ultérieures de la longueur et de la maturité à l'IML. Les stades de maturité ont été attribués selon les critères établis par Winters (1970). Les capelans classés comme « au repos » ou « en maturation » étaient considérés comme matures.

2.3.2. Indices du relevé au chalut

Une approche de modélisation et de conceptualisation des relevés a récemment été élaborée afin d'estimer des indices d'abondance relative pour le nGSL et le sGSL à partir des relevés au chalut de fond décrits ci-dessus (section 2.3.1). Les indices sont estimés pour chacun des relevés en nombre moyen de capelans capturés par trait (MNPT, voir Chamberland *et al.* 2022 pour plus de détails sur le modèle). Le capelan étant associé aux conditions froides et effectuant des migrations verticales qui affectent sa disponibilité pour l'engin de pêche, les traits effectués dans l'habitat thermique préférentiel du capelan (PTH ; -1 à 3,2 °C dans le nGSL et 0 à 2 °C dans le sGSL) et dans les habitats thermiques défavorables (UTH) ont été utilisés séparément pour calculer les indices. La définition de PTH et UTH est basée sur les fréquences cumulées des captures de capelan en fonction des températures de fond enregistrées lorsque l'engin touchait le fond marin (Chamberland *et al.* 2022, figure 3). Les traits retenus pour estimer les indices d'abondance ont été définis comme lorsque plus de 50 % des traits échantillonnés dans une strate de relevé se situaient dans la PTH (figure 3). Il est clairement démontré que le chalut de fond a une probabilité plus élevée de capturer plus de capelan dans la PTH. Le retrait des stations à faible capturabilité nécessite une extrapolation de l'abondance du capelan dans la zone UTH. Cependant, les conserver pourrait être plus approprié si les données de ces strates UTH sont toujours informatives sur les tendances des stocks. Par conséquent, sur la base de ces conclusions, nous avons estimé deux indices d'abondance relative du capelan mature (MNPT) pour chaque combinaison de relevé et d'habitat (nGSL-PTH, nGSL-UTH, sGSL-PTH et sGSL-UTH) de 1995 à 2023. Selon Chamberland *et al.* (2022), le nombre de capelans matures dans chaque trait doit d'abord être calculé avant d'utiliser le modèle pour estimer les valeurs MNPT. Les fréquences de longueur pondérées par les captures des deux relevés (figure 4) ont servi à estimer le nombre de capelans matures en utilisant la proportion d'individus matures pour chaque tranche de longueur. Il n'a pas été possible d'estimer l'abondance des poissons matures avant 1995 dans le nord du golfe du Saint-Laurent, car aucun capelan n'avait été mesuré auparavant. Le nombre de capelans matures capturés à chaque trait (N_m) a été calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$(eq. 3) N_m = \sum \left(\frac{N_l}{N_e} N_c P_m \right)$$

Cela a été fait en additionnant le produit du rapport entre le nombre de capelans de longueur dans l'échantillon représentatif des captures (N_l) et le nombre de capelans dans l'échantillon (N_e), le nombre total de capelans capturés (N_c) et la proportion de capelans matures pour chaque tranche de longueur de 1 mm (P_m) estimée à partir d'échantillons biologiques prélevés lors des relevés entre 2018 et 2023. Puisqu'il n'y avait pas de différences significatives entre les longueurs auxquelles 50 % des capelans étaient matures (mâles : 11,9 cm ; femelles : 11,2 cm ; sexe indéterminé : 11,3 cm ; figure 5) ou entre les années (figure 6), tous les sexes et toutes les années ont été regroupés pour calculer P_m (figure 7). Le nombre de poissons de chaque stade de maturité et année d'échantillonnage est présenté à la figure 8.

Les traits de chalut du relevé peuvent avoir des durées variables, ce qui peut influencer le nombre total de capelans capturés. C'est pourquoi le nombre de capelans matures par trait a été ajusté pour un trait standard de 15 minutes dans le nGSL et de 20 minutes dans le sGSL. Le nombre ajusté de capelans matures par trait dans chaque combinaison relevé-habitat a ensuite été utilisé dans l'approche de modélisation de Chamberland *et al.* (2022) pour estimer les quatre valeurs de MNPT (une pour chaque combinaison relevé-habitat). Les biomasses matures chalutables (B_m) dans chaque relevé-habitat ont ensuite été calculées selon l'équation suivante :

$$(eq. 4) B_m = MNPT \times TU \times W$$

où B_m est le produit du nombre moyen de capelans matures par trait, estimé selon Chamberland *et al.* (2022) (MNPT), du nombre d'unités chalutables dans chaque relevé-habitat (TU) et du poids moyen d'un capelan mature (W). Cette dernière variable a été calculée en utilisant une relation longueur-poids annuelle pour prédire le poids de chaque capelan mature mesuré, puis en estimant la biomasse mature annuelle à l'aide d'une moyenne pondérée par les captures de capelans matures à chaque trait (figure 9). Le nombre de TU a été obtenu en divisant la superficie totale du nGSL-PTH (41 076 km²), du nGSL-UTH (75 039 km²), du sGSL-PTH (51 502 km²) et du sGSL-UTH (15 704 km²) par la superficie couverte par un trait standard de 15 minutes dans le nGSL (0,0232 km²) et de 20 minutes dans le sGSL (0,027 km²). Les biomasses matures estimées dans chaque habitat d'étude ont été additionnées sans correction pour la capturabilité afin d'obtenir la biomasse mature chalutable du stock. Les changements temporels de la contribution de chaque habitat d'étude à la biomasse mature chalutable du stock ont également été réalisés en comparant la proportion de biomasse mature dans un habitat d'étude à la biomasse mature totale.

2.3.3. Échelle de la biomasse mature du stock

La mise à l'échelle de la biomasse mature du stock avec des coefficients de capturabilité (q) plausibles et conservateurs est nécessaire pour l'approximation des taux de mortalité par la pêche et pour la comparaison avec des taux jugés durables pour d'autres stocks de petits poissons pélagiques. Dans l'évaluation du stock de capelan 4RST réalisée en 2021 (Chamberland *et al.* 2022), des q de 0,0045 et 0,00087 ont été appliqués à la somme des biomasses du nGSL et du sGSL afin d'approximer les différentes échelles des taux d'exploitation (débarquements sur biomasse). Les valeurs de q étaient basées sur les informations de capturabilité d'autres poissons pélagiques dans les relevés au chalut de fond (Harley *et al.* 2001, Benoît et Swain 2008). Suite à l'évaluation du stock de 2022 (Boudreau *et al.* 2023), des valeurs prudentes de q de 0,1 pour le relevé du sGSL et de 0,01 pour celui du nGSL ont été jugées réalistes pour l'approximation des taux d'exploitation maximaux, compte tenu de la représentation des strates PTH par rapport aux strates UTH dans les deux relevés (figure 3) et des informations fournies par O'Driscoll *et al.* (2002). Ces auteurs ont comparé la

densité acoustique et la capturabilité du capelan au chalut à partir d'un relevé ciblant spécifiquement le capelan. Ils ont mis en évidence la relation entre la densité du capelan dans la zone chalutable et celle dans l'ensemble de la colonne d'eau (figure 10). D'après leurs travaux, une valeur moyenne de q dans une zone où le capelan est le plus susceptible d'être capturé peut être estimée entre 0,01 et 0,1. Différentes valeurs de q pour les différentes combinaisons relevé-habitat ont été présentées et évaluées lors de l'évaluation du stock en 2024. Le scénario de capturabilité retenu par le comité régional d'évaluation scientifique par les pairs supposait que :

1. l'efficacité des captures est restée constant tout au long de la série chronologique;
2. les captures reflètent approximativement la densité de capelan dans la colonne d'eau;
3. la capturabilité est plus faible dans les strates UTH ($q = 0,01$) que dans les strates PTH ($q = 0,1$).

La biomasse mature a ensuite été estimée selon ces suppositions pour chaque combinaison relevé-habitat et additionnée pour l'approximation de la mortalité par la pêche à l'échelle du stock de capelan 4RST.

2.4. INDICE DE RECRUTEMENT

Un indice de recrutement à l'âge 1 a été estimé selon les mêmes étapes que pour la biomasse mature (voir équation 3), à la différence près que la proportion de capelans matures par longueur (P_m) correspond ici à la proportion d'âge 1 par longueur. La proportion d'âge 1 a été estimée à partir des données d'âge selon la longueur obtenues à partir d'échantillons prélevés lors des relevés de 2017 et 2018. Nous avons supposé que le MNPT des capelans d'âge 1 représente une approximation du recrutement de l'année précédente. Le recrutement annuel en nombre de poissons (R_y) pour chaque combinaison relevé-habitat a été estimé à l'aide de l'équation suivante :

$$(eq. 5) R_y = MNPT_{y+1} \times TU$$

Les indices de recrutement dans chaque relevé-habitat ont été mis à l'échelle selon les scénarios mentionnés précédemment (voir section 2.3.3). Les recrutements estimés dans chaque relevé-habitat ont ensuite été additionnés pour obtenir le recrutement chalutable du stock en nombre. Comme pour la biomasse mature chalutable, la proportion de chaque combinaison relevé-habitat sur les valeurs totales de recrutement a été comparée afin de vérifier l'évolution de leur contribution respective au recrutement.

2.5. MORTALITÉ NATURELLE

Les approximations des taux d'exploitation du capelan sont idéalement estimées à partir de la biomasse disponible pour la pêche. La pêche dans les divisions 4RST de l'OPANO a lieu de mai à juillet et cible principalement les concentrations de poissons sur le point de frayer. L'indice de biomasse mature étant estimé à l'aide des relevés au chalut de fond d'août et de septembre, il peut différer considérablement de la biomasse disponible pour la pêche en raison de la mortalité naturelle (M) automnale, hivernale et pré-fraie. Le capelan est une espèce à très courte durée de vie qui connaît des taux de mortalité naturelle interannuels élevés et extrêmement variables (Carscadden et Miller 1981, ICES 2023) et dont l'effectif et la survie des cohortes sont régulés par des processus ascendants (Lewis *et al.* 2019, Lehoux *et al.* 2022). La mortalité naturelle du capelan de 4RST est une composante importante de la dynamique du stock, peu étudiée en raison de l'effet combiné de plusieurs facteurs susceptibles de l'influencer, notamment l'abondance et l'efficacité alimentaire de divers prédateurs (oiseaux marins, poissons de fond et mammifères marins) ainsi que divers gradients environnementaux.

Lors de la précédente évaluation du stock, la biomasse disponible pendant la saison de frai a été calculée en réduisant la biomasse issue des relevés de l'année précédente de la moitié d'une valeur constante de M de 0,67 (Boudreau *et al.* 2023), dérivée d'une méthode empirique unique d'estimation de la mortalité naturelle utilisant un âge maximal de 7 ans (Chamberland *et al.* 2022). Pour l'évaluation de 2024, nous avons présenté différents scénarios de variabilité interannuelle potentielle de M afin de projeter la biomasse mature issue des relevés jusqu'à la pêche :

1. « Large variable dans le temps » [0,3 à 2]. Le taux annuel de mortalité naturelle du capelan de 2 à 3 ans varie fortement entre 0,3 et 2 pour les stocks de 2J3KL (Carscadden et Miller 1981) et de la mer de Barents (ICES 2023).
2. « Étroite variable dans le temps » [0,4 à 1,12]. La fonction *metaM* de la bibliothèque FSA (Ogle *et al.* 2023) a été utilisée pour estimer M à partir d'un ensemble de traits du cycle biologique et de préférences environnementales spécifiques au capelan de 4RST.
3. « Constante 0,85 ». Scénario basé sur la moyenne des valeurs obtenues avec la fonction *metaM*.

Suite aux recommandations du comité régional d'évaluation scientifique par les pairs, les deux premiers scénarios ont été jugés improbables, car la modulation d'une mortalité naturelle appropriée et variable dans le temps nécessiterait au minimum de pouvoir suivre les cohortes et la structure d'âge de la population avec un relevé dédié au capelan, ce qui manquait à l'époque. Par conséquent, le scénario utilisant un taux annuel de 0,85 a été retenu pour les analyses ultérieures.

2.6. ÉCHELLE DE LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE

Les taux annuels d'exploitation (E_y) et de mortalité par la pêche (F_y) du stock de capelan 4RST ont été calculés selon les scénarios de capturabilité (voir section 2.3.3) et de mortalité naturelle (voir section 2.5) précédemment sélectionnés avec les équations suivantes :

$$(eq. 6) E_y = \frac{L_y}{B_{y-1} - [(1 - e^{-8/12M}) \times B_{y-1}]}$$

où E_y : le taux d'exploitation estimé au cours de l'année y

L_y : les débarquements totaux annuels dans les OPANO 4RST au cours de l'année y

B_y : la biomasse du stock estimée au cours de l'année y dans les relevés nGSL et sGSL

M : le taux annuel de mortalité naturelle

Le taux instantané de mortalité par la pêche a été calculé selon :

$$(eq. 7) F_y = -\ln(1 - E_y)$$

où F_y : le taux de mortalité par la pêche estimé au cours de l'année y

E_y : le taux d'exploitation estimé au cours de l'année y

Une mortalité naturelle mensuelle constante a été supposée pour la réduction de la biomasse du capelan 4RST, de la même manière que pour le stock de la mer de Barents, dont la biomasse estimée en automne est projetée au moment de la pêche l'hiver suivant (ICES 2023). Étant donné qu'il s'écoule environ 8 mois entre les relevés et le début de la pêche dans le GSL, la réduction de biomasse résultant de M est égale à 8/12 du taux annuel de M . La projection de la biomasse mature disponible pour la pêche à partir de la biomasse de l'automne précédent et de la mortalité naturelle durant l'hiver suivant est considérée comme prudente, car elle ne tient

pas compte de l'augmentation annuelle de la biomasse du stock résultant de la croissance individuelle, ce qui aurait entraîné des valeurs plus faibles de E et F . De plus, la mortalité associée à la saison hivernale est probablement inférieure à ce qui est supposé, étant donné qu'une part importante de la mortalité naturelle survient pendant la saison de frai (après la pêche et avant les relevés).

Étant donné que la variation de la biomasse du stock de capelan 4RST n'est probablement pas influencée par la variation des débarquements (Boudreau *et al.* 2023), une mise à l'échelle appropriée de la biomasse du stock devrait entraîner des niveaux de prélèvements durables. Par conséquent, les fourchettes et les valeurs moyennes de E et F estimées selon les scénarios de q et M sélectionnés ont été comparées à celles jugées durables pour d'autres stocks de poissons pélagiques selon Patterson (1992). Ces derniers ont compilé des données pour 28 stocks de 11 petites espèces pélagiques et ont conclu qu'une valeur de F inférieure à $\frac{1}{2} M$ ou de E inférieure à 30 % pourrait permettre aux stocks d'augmenter leur taille sous certaines conditions.

2.7. ÉVALUATION DES POINTS DE RÉFÉRENCE LIMITES (PRL)

Le point de référence limite est la limite de l'état d'un stock en deçà de laquelle des dommages graves sont causés au stock, conformément à la Politique d'approche de précaution du MPO (MPO 2009). Un dommage grave est un état indésirable qui peut être irréversible ou ne l'être que lentement à long terme. Les principes des pratiques exemplaires dans le récent avis scientifique sur les orientations relatives aux points de référence limites en vertu des dispositions relatives aux stocks de poissons sont fournis afin de fournir une orientation générale aux recommandations pour la sélection, l'estimation et la mise à jour des indicateurs, des points de référence limites et des mesures de l'état des stocks (MPO 2023b). Ces pratiques exemplaires sont les suivantes :

1. Les indicateurs, les PRL et les mesures de l'état du stock doivent être sélectionnés en fonction des meilleurs renseignements accessibles pour les stocks.
2. Les indicateurs, les PRL et les mesures de l'état du stock doivent être compatibles avec l'objectif visant à prévenir les dommages graves pour les stocks.
3. Les indicateurs, les PRL et les mesures de l'état du stock devraient être réalisables et pertinents.
4. Les indicateurs, les PRL et les mesures de l'état du stock devraient tenir compte de la fiabilité, de la plausibilité et de l'incertitude.
5. La justification du choix des indicateurs, des PRL ou des mesures de l'état du stock peut changer au fil du temps.
6. Les avis sur les indicateurs, les PRL et les mesures de l'état du stock doivent être communiqués clairement.

Le document d'orientation propose un ensemble d'approches permettant de déterminer le PRL pour les stocks, qu'ils soient riches ou pauvres en données (MPO 2023b). Le capelan 4RST est considéré comme un stock pauvre en données, car il n'existe aucune évaluation quantitative découlant de modèles structurés à l'âge, par taille ou de production excédentaire. Par conséquent, de nombreuses approches de PRL sont tout simplement irréalisables pour ce stock. Boudreau et Duplisea (2022) ont identifié différentes méthodes d'estimation du PRL, mais la plupart ne sont considérées comme fiables que si la structure du stock réagit à différents niveaux d'exploitation, ce qui n'est pas le cas pour le capelan 4RST. Nous passons ainsi en revue les approches de PRL courantes proposées dans le document d'orientation du

MPO (2023b), qui s'appuient uniquement sur des données empiriques, précises pour les stocks pauvres en données, afin d'identifier celles potentiellement réalisables et fiables pour le capelan 4RST.

2.7.1. Évaluation

Conformément au document d'orientation du MPO (2023b), les approches $B_{\min}$, $B_{\text{RMD-Élevé}}$, $B_{\text{RMD-Productif}}$ et B_{opt} appliquées au capelan 4RST pour déterminer des PRL ont été évaluées à l'aide de deux jeux d'indices estimés précédemment en fonction de leur fiabilité, de leur plausibilité et leurs incertitudes :

1. Biomasse mature (section 2.3.2) et recrutement (section 2.4) chalutable
2. Biomasse mature (section 2.3.3) et recrutement (section 2.4) mis à l'échelle

Un PRL est considéré comme fiable lorsque son estimation est suffisamment robuste pour résister aux principales incertitudes et hypothèses du cadre consultatif. Dans ce cas, la robustesse des estimations est évaluée en prenant en compte la fiabilité, la cohérence, la variance et le biais des données nécessaires à l'estimation des indicateurs et du PRL.

Un PRL plausible signifie que les estimations doivent être conformes aux données empiriques, la dynamique de l'écosystème et de la population, en tenant compte des meilleures informations disponibles sur le stock. L'évaluation de la plausibilité du PRL doit notamment prendre en compte toute preuve de dommage grave au stock, les informations sur le cycle biologique et les choix effectués pour des stocks analogues qui se sont avérés performants. L'évaluation et la sélection du PRL le plus plausible peuvent également reposer sur une approche de pondération des données.

Le choix d'un PRL doit également tenir compte de l'évaluation des incertitudes associées aux différentes approches et de leur impact sur l'estimation des indicateurs et des PRL. Les incertitudes scientifiques telles que l'imprécision, le biais ou les hypothèses dans les indicateurs (c.-à-d. la biomasse mature, le recrutement, la production excédentaire, la mortalité naturelle) et les paramètres utilisés pour estimer ces indicateurs (longueur à maturité, longueur à l'âge 1) ont été répertoriées pour les différents scénarios et approches LRP pour la sélection du LRP.

2.7.2. $B_{\min}$

$B_{\min}$ est la biomasse la plus faible observée à partir de laquelle un rétablissement à la valeur moyenne a été observé ($B_{\min\text{-rétablissement}}$) ou une autre biomasse minimale qui a produit un « bon » recrutement ($B_{\min\text{-bon recrutement}}$). Le PRL correspondant à $B_{\min\text{-rétablissement}}$ a été calculé comme la moyenne géométrique des valeurs de biomasse les plus faibles des années consécutives précédant une augmentation suffisante de la biomasse mature. $B_{\min\text{-bon recrutement}}$ peut être estimé à partir d'un percentile de valeurs de biomasse faibles ayant entraîné un « bon » recrutement. Le choix des percentiles appropriés définissant ces seuils de faible biomasse et de bon recrutement est particulièrement subjectif et peut varier selon l'avis des experts. Par la suite, le PRL correspondant à $B_{\min\text{-bon recrutement}}$ a été calculé comme la moyenne géométrique des biomasses inférieures aux 25^e, 30^e, 35^e et 40^e percentiles ayant entraîné un recrutement supérieur aux 50^e, 60^e et 70^e percentiles.

2.7.3. $B_{40\%}$ d'approximation-RMD

Les approximations de B_{RMD} sont des seuils déterminés selon des états stables observés dans le passé (abondance, biomasse ou mortalité par la pêche). Ces approximations peuvent être définies comme la valeur moyenne ou médiane de l'abondance/biomasse au cours d'une période où la mortalité par la pêche la plus élevée entraîne toujours un recrutement stable

($B_{\text{RMD-Élevé}}$). Elles peuvent également être estimées comme l'abondance/biomasse sur période productive ($B_{\text{RMD-Productif}}$). Pour le capelan 4RST, les séries chronologiques de la biomasse mature du stock au moment de la pêche, des indices de recrutement et de la production excédentaire ont été analysés visuellement afin de déterminer la période reflétant des valeurs élevées de la biomasse mature du stock, un recrutement stable et une production excédentaire élevée. La production excédentaire annuelle (SP_y) a été calculée avec l'équation suivante selon la formule de Fletcher (1978) :

$$\text{(eq. 8) } SP_y = B_{y+1} - B_y + C_y$$

où B_y et C_y représentent respectivement la biomasse mature au moment de la pêche et le total des captures de l'année y . Le PRL a été estimé à 40 % de la moyenne géométrique des valeurs de biomasse observées durant les périodes sélectionnées, conformément à la Politique d'Approche de Précaution du MPO (MPO 2009).

2.7.4. B_{opt}

Un PRL peut également être défini comme le niveau de stock en deçà duquel la productivité est suffisamment réduite pour causer des dommages graves (MPO 2009). Dans ce contexte, le PRL devrait viser à maintenir la production excédentaire de biomasse mature à un niveau permettant potentiellement de fournir un nombre suffisant de poissons matures malgré des conditions environnementales très variables. Un PRL potentiel susceptible d'atteindre cet objectif est celui de faibles valeurs de biomasse mature conduisant à de bons niveaux de production excédentaire. Pour cette approche, le PRL correspondant à B_{opt} a été calculé comme la moyenne géométrique des valeurs de biomasse inférieures aux 25^e, 30^e, 35^e et 40^e percentiles produisant une production excédentaire supérieure aux 50^e, 60^e et 70^e percentiles.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. DÉBARQUEMENTS

Les débarquements commerciaux annuels de capelan 4RST étaient inférieurs à 2 000 t de 1960 à 1977, mais ont rapidement augmenté pour atteindre environ 10 000 t en 1978 et 1979 (figure 11, tableau 2). De 1985 à 2023, les débarquements annuels ont varié considérablement, passant d'un minimum de 152 t en 1995 à un maximum de 12 313 t en 2011, et ont été caractérisés par plusieurs années où les débarquements étaient faibles, voire nuls, principalement en raison des conditions du marché et météorologiques défavorables. Le TAC a été dépassé en 1992, 1993, 2020 et 2021. Le capelan a été principalement débarqué par la flottille d'engins mobiles (petits et grands senneurs) dans la division 4R de l'OPANO (figure 11A), représentant en moyenne 65 % des débarquements annuels pour la période 2010-2023. Dans le GSL (divisions 4RST de l'OPANO), la flotte de senneurs a débarqué la majeure partie du TAC, bien qu'il y ait eu une augmentation des débarquements par engins fixes depuis le milieu des années 2000, largement attribuable à l'arrivée de la senne Tuck (figure 11B). Les débarquements préliminaires pour les divisions 4R, 4S et 4T de l'OPANO étaient respectivement de 4 886 t, 117 t et 10 t pour un total annuel de 5 013 t en 2022 et de 1 147 t, 12 t et 2 t pour un total de 1 161 t en 2023. Une proportion plus élevée des prises totales a été débarquée par la flottille à engins fixes de sennes Tuck et de filets-trappes (3 549 t en 2022 et 971 t en 2023) que par la flottille mobile composée de grands et petits senneurs (1 464 t en 2022 et 190 t en 2023) par rapport aux années précédentes (figure 11B).

Dans 4R, les débarquements ont généralement eu lieu dans les sous-divisions 4Rabc et ont été répartis plus uniformément au sein de celles-ci au cours de la période 2018-2021 que les

années précédentes (figure 12A, tableau 3). Au cours de la période 2018-2021, les senneurs à la senne bourse et à la senne Tuck ont débarqué des quantités et des proportions du TAC similaires, tandis que les filets-trappes ont représenté une proportion plus faible des prises annuelles dans cette division (figure 12B). Les débarquements totaux de 4R en 2022 (4 886 t) et 2023 (1 147 t) étaient principalement situés dans la sous-division 4Ra (3 730 t en 2022 et 1 054 t en 2023). La flottille de senneurs à la senne Tuck a pris en moyenne 65 % du total des débarquements en 2022 et 2023, contre 23 % pour les petits et grands senneurs et 13 % pour les filets-trappes (tableau 4).

Dans 4ST, la plupart des débarquements depuis 2005 ont été effectués dans les sous-divisions 4Sw (Basse-Côte-Nord du Québec) et 4Tn (embouchure de la baie des Chaleurs) au moyen de sennes bourses et de fascines (figure 13). Les débarquements ont augmenté de façon marquée en 2020 et 2021 par rapport aux années précédentes et ont totalisé respectivement 2 405 et 1 921 t, un niveau jamais observé depuis la période 2006-2011 (figure 13A, tableau 3). En 2022 et 2023, les débarquements annuels dans 4ST étaient les plus faibles depuis 2017 et étaient situés dans les sous-divisions 4Sw (117 t en 2022 et 12 t en 2023) et 4Tp (10 t en 2022 et 2 t en 2023). Les débarquements de 2022 et 2023 ont été répartis de manière relativement uniforme entre les engins de pêche (figure 13B), notamment la senne bourse, la fascine ainsi que et les sennes de rivage et coulissante.

La pêche au capelan dans la division 4R a généralement lieu en juin et juillet, et le moment des débarquements a peu varié depuis que des registres détaillés ont été mis en place (figure 14). Dans 4ST, la pêche débute généralement plus tôt que dans la division 4R et le moment des débarquements varie davantage d'une année à l'autre (figure 15). Le nombre plus faible de sorties de pêche durant la saison dans 4ST comparativement à 4R explique le patron irrégulier observé dans les débarquements cumulés.

3.2. ÉCHANTILLONS DE LA PÊCHE COMMERCIALE

Le nombre d'échantillons provenant de la pêche commerciale pour établir les fréquences de longueur et le nombre de spécimens mesurés dans le cadre du programme d'échantillonnage à quai du MPO sont présentés dans le tableau 5. En moyenne, 24 échantillons sont mesurés chaque année et sont généralement répartis également entre les divisions de l'OPANO (7 ou 8 échantillons par division chaque année). Cela correspond à une moyenne de 5 493 poissons mesurés annuellement et à une moyenne d'environ 1 200 à 2 000 poissons par division de l'OPANO, selon l'année. Le nombre d'échantillons biologiques (un sous-ensemble des échantillons susmentionnés, plus certains échantillons opportunistes) analysés est présenté dans le tableau 6. En moyenne, un total de 515 poissons provenant de 24 échantillons biologiques par année sont disséqués pour effectuer un examen biologique détaillé. En 2023, 4 échantillons pour un total de 823 poissons ont été mesurés, ce qui correspond à l'effort d'échantillonnage le plus faible depuis deux décennies et aux deuxièmes valeurs les plus faibles depuis le début de la série en 1984. Ce niveau d'effort était directement lié aux débarquements les plus bas observés depuis 2001.

3.2.1. Distribution des longueurs

Les fréquences de longueurs et les différences de taille entre les mâles et les femelles capturés par la flottille de senneurs de la division 4R étaient relativement similaires d'une année à l'autre (figure 16). Les différences entre les années peuvent être attribuables à des différences dans l'effort d'échantillonnage, à la dominance de cohortes particulières dans la pêche et aux conditions environnementales. Les fréquences de tailles en 2013 et 2014 qui dérogent des gammes de valeurs observées au cours des autres années sont le résultat d'un faible nombre d'échantillons commerciaux récoltés dans 4R.

La moyenne de la série chronologique ($\pm$ écart-type) des longueurs totales des femelles et des mâles capturés par la flottille de senneurs de la division 4R était respectivement de 147 mm ($\pm$ 7 mm) et de 165 mm ($\pm$ 6 mm)(figure 17). Les tendances étaient semblables pour les deux sexes les années où des données étaient disponibles (1984 à 2021). Du milieu des années 1980 au début des années 1990, les longueurs des mâles et des femelles étaient supérieures à la moyenne. La longueur moyenne annuelle a ensuite diminué, une baisse qui a persisté jusqu'en 2003, lorsque ces valeurs ont augmenté pour se rapprocher de la moyenne de la série chronologique. La longueur moyenne particulièrement élevée chez les deux sexes a été observée en 2014, année où la saison de la pêche a été plus tardive que la normale (figure 14) et où un petit nombre d'échantillons ont été traités (tableau 5). De 2015 à 2018, les longueurs moyennes ont été inférieures à la moyenne de la série chronologique. Elles ont augmenté pour se rapprocher de la moyenne de la série chronologique en 2019 et en 2021 et une légère diminution a été observée en 2023 bien que seulement trois échantillons aient été récoltés. Aucun échantillon n'a été prélevé par les échantillonneurs à quai dans la division 4R en 2020.

Comme la pêche commerciale au capelan avec divers types de sennes n'a eu lieu que périodiquement dans 4S et 4T, il est difficile de dégager les tendances dans les fréquences de longueur au fil du temps. Les distributions des longueurs pour 4S sont plus semblables à celles de 4R, tandis que les échantillons de 4T présentent généralement des fréquences de longueurs plus petites depuis au moins 2006 (figure 18).

3.2.2. Condition, ratios des sexes et IGS

Les coefficients de la relation longueur-poids ajustée ($Poids = a \times Longueur^b$) étaient les suivants : $a = 1,23 \times 10^{-6}$, $b = 3,23$ pour les femelles et $a = 1,89 \times 10^{-6}$, $b = 3,25$ pour les mâles (figure 19). Les variations interannuelles des indices de condition relative moyens standardisés pour les mâles et les femelles capturés par les senneurs dans 4RST en juin étaient cohérentes, mais différaient au niveau des gammes de valeurs (figure 20). Par exemple, les indices de condition relative dans 4T étaient constamment inférieurs à ceux des deux autres divisions pour la plupart de la série chronologique. Les indices de condition relative étaient généralement au-dessus de la moyenne à la fin des années 1980 pour toutes les divisions de l'OPANO, proches de la moyenne de la série chronologique de 1990 à 2000, puis au-dessus de la moyenne de 2000 à 2014 dans 4RS. L'indice de condition relative dans 4T est demeuré proche de la moyenne de la série chronologique pendant cette même période. Depuis 2015, l'indice de condition relative est proche de la moyenne de la série chronologique dans 4RS, mais légèrement inférieur à la moyenne dans 4T. En 2022 et 2023, une diminution de la condition physique du capelan a été observée dans 4S avec des valeurs diminuant près de la moyenne de la série chronologique, alors que l'indice de condition a augmenté dans 4R en 2023 suite à une légère diminution en 2022. Il y a davantage d'années sans données sur la longueur dans 4S (figure 20) que d'indices de condition standardisés pour cette division (figure 15), car les sennes de plage, les filets, les casiers, les fascines et autres engins artisanaux ont été exclus des analyses des données sur la longueur.

Les sex-ratios du capelan dérivés de la pêche commerciale sont généralement biaisés en faveur des femelles dans les échantillons provenant de 4R (figure 21), ce qui est compatible avec le fait que la pêche commerciale cible en particulier les femelles œuvées. Les échantillons prélevés dans 4ST ont des proportions plus élevées de mâles, ce qui pourrait s'expliquer par une proportion plus élevée d'échantillons récoltés de manière opportuniste (à l'épuisette) et capturés par des engins fixes dans ces divisions, et par le fait que les mâles sont plus vulnérables à ces types d'engins, car ils ont tendance à demeurer regroupés dans les eaux côtières plus longtemps que les femelles (Templeman 1948, Friis-Rodel et Kanneworff 2002, Maxner *et al.* 2016).

Les indices gonado-somatiques moyens annuels chez les femelles variaient entre 20 et 30 % (figure 22). La masse des gonades chez les mâles représentait en moyenne moins de 1,5 % de la masse totale. Aucune tendance temporelle importante n'était apparente dans les deux séries chronologiques. L'IGS des femelles était généralement près ou inférieur à la moyenne de la série chronologique du milieu des années 1980 au milieu des années 1990, puis a augmenté et est demeuré la plupart du temps au-dessus de la moyenne jusqu'à ce qu'une diminution importante soit observée de 2015 à 2018. Depuis, l'IGS des femelles est revenu à des valeurs légèrement inférieures à la moyenne entre 2019 et 2021 avant de diminuer de nouveau en 2023. Aucune tendance temporelle n'a été observée pour l'IGS des mâles et est demeuré assez proche de la moyenne de la série chronologique.

3.3. INDICATEURS DE L'ÉTAT DU STOCK

3.3.1. Biomasse mature

Les indices d'abondance pour chaque combinaison de relevés (sGSL et nGSL) et d'habitat thermique (PTH et UTH) présentaient des tendances sensiblement différentes (figures 23 et 24). L'indice d'abondance du capelan mature (MNPT) dans le nGSL-PTH a varié considérablement du début de la série chronologique (1995) à 2011. L'indice est demeuré faible depuis, sauf en 2017 (figure 23A). Pour le nGSL-UTH, l'indice est resté stable à de faibles valeurs, à l'exception d'un pic observé entre 2010 et 2013 (figure 23B). L'indice d'abondance du capelan dans le sGSL-PTH était inférieur à la moyenne jusqu'aux valeurs les plus élevées de 2010 à 2014 (figure 24A). Au cours de la dernière décennie (2015-2023), l'indice a fluctué autour de la moyenne. Pour le sGSL-UTH, l'indice a montré peu de variabilité, bien que des valeurs plus élevées aient été observées sur la période 2008-2015 (figure 24B).

Les tendances de la biomasse mature chalutable du nGSL et du sGSL étaient influencées par les tendances estimées dans leur habitat PTH respectif (figure 25). Les tendances de la biomasse mature du nGSL-PTH et du -UTH étaient également très similaires, mais à un niveau moindre, ce qui indique que des changements dans l'abondance du capelan peuvent également être observés dans l'habitat thermique défavorable. De 1995 à 2009, la majeure partie de la biomasse mature a été capturée dans le nGSL-PTH (figure 25A), qui a contribué à plus de la moitié de la biomasse mature pour cette période (figure 26). Ensuite, cette contribution a diminué à moins de la moitié au cours de la dernière décennie, avec un déplacement de la contribution de la biomasse mature du sGSL-PTH qui a augmenté à des valeurs généralement supérieures à la moitié. La contribution de la biomasse mature du nGSL-UTH est restée relativement stable et a fluctué dans une proportion autour de 0,25, tandis que celle du sGSL-UTH est restée négligeable pendant toute la série chronologique. La série de la biomasse mature chalutable du stock de 4RST a montré une variabilité interannuelle significative (figure 27A), typique des stocks de capelan (MPO 2022b, ICES 2023) et des espèces à courte durée de vie dont le recrutement et les taux de survie sont régulés par des processus ascendants (Essington *et al.* 2015). La biomasse mature du stock était généralement inférieure à la moyenne au cours de la première décennie (1995-2005) et les valeurs les plus élevées ont été observées de 2010 à 2013. Depuis, l'indice fluctue autour de la moyenne de la série chronologique sans tendance notable.

3.3.2. Recrutement

Les tendances de l'abondance relative du recrutement différaient considérablement entre les séries chronologiques spécifiques aux relevés et à l'habitat (figures 28 et 29). L'indice dans le nGSL-PTH a varié près de la moyenne sur l'ensemble de la série chronologique et n'a affiché que quatre pics significatifs (c'est-à-dire significativement supérieurs aux valeurs normales) en

1997, 2007, 2016 et 2022 (figure 28A). L'indice dans le nGSL-UTH était également plutôt sans tendance et présentait des variabilités de faible ampleur puisque les valeurs pour l'ensemble de la série variaient entre 0 et 6 nombres moyens par trait (figure 28B). Le nombre relatif de recrues dans le sGSL-PTH est demeuré stable à de faibles valeurs pendant les 15 premières années, mais a, en moyenne, augmenté depuis 2009 (figure 29A). Dans le sGSL-UTH, aucune tendance similaire n'était visible et la série était principalement caractérisée par un pic distinct en 2015 (figure 29B).

La variation de l'abondance des recrues chalutables dans les deux régions du GSL était cohérente avec les tendances de leur indice d'habitat PTH respectif (figure 30). Il n'y avait pas de similarité entre les habitats PTH et UTH pour une région donnée, car le recrutement dans UTH est resté stable et très faible. La contribution de chaque PTH est restée variable du début de la série chronologique jusqu'en 2008, année où la proportion de recrutement de PTH dans le nGSL a rapidement diminué et est restée à des valeurs inférieures à 0,3 pendant la dernière décennie, à l'exception du pic observé en 2017 (figure 31). Cela a coïncidé avec l'augmentation significative du recrutement chalutable de PTH dans le sGSL, qui est demeuré relativement élevé pendant la dernière décennie, faisant de cet habitat le plus important contributeur au recrutement du stock au cours de cette période, en supposant une capturabilité égale pour tous les habitats d'étude. Le recrutement chalutable du stock de capelan 4RST était généralement inférieur à la moyenne de la série au cours de la première décennie et relativement plus élevé depuis le milieu des années 2000, avec trois pics distincts observés en 2010, 2016 et 2022 (figure 32A).

3.3.3. Échelle de l'état du stock

La comparaison des indicateurs chalutables et mis à l'échelle (q de 0,1 et 0,01 pour PTH et UTH respectivement) a démontré des tendances fortement corrélées autant pour la biomasse mature (figure 27) que pour le recrutement (figure 32)

3.4. MORTALITÉ NATURELLE

Les différentes valeurs de traits du cycle biologique et de préférences environnementales qui ont été utilisés pour l'estimation des valeurs de M à l'aide de la fonction *metaM* sont présentées au tableau 7. Les valeurs de M estimées avec les différentes méthodes comprises dans la fonction *metaM* sont présentées dans le tableau 8 et varient de 0,43 à 1,12.

3.5. ÉCHELLE DE LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE

Les estimations de E et F calculées à partir des débarquements totaux et de la biomasse mature mise à l'échelle (tableau 9) ont été comparées aux seuils de $E = 0,5$ et $F = \frac{1}{2}$ de M identifiés par Patterson (1992) qui sont considérés comme durables pour les stocks de petits poissons pélagiques (figure 33). Bien que les débarquements de capelan 4RST aient varié au cours de la série chronologique (figure 11), E et F sont demeurés relativement stables, faibles et à des niveaux qui ne devraient pas entraîner de déclin du stock. Les niveaux de prélèvement observés en 2022 et 2023 étaient également inférieurs à la moyenne de la série chronologique (tableau 9), ce qui correspond à une baisse significative des débarquements par rapport aux années précédentes.

3.6. ÉVALUATIONS DES POINTS DE RÉFÉRENCE LIMITES ET DES INDICATEURS

Les indicateurs chalutable et mis à l'échelle du stock (biomasse mature et recrutement) ont été jugés fiables, car ils étaient robustes face aux principales incertitudes (q et M), comme le démontrent les tendances similaires observées dans le ratio de l'indicateur sur le PRL

(figures 34, 35, 36, 37 et 38). Cela confirme que, malgré les hypothèses formulées sur la capturabilité et la mortalité naturelle, l'état du stock par rapport au PRL n'est pas impacté. Par conséquent, la sélection des indicateurs potentiels de l'état du stock et des PRL a été basée sur une approche fondée sur le poids de la preuve, en évaluant la plausibilité de l'indicateur et du PRL, ainsi que les incertitudes de chacun. Toutes les valeurs du PRL estimées sont présentées dans le tableau 10.

3.6.1. $B_{\text{min-rétablissement}}$

Les valeurs les plus faibles de biomasse mature qui a mené au rétablissement du stock par au-dessus la moyenne de la série chronologique ont été observées en 2002 et 2003 pour tous les scénarios évalués (figures 39 et 40). Le $B_{\text{min-rétablissement}}$ est plausible, car il est lié à la plus faible biomasse mature observée, ce qui a conduit à un rétablissement à la moyenne de la série chronologique. Cela indique également que même à ce faible niveau, le stock pourrait se rétablir au fil du temps. Les incertitudes associées à ce LPR reposent sur la supposition que la longueur à maturité est restée constante tout au long de la série selon les échantillons biologiques de 2017-2023 provenant des relevés du nGSL et du sGSL.

3.6.2. $B_{\text{min-bon recrutement}}$

La relation entre le recrutement et la biomasse mature du capelan 4RST était similaire à celle du capelan de la mer de Barents (ICES 2023) avec plusieurs occurrences de recrutement élevé à des valeurs de biomasse faibles et une diminution du recrutement à une biomasse plus élevée (figure 41). L'examen visuel cette relation a montré une bonne cohérence entre les indicateurs chalutables et mis à l'échelle pour les années où de faibles valeurs de biomasse mature ont produit un bon recrutement, comme 1999, 2007, 2009, 2010, 2016, 2019 et 2020. Les valeurs moyennes géométriques de la faible biomasse mature correspondant à un bon recrutement, estimées à l'aide des différents percentiles, ont également montré peu de variation (tableau 11), indiquant que les mêmes années ont été constamment sélectionnées pour les différents percentiles de biomasse mature et de recrutement. Le $B_{\text{min-bon recrutement}}$ est également considéré comme plausible et peut potentiellement être lié à des dommages graves causés au stock, car il informe sur les valeurs minimales de biomasse mature qui peuvent produire un bon recrutement. Cela signifie que si le stock se situe en dessous de ce niveau, la biomasse mature pourrait ne pas être en mesure de produire un recrutement suffisant pour assurer la pérennité du stock dans les années qui suivent. Les principales incertitudes concernant ce PRL résident dans la supposition des longueurs à maturité et à âge 1, à partir desquelles l'indice de recrutement est estimé, qui sont constantes.

3.6.3. $B_{\text{RMD-Élevé}}$

Pour les indicateurs chalutables et mis à l'échelle, la période choisie pour laquelle la biomasse mature a été jugée élevée s'étend de 2011 à 2014, d'après l'examen visuel des tendances temporelles (figures 39A et 40A). La $B_{\text{RMD-Élevé}}$ a été jugée non plausible, car le ratio biomasse mature/PRL indiquait que le stock se situait souvent en dessous du PRL, même s'il était en mesure de se rétablir (figure 37). Par conséquent, la $B_{\text{RMD-Élevé}}$ ne concordait pas avec la dynamique de l'écosystème et de la population de capelans 4RST et ne fournit aucune information sur l'occurrence de dommages graves au stock.

3.6.4. $B_{\text{RMD-Productif}}$

Les années utilisées pour estimer la $B_{\text{RMD-Productif}}$ ont été déterminées à partir d'un examen visuel des années consécutives de bonne production excédentaire coïncidant avec un bon recrutement (figures 39B, 39C, 40B et 40C). Pour les deux ensembles d'indicateurs, les années

sélectionnées étaient de 2007 à 2010. La $B_{\text{RMD-Productif}}$ est considérée comme plausible, car elle se situe dans une période où la biomasse mature du stock semblait stable et les débarquements relativement élevés, ce qui a donné lieu aux années les plus productives de la série chronologique. Elle tient également compte du bon recrutement qui a eu lieu durant cette période. Bien que le choix de l'année à inclure dans cette période et de la proportion de B_{RMD} (40 %) soit arbitraire, nous pouvons supposer que ce PRL est probablement plausible, car il est cohérent avec notre compréhension de la dynamique du stock. Les longueurs à maturité et à l'âge 1 constantes constituent les principales incertitudes associées à ce PRL.

3.6.5. B_{opt}

Comme pour $B_{\text{min-bon recrutement}}$, l'évaluation visuelle de la relation entre la production excédentaire et la biomasse mature a montré une bonne cohérence entre les indicateurs chalutables et mis à l'échelle pour les années où de faibles valeurs de biomasse mature ont produit une bonne production excédentaire, comme 1997, 1999, 2002, 2006, 2017 et 2020 (figure 42). Les valeurs moyennes géométriques de la faible biomasse mature correspondant à une bonne production excédentaire en utilisant différents percentiles ont de nouveau montré une faible variation (tableau 11), indiquant une cohérence pour l'année sélectionnée. B_{opt} est également considéré comme plausible, en particulier parce qu'il est directement lié aux dommages graves potentiels pour le stock, car il identifie le niveau seuil en dessous duquel le stock pourrait ne pas avoir la capacité de se rétablir de faibles valeurs de biomasse mature. Une fois de plus, l'une des incertitudes associées à ce PRL est la longueur à maturité constante ainsi que les valeurs q et M utilisées pour la mise à l'échelle du stock, ce qui est nécessaire pour estimer les estimations de production excédentaire.

3.6.6. Sélection d'indicateurs de l'état du stock et d'un PRL

Le choix de l'indicateur utilisé pour proposer un PRL doit s'appuyer sur l'évaluation des incertitudes, des biais et du principe de précaution. Les indicateurs chalutable ne prennent en compte que les captures du relevé au chalut de fond pour estimer l'indice MNPT, qui est ensuite multiplié par le nombre d'unités chalutables dans chaque combinaison de relevé-habitat. Ainsi, même si la capturabilité du capelan peut varier entre les strates UTH, le MNPT estimé dans cet habitat réagira en conséquence (c'est-à-dire qu'un plus grand nombre de strates avec moins de capelans entraînera un MNPT global faible pour l'habitat UTH). De plus, les captures de capelan au chalut de fond sont restées relativement constantes dans la plupart des strates UTH, en particulier pour le nGSL (figure 43). Nous avons donc considéré l'indicateur chalutable comme un bon candidat pour établir le PRL, car il est moins incertain et plus prudent en supposant un q de 1 pour tous les relevé-habitat. La mise à l'échelle de la biomasse mature avec le coefficient de capturabilité et la mortalité naturelle soulève des doutes quant à la fiabilité de l'indicateur en raison de leur méthode de détermination et de leur constance sur l'ensemble de la série temporelle. Cependant, étant donné que l'état du stock par rapport au PRL n'est pas influencé par les valeurs mises à l'échelle de q et M , il est évident qu'il pourrait être utilisé pour fixer le PRL du capelan 4RST (figures 34, 35, 36, 37 et 38). Pour le choix du PRL, $B_{\text{min-rétablissement}}$, $B_{\text{min-bon recrutement}}$ et B_{opt} seraient considérés comme les plus fiables, plausibles et informatifs sur les dommages graves. L'estimation de B_{opt} est considérée comme plus fiable que les proxys de B_{RMD} , car elle ne repose pas sur des choix arbitraires d'une période de temps considérée comme productive ou d'une fraction de B_{RMD} (40 %) qui n'a aucun lien avec l'occurrence de dommages graves. De plus, les valeurs $B_{\text{min-rétablissement}}$ et $B_{\text{min-bon recrutement}}$, souvent utilisées pour établir les PRL pour d'autres stocks de capelan (ICES 2023) et les petits pélagiques (Uriarte *et al.* 2023), répondent aux principaux critères concernant les niveaux en deçà desquels des dommages graves sont observés pour le stock. À la suite de l'examen régional par les pairs de février, il a été convenu que ces PRL constituaient un bon candidat.

Cependant, l'adoption de l'un d'eux a été retardée, principalement en raison de l'incertitude (voir section 4) associée au principal indicateur de l'état du stock (MPO 2024).

4. SOURCES D'INCERTITUDES ET RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE

Les différents indicateurs présentés sont relatifs et comportent un degré élevé d'incertitude, car ils sont dérivés de relevés au chalut de fond, dont la capturabilité des poissons pélagiques est imprécise et potentiellement variable. Par exemple, les chaluts de fond ne couvrent qu'une partie de la CIF, où se trouve le capelan, et une modification de la distribution verticale du capelan dans la CIF par rapport à la position du chalut affectera la capturabilité. Des modifications des caractéristiques de la CIF, telles qu'une réduction de son épaisseur ou un changement de température, pourraient influencer l'abondance observée. De plus, il existe une incertitude quant à savoir si la densité du capelan dans les zones où la CIF touche le fond est similaire à celle des zones où elle est bien au-dessus du fond, car ces zones ne sont échantillonnées que pendant une très courte durée par le chalut de fond. Une analyse approfondie des données acoustiques recueillies lors des relevés pourrait être utile pour valider diverses hypothèses sous-jacentes aux indicateurs présentés et pourrait mener à l'élaboration d'un nouvel indice d'abondance. Les taux relatifs d'exploitation et de mortalité par la pêche ont été calculés à partir d'estimations de l'ordre de grandeur de l'abondance du capelan à l'échelle du GSL, alors que la pêche est concentrée sur la côte ouest de Terre-Neuve. Le risque d'appauvrissement local ne peut être exclu, car cette incertitude n'a pas été prise en compte à ce jour. Ces estimations devraient servir d'indication générale de l'ampleur des variations interannuelles de la taille du stock et de l'ampleur du taux d'exploitation.

Des recommandations de recherche susceptibles d'améliorer la qualité et la fiabilité des indices dérivés du chalut de fond ont été identifiées et discutées lors de la revue par les pairs de l'évaluation du stock en 2024. Le calcul des indices de biomasse mature et de recrutement devrait être revu afin de prendre en compte la variabilité diurne de la capturabilité, ce qui pourrait réduire la variabilité des estimations annuelles. L'influence des captures élevées sur les estimations annuelles devrait être évaluée et des processus statistiques, comme la winsorisation, qui visent à limiter l'impact des données aberrantes dans l'estimation d'une valeur, devraient être utilisés afin de réduire la variabilité annuelle et interannuelle des indices. La structure spatiale des captures dans les relevés devrait également être examinée afin de déterminer s'il existe une récurrence interannuelle dans les emplacements des captures importantes, ce qui suggérerait une structure à prendre en compte dans le calcul des estimations annuelles. À l'inverse, si les prises importantes sont aléatoires dans l'espace, cela suggère une variabilité qui pourrait justifier l'emploi de processus statistiques comme la winsorisation. L'utilisation d'une clé âge-longueur pour valider la détection des cohortes dans les indices au chalut de fond pourrait également accroître leur acceptabilité en démontrant que la variabilité interannuelle n'est pas uniquement due à des erreurs d'observation. Une autre recommandation de recherche proposée pour valider l'utilisation des indices est d'évaluer les connaissances que l'on peut tirer de l'abondance historique du capelan grâce à l'analyse du régime alimentaire des prédateurs pour lesquels de longues séries chronologiques sont disponibles.

5. CONCLUSION

Les saisons de pêche 2022-2023 dans la division 4RST ont été caractérisées par une baisse importante des débarquements par rapport aux quatre années précédentes (2018-2021). Moins de la moitié du TAC a été débarquée, la plupart des débarquements ont été effectués au large de la côte ouest de Terre-Neuve-et-Labrador par la flottille de senneurs Tuck, et la pêche a eu

lieu plus tard que la période habituellement observée. Les données biologiques commerciales (composition en longueur, longueur moyenne, condition relative, ratios des sexes et indice gonado-somatique) étaient représentatives de la dernière décennie et aucune tendance temporelle n'était apparente, ce qui aurait indiqué des changements phénotypiques induits par la pêche ou des changements environnementaux directionnels. La présente évaluation décrit les données de la pêche au capelan 4RST, les données biologiques dépendantes de la pêche et les indices d'abondance issus des relevés au chalut de fond dans le sGSL et le nGSL. Ces informations ont été, pour la plupart, présentées lors des évaluations précédentes du stocks (MPO 2021, 2022a), mais sont maintenant complémentées par l'estimation d'indicateurs de l'état du stock tels que le recrutement et la biomasse mature, cette dernière étant utilisée pour l'approximation de l'échelle de la mortalité par la pêche, ce qui est plus approprié puisque les activités de pêche ciblent les individus qui frayent ou sont sur le point de frayer.

La série chronologique de la biomasse mature estimée à partir de l'indice dérivé des relevés au chalut de fond a montré une variabilité interannuelle significative et d'importants intervalles de confiance pour les estimations annuelles. Il n'est présentement pas possible de savoir dans quelle mesure le signal reflète un véritable changement biologique plutôt qu'une erreur d'observation. L'indice de biomasse mature du stock était généralement inférieur à la moyenne au cours de la première décennie (1995 à 2005). Les valeurs les plus élevées de l'indice ont été observées de 2010 à 2013. La biomasse a diminué et a fluctué autour de la moyenne de la série chronologique depuis. L'indice de biomasse mature dans le relevé du nord du Golf Saint-Laurent est en diminution constante depuis 2017, tandis que l'indice dans le sud du Golf Saint-Laurent a varié autour de la série chronologique, avec une augmentation marquée en 2023. L'indice de mortalité par la pêche était basé sur le ratio entre les débarquements et l'indice de biomasse mature, en supposant une capturabilité prudente du relevé accepté dans l'évaluation précédente, et une mortalité naturelle constante entre le moment du relevé et la pêche. Cet indice a été très variable au cours de la période 1996-2023 et était faible en 2022 et 2023. Malgré l'importante variabilité et l'incertitude de la série chronologique, les évidences démontrent que les débarquements sont inférieurs à la consommation estimée de capelans, principalement matures, pas un sous-ensemble de prédateurs, ce qui implique que la mortalité par la pêche est bien plus faible que la mortalité naturelle due à la prédation ou d'autres causes (Savenkoff *et al.* 2004, Ouellette-Plante *et al.* 2022). De plus, ces estimations de la mortalité par la pêche sont considérablement inférieures à une plage de valeurs plausibles de mortalité naturelle (Chamberland *et al.* 2022, Boudreau *et al.* 2023) et aux taux de mortalité par la pêche durables acceptés pour les petits poissons pélagiques (Patterson 1992).

En raison de l'absence d'un point de référence limite approuvé, l'état du stock de capelan 4RST en 2022 et 2023 est incertain. Cependant, étant donné que l'indice de la biomasse mature a varié sans aucune tendance depuis le milieu des années 2010 et que l'indice de mortalité par la pêche était faible selon la biologie de l'espèce, les niveaux de prélèvements atteints depuis 2015 (de 1 161 t à 11 825 t) sont peu susceptibles de poser un risque pour le stock en 2024 et 2025.

6. REMERCIEMENTS

L'évaluation de stock de capelan nécessite la collaboration et la coordination d'employés et de ressources des régions du Québec, du Golfe et de Terre-Neuve-et-Labrador. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé et contribué à l'examen par les pairs de la présente évaluation du stock, incluant Jean-Martin Chamberland, qui a agi en tant que président. Nous remercions également l'équipe de gestion des données et le personnel de soutien technique de l'Institut Maurice-Lamontagne, le réseau des échantillonneurs à quai du MPO, les divisions de statistique du MPO, les gestionnaires régionaux des pêches du MPO et

tous les intervenants qui ont fourni leurs connaissances, le contexte historique et des échantillons. On tient également à souligner la contribution de la Garde côtière canadienne et de l'équipage du NGCC *Cabot* et *Cartier* (relevés multi-espèce au chalut de fond effectués par le MPO en août et en septembre). Enfin, nous remercions Keith Lewis et Andrew Smith d'avoir révisé une version antérieure de ce document.

7. RÉFÉRENCES CITÉES

- Aarflot, J.M., Dalpadado, P., et Fiksen, Ø. 2020. Foraging success in planktivorous fish increases with topographic blockage of prey distributions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 644: 129–142.
- Bailey, R.F.J., Able, K.W., et Leggett, W.C. 1977. Seasonal and Vertical Distribution and Growth of Juvenile and Adult Capelin (*Mallotus villosus*) in the St. Lawrence Estuary and Western Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 2015–2029.
- Benoît, H.P., et Swain, D.P. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 2088–2104.
- Benoît, H.P., et Yin, Y. 2023. [Résultats des pêches comparatives entre le NGCC Teleost pêchant le chalut Western IIA et le NGCC Capt. Jacques Cartier pêchant le chalut NEST dans le sud du golfe du Saint-Laurent en 2021 et 2022](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/083. xiv + 187 p.
- Boudreau, M. et Duplisea, D. 2022. Outil d'aide à la décision pour la sélection des méthodes permettant d'obtenir des indicateurs de la santé et des points de référence pour des stocks limités en données. *Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat.* 3237: vii + 67 pp.
- Boudreau, M., Chamberland, J.M., Girard, L., Boudreau, M., Benoît, H., Lehoux, C., Smith, A., Galbraith, P. et Plourde, S. 2023. [Le capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent \(OPANO 4RST\) en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/018. v + 54 p.
- Bourdages, H., Brassard, C., Desgagnés, M., Galbraith, P., Gauthier, J., Nozères, C., ScallionChouinard, P.-M. et Senay, C. 2019. [Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d'août 2018 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/037. iv + 87 p.
- Buren, A. D., Koen-Alonso, M. et Montevecchi, W. A. 2012. Linking predator diet and prey availability: common murre and Capelin in the Northwest Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 445: 25-35.
- Carscadden, J.E. 1979. [Capelin \(*Mallotus villosus*\) in the Gulf of St. Lawrence](#). CAFSAC Res. Doc. 1979/24. 13 p.
- Carscadden, J.E. et Misra, R.K. 1979. Multivariate Analysis of Meristic Characters of Capelin (*Mallotus villosus*) in the Northwest Atlantic. *ICNAF Res. Doc.* 79/II/29. Serial No. 5355.
- Carscadden, J.E. et Miller, D.S. 1981. Estimation of Natural Mortality of Newfoundland Capelin using the Icelandic method. *ICNAF Res. Doc.* 80/11/45. Ser. No. N077. 8 p.
- Cayuela, H., Rougemont, Q., Laporte, M., Mérot, C., Normandeau, E., Dorant, Y., Tørresen, O.K., Hoff, S.N.K., Jentoft, S., Sirois, P., Castonguay, M., Jansen, T., Præbel, K., Clément, M. et Bernatchez, L. 2020. Shared ancestral polymorphisms and chromosomal rearrangements as potential drivers of local adaptation in a marine fish. *Mol. Ecol.* 29(13): 2379–2398.
- Chadwick, E.M.P., Brodie, W., Clark, D., Gascon, D., et Hurlbut, T.R. 2007. History of annual multi-species trawl surveys on the Atlantic coast of Canada. *Atlantic Zonal Monitoring Program Bull.* 6: 25–42.

-
- Chamberland, J.-M., Plourde, S. et Benoît, H. B. 2022. [Caractéristiques biologiques, facteurs affectant la capturabilité et indices d'abondances du capelan dans les relevés multi spécifiques au chalut de fond du sud et du nord du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/077. iv + 47 p.
- Chamberland, J.-M., Bourdages, H., Desgagnés, M., Galbraith, P., Isabel, L., Ouellette-Plante, J., Roux, M.-J., Scallon-Chouinard, P.-M. et Senay, C. 2025. [Résultats préliminaires du relevé écosystémique d'août 2024 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/032. iv + 102 p.
- Christiansen, J. S., Præbel, K., Siikavuopio, S. I., et Carscadden, J. E. 2008. Facultative semelparity in Capelin *Mallotus villosus* (Osmeridae)-an experimental test of a life history phenomenon in a sub-arctic fish. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 360(1): 47-55.
- Courtois, R. et Dodson, J.J. 1986. Régime alimentaire et principaux facteurs influençant l'alimentation des larves de capelan (*Mallotus villosus*), d'éperlan (*Osmerus mordax*) et de hareng (*Clupea harengus harengus*) dans un estuaire partiellement mélangé. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 968–979.
- Courtois, R., Simoneau, M. et Dodson, J.J. 1982. Interactions multispécifiques: répartition spatio-temporelle des larves de capelan (*Mallotus villosus*), d'éperlan (*Osmerus mordax*) et de hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus harengus*) au sein de la communauté planctonique de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1164–1174.
- Daigle, D., et Benoît, H.P. 2007. Procedures for commercial catch sampling of finfish and shrimp in the southern Gulf of St. Lawrence (Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region). *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2833: iv + 63 p.
- Dalpadado, P. et 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. et Montevecchi, W.A. 2006. Shoal behaviour and maturity relations of spawning Capelin (*Mallotus villosus*) off Newfoundland: demersal spawning and diel vertical movement patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63: 268–284.
- de Lafontaine, Y., Demers, S. et Runge, J. 1991. Pelagic Food Web Interactions and Productivity in the Gulf of St. Lawrence: A perspective. *In* The Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary? Edited by J.-C. Therriault. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 113: 350 p.
- Dodson, J.J., Tremblay, S., Colombani, F., Carscadden, J.E. et Lecomte, F. 2007. Trans-Arctic dispersals and the evolution of a circumpolar marine fish species complex, the Capelin (*Mallotus villosus*). *Mol. Ecol.* 16: 5030–5043.
- Essington, T.E., Moriarty, P.E., Froehlich, H.E., Hodgson, E.E., Koehn, L.E., Oken, K.L., Siple, M.C. et Stawitz, C.C. 2015. Fishing amplifies forage fish population collapses. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112(21): 6648-6652.
- Fletcher, R.I. 1978. On the restructuring of the Pella-Tomlinson system. *Fish. Bull.* 76: 515-521.
- Fortier, L. et Leggett, W.C. 1983. Vertical migrations and transport of larval fish in a partially mixed estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1543–1555.
- Fortier, L. et Leggett, W.C. 1985. A drift study of larval fish survival. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 245–257.

-
- Frank, K.T. et Leggett, W.C. 1981. Prediction of egg development and mortality rates in Capelin (*Mallotus villosus*) from meteorological, hydrographic, and biological factors. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1327–1338.
- Friis-Rødel, E. et Kanneworff, P. 2002. [A review of capelin \(*Mallotus villosus* \) in Greenland waters](#). ICES J. Mar. Sci. 59(5): 890–896.
- Grégoire, F. et Girard, L. 2014. Abondance et distribution des œufs et des larves de poissons autres que le maquereau bleu (*Scomber scombrus* L.) récoltés dans le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1983 et 2013. Rapp. stat. can. sci. halieut. aquat. 1256. ix + 218 p.
- Grégoire, F., Girard, L., Beaulieu, J.-L., Lussier, J.-F. et Bruneau, B. 2013. [Capelin \(*Mallotus villosus*\) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence \(NAFO Divisions 4RST\) in 2012](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/023. vi + 90 p.
- Harley, S.J., Myers, R.A., Barrowman, N.J., Bowen, K. et Amiro, R. 2001. [Estimation of research trawl survey catchability for biomass reconstruction of the eastern Scotian Shelf](#). Can. Stock Asses. Sec. Res. Doc. 2001/084.
- ICES. 2023. [Benchmark workshop on Capelin \(WKCAPELIN\)](#). ICES Sci. Rep. 5:62. 282 pp.
- Ingvaldsen, R.B. et Gjøsæter, H. 2013. Responses in spatial distribution of Barents Sea Capelin to changes in stock size, ocean temperature and ice cover. Mar. Biol. Res. 9(9): 867–877.
- Jacquaz, B., Able, K.W. et Leggett, W.C. 1977. Seasonal distribution, abundance, and growth of larval Capelin (*Mallotus villosus*) in the St. Lawrence Estuary and Northwestern Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 34: 2008–2014.
- Kenchington, E.L., Nakashima, B.S., Taggart, C.T. et Hamilton, L.C. 2015. Genetic structure of Capelin (*Mallotus villosus*) in the Northwest Atlantic Ocean. PLoS ONE. 10(3): e0122315.
- Lambert, J.-D. et Bernier, B. 1989. [Observations on 4RST Capelin in the Gulf of St. Lawrence \(A retrospective, 1984–1987\)](#). CAFSAC Res. Doc. 89/8. 33p.
- Lambert, J.-D. et Ménager, B. 1998. Protocoles d'échantillonnage des captures commerciales de poissons et d'invertébrés marins du golfe du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2208. x + 246 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.
- Lehoux, C., Plourde, S., Chamberland, J.-M., et Benoît, H. 2022. [Relier les variations interannuelles des indices d'abondance du capelan dans le golfe du Saint-Laurent aux indicateurs environnementaux de la régulation ascendante de la force des cohortes](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/068. iv + 58 p.
- Lewis, K.P., Buren, A.D., Regular, P.M., Mowbray, F.K. et Murphy, H.M. 2019. Forecasting Capelin *Mallotus villosus* biomass on the Newfoundland shelf. Mar. Ecol. Prog. Ser. 616: 171–183.
- Maxner, E., Halden, N.M., Roth, J.D. et Davoren, G.K. 2016. Intrinsic factors influence the timing of arrival of Capelin (*Mallotus villosus*) to spawning grounds in coastal Newfoundland. Fish. Res. 179: 202–212.
- McQuinn, I.H., Bourassa, M.-N., Tournois, C., Grégoire, F. et Baril, D. 2012. [Ecologically and biologically significant areas in the Estuary and Gulf of St. Lawrence: small pelagic fishes](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/087. iii + 76 p.
-

-
- Mecklenburg, C.W. et Steinke, D. 2015. [Ichthyofaunal baselines in the Pacific Arctic region and RUSALCA study area](#). Oceanography. 28(3): 158–189.
- Mecklenburg, C.W., Lynghammar, A., Johannesen, E., Byrkjedal, I., Christiansen, J.S., Dolgov, A.V., Karamushko, O.V., Mecklenburg, T.A., Møller, P.R., Steinke, D. et Wienerroither, R.M. 2018. Marine Fishes of the Arctic Region. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri, Iceland. 1. 454 p.
- Mowbray, F.K. 2002. Changes in the vertical distribution of Capelin (*Mallotus villosus*) off Newfoundland. ICES J. Mar. Sci. 59: 942–949.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#). Dernière mise à jour le 23 mars 2009.
- MPO. 2021. [Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(divisions 4RST\) en 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/027.
- MPO. 2022a. [Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(divisions 4RST\) en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/023.
- MPO. 2022b. [Évaluation du capelan des divisions 2J3KL en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/013.
- MPO. 2023a. [Mise à jour des indicateurs de l'état du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(divisions 4RST\) en 2022](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2023/030.
- MPO. 2023b. [Avis scientifique concernant les lignes directrices sur les points de référence limites dans le cadre des dispositions relatives aux stocks de poissons](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2023/009.
- MPO. 2024. [Évaluation du stock de capelan \(*Mallotus villosus*\) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(divisions 4RST\) en 2022 et 2023](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2024/021.
- Nakashima, B.S., Carscadden, J.E. et Lilly, G.R. 1982. [Capelin \(*Mallotus villosus*\) biology and history of the fishery in the Northern Gulf of St. Lawrence, Div. 4RS](#). CAFSAC Res. Doc. 82/29. 11 p.
- O'Boyle, R.N. et Lett, P.F.K. 1977. [Status of Capelin \(*Mallotus villosus*\) stocks in the Gulf of St. Lawrence](#). CAFSAC Res. Doc. 77/4. 18 p.
- O'Driscoll, R.L., Rose, G.A. et Anderson, J.T. 2002. Counting Capelin: a comparison of acoustic density and trawl catchability. ICES J. Mar. Sci. 59(5): 1062–1071.
- Ogle, D.H., Doll, J.C., Wheeler, A.P., et Dinno, A. 2023. [FSA: Simple Fisheries Stock Assessment Methods](#). R package version 0.9.5.
- Ouellet, P. 1987. Distribution automnale des stades larvaires de capelan (*Mallotus villosus*) et de hareng (*Clupea harengus*) dans le nord du golfe Saint-Laurent en Octobre 1985. Rapp. tech. Can. sci. halieut. aquat. 1583 : 27 p.
- Ouellet, P., Bui, A.O.V., Lavoie, D., Chassé, J., Lambert, N., Ménard, N. et Sirois, P. 2013. Seasonal distribution, abundance, and growth of larval Capelin (*Mallotus villosus*) and the role of the Lower Estuary (Gulf of St. Lawrence, Canada) as a nursery area. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 70: 1508–1530.

-
- Ouellette-Plante, J., Chabot, D., Nozères, C. et Bourdages, H. 2020. Régimes alimentaires de poissons démersaux provenant des relevés écosystémiques du NGCC *Teleost* dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent, août 2015-2017. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3383: v + 124 p.
- Ouellette-Plante, J., Benoît, H.P., Plourde, S. et Chabot, D. 2022. [Estimations préliminaires de consommation annuelle de capelan par la morue franche et le flétan du Groenland](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/013. iv + 50 p.
- Parent, S. et Brunel, P. 1976. Aires et Périodes de Fraye du Capelan (*Mallotus villosus*) Dans L'Estuaire et le Golfe du Saint-Laurent. Ministère de l'Industrie et du Commerce. Direction Générale des Pêches Maritimes. Service de biologie. Travaux sur les pêcheries du Québec. Gouvernement du Québec no. 45.
- Patterson, K. 1992. Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. Rev. Fish Biol. Fish. 2(4): 321–338.
- Penton, P.M., Davoren, G.K., Montevecchi, W.A. et Andrews, D.W. 2012. Beach and demersal spawning in Capelin (*Mallotus villosus*) on the northeast Newfoundland coast: Egg developmental rates and mortality. Can. J. Zool. 90: 248-256.
- Præbel K., Westgaard, J.I., Fevolden, S.E., et Christiansen, J.S. 2008. [Circumpolar genetic population structure of Capelin *Mallotus villosus*](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 360: 189–199.
- Projet de loi C-68: [Loi modifiant la Loi sur les pêches et d'autres lois en conséquence](#). 2019. Première lecture le 6 Février 2018, 42ième législature, 2ième session.
- Purchase, C.F. 2018. Low tolerance of salt water in a marine fish: new and historical evidence for surprising local adaption in the well-studied commercially exploited Capelin. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 75: 673–681.
- Rose, G.A. 1988. Temporal and spatial variability in onshore Cod (*Gadus morhua*) migrations: Associations with atmosphere-ocean dynamics and Capelin (*Mallotus villosus*) distributions (PhD Thesis). McGill University. Montreal, Quebec, Canada. 307 p.
- Rose, G.A. 2005. Capelin (*Mallotus villosus*) distribution and climate: a sea “canary” for marine ecosystem change. ICES J. Mar. Sci. 62: 1524–1530.
- Savenkoff, C., Grégoire, F. et Chabot, D. 2004. Main prey and predators of Capelin (*Mallotus villosus*) in the northern and southern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s and mid-1990s. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2551: vi + 30 p.
- Sharp, J.C., Able, K.W., Leggett, W.C. et Carscadden, J.E. 1978. The utility of meristic and morphometric characters in the identification of Capelin (*Mallotus villosus*) stocks in Canadian Atlantic waters. J. Fish. Res. Board Can. 35: 124–130.
- Simard, Y., Lavoie, D. et Saucier, F.J. 2002. [Channel head dynamics: Capelin \(*Mallotus villosus*\) aggregation in the tidally driven upwelling system of the Saguenay-St. Lawrence Marine Parks's whale feeding ground](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 197–210.
- Sirois, P., Diab, G., Fortin, A.-L., Plourde, S., Gagné, J.A. et Ménard, N. 2009. [Recrutement des poissons dans le fjord du Saguenay](#). Rev. Sci. Eau. 22(2): 341–352.
- Templeman, W. 1948. The life history of the Capelin (*Mallotus villosus* O.F. Müller) in Newfoundland waters. St-John's NFLD: Newfoundland Government Laboratory. 151 p.

Uriarte, A., Ibaibarriaga, L., Sánchez-Maróño, S., Abaunza, P., Andrés, M., Duhamel, E., Jarding, E., Pawlowski, L., Prellezo, R. et Roel, B. A. 2023. Lessons learnt on the management of short-lived fish from the Bay of Biscay anchovy case study: satisfying fishery needs and sustainability under recruitment uncertainty. *Mar. Policy*. 150: 105512.

Vesin, J.-P. 1981. The Feeding Ecology of Capelin (*Mallotus villosus*) in the Estuary and Western Gulf of St. Lawrence (PhD Thesis). McGill University. Montreal, Quebec, Canada. 33 p.

Winters, G .H. 1970 . Biological changes in coastal capelin from over-wintering to the spawning condition. *J. Fish. Res. Board Can.* 27 : 2215-2224.

TABLEAUX

Tableau 1. Récapitulatif de la répartition du quota de pêche au capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, par division de l'OPANO et type d'engin. Les zones de pêche du capelan (ZPC) sont indiquées entre parenthèses.

Division OPANO	Type d'engin	Type de Quota	Allocation (%)
4R (12*–14)	Engin fixe	Compétitif	37,82
	Engin mobile < 65'	Quota individuel	24,15
	Engin mobile ≥ 65'	Compétitif	24,15
4ST (15–16)	Tous les types d'engin	Compétitif	13,88

* La ZPC 12 inclut la sous-division 3Pn de l'OPANO et des parties de la sous-division 3Ps.

Tableau 2. Débarquements commerciaux^{1,2}(t) par division OPANO et total depuis 1960 et TAC (t) et pourcentage (%) du TAC de capelan capturé depuis 1981 dans les divisions 4RST de l'OPANO. Les moyennes décennales des débarquements commerciaux sont également indiqués.

Année	DIVISION			Total	TAC	%
	4R	4S	4T			
1960	600	46	32	678	-	-
1961	424	50	90	564	-	-
1962	514	4	143	661	-	-
1963	444	13	94	551	-	-
1964	563	33	101	697	-	-
1965	755	50	100	905	-	-
1966	735	88	43	866	-	-
1967	724	39	150	913	-	-
1968	734	30	32	796	-	-
1969	1 394	92	82	1 568	-	-
1970	339	75	42	456	-	-
1971	403	15	46	464	-	-
1972	370	41	126	537	-	-
1973	270	84	75	429	-	-
1974	180	113	128	421	-	-
1975	68	94	105	267	-	-
1976	92	48	336	476	-	-
1977	1 514	69	318	1 901	-	-
1978	8 341	37	1 323	9 701	-	-
1979	5 737	1 132	2 163	9 032	-	-
1980	1 939	15	1 566	3 520	-	-
1981	2 164	1	237	2 402	25 000	10
1982	156	2	235	393	25 000	2
1983	920	-	104	1 024	25 000	4
1984	1 907	-	180	2 087	25 000	8
1985	2 573	-	545	3 118	25 000	12
1986	3 721	-	226	3 948	25 000	16
1987	906	-	67	973	25 000	4
1988	4 386	129	248	4 763	25 000	19
1989	5 257	1 078	444	6 779	25 000	27
1990	6 105	164	153	6 422	25 000	26
1991	7 166	59	247	7 472	21 300	35
1992	7 851	856	56	8 763	5 750	152
1993	9 398	1 262	237	10 897	10 750	101
1994	592	208	165	966	11 725	8
1995	15	90	47	152	11 725	1
1996	6 265	461	172	6 898	9 850	70
1997	7 399	252	238	7 889	11 725	67
1998	8 749	126	776	9 652	11 725	82
1999	4 735	10	166	4 911	12 425	40

Année	DIVISION			Total	TAC	%
	4R	4S	4T			
2000	5 129	-	-	5 129	12 425	41
2001	741	-	-	741	12 425	6
2002	3 295	77	20	3 392	12 425	27
2003	5 032	-	-	5 032	7 455	68
2004	6 521	-	-	6 521	7 455	87
2005	8 659	305	34	8 998	13 000	69
2006	9 322	2 039	518	11 880	13 000	91
2007	6 097	1 344	471	7 911	13 000	61
2008	7 846	2 126	99	10 071	13 000	77
2009	10 147	527	1 405	12 080	13 000	93
2010	8 769	795	1 258	10 822	13 000	83
2011	9 890	974	1 449	12 314	13 000	95
2012	8 914	478	147	9 539	13 000	73
2013	6 350	236	-	6 587	14 300	46
2014	5 683	20	-	5 703	14 300	40
2015	11 361	107	357	11 825	14 300	83
2016	9 326	78	373	9 777	14 300	68
2017	1 945	19	1	1 965	14 300	14
2018	8 141	356	6	8 503	9 295	91
2019³	7 569	427	490	8 487	9 295	91
2020³	7,876	1 858	547	10 281	9 295	111
2021³	8 013	1 733	188	9 934	9 295	107
2022³	4 886	117	10	5 013	10 225	49
2023³	1 147	12	2	1 161	10 225	11

Moyennes Décennales

Période	DIVISION			Total
	4R	4S	4T	
1960–1969	689	45	87	820
1970–1979	1 731	171	466	2 368
1980–1989	2 393	122	385	2 901
1990–1999	5 828	349	226	6 402
2000–2009	6 279	642	255	7 176
2010–2019	7 795	349	408	8 552
2020–2023 ³	5 481	930	187	6 598

¹De 1960 à 1978, ICNAF Statistical Bulletins Vol. 10 à 28; De 1979 à 1984 : NAFO Statistical Bulletins Vol. 29 à 34

²Fichier ZIFF depuis 1985

³Données préliminaires

Tableau 3. Débarquements commerciaux (t) de capelan par zone unitaire des divisions OPANO 4R, 4S et 4T depuis 1985.

Année	4RA	4RB	4RC	4RD	NK	TOTAL 4R	4SI	4SS	4SV	4SW	4SX	4SY	4SZ	NK	TOTAL 4S	4TF	4TG	4TJ	4TK	4TM	4TN	4TO	4TP	4TQ	NK	TOTAL 4S
1987	624	96	146	1	40	906	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	67
1988	1 429	18	20	12	2,907	4 386	-	-	-	124	-	5	-	-	129	-	-	-	-	-	-	-	248	-	-	248
1989	1 897	47	585	76	2,652	5 257	-	-	2	1 075	-	1	-	-	1 078	-	-	-	-	-	-	-	402	7	35	444
1990	1 959	479	925	104	2,639	6 105	-	-	9	155	-	-	-	-	164	-	-	-	-	-	-	-	141	11	-	153
1991	154	82	4 907	2 023	-	7 166	-	-	-	7	-	-	51	-	59	-	-	-	-	65	-	-	160	23	-	247
1992	1 554	1 506	4 675	117	-	7 851	-	-	-	855	-	-	1	-	856	-	-	-	-	-	-	-	56	-	-	56
1993	791	1 543	5 142	1 922	-	9 398	-	-	-	1 262	-	-	-	-	1 262	-	-	-	-	-	108	-	129	-	-	237
1994	10	265	245	72	-	592	-	-	2	205	-	-	-	-	208	-	-	-	-	47	22	-	96	-	-	165
1995	15	-	-	-	-	15	-	-	-	90	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	3	39	5	-	47
1996	630	1 841	3 364	430	-	6 265	-	-	-	415	-	-	46	-	461	-	-	-	-	-	5	5	152	10	-	172
1997	734	2 480	4 171	14	-	7 399	4	-	-	202	-	30	16	-	252	2	5	-	-	7	2	2	214	5	-	238
1998	1 827	3 791	2 550	581	-	8 749	-	-	-	126	-	-	-	-	126	-	-	-	-	-	697	-	-	-	79	776
1999	29	1 675	3 031	-	-	4 735	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	70	77	-	-	-	19	166
2000	-	356	4 773	-	-	5 129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	605	136	-	741	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	115	856	2 323	-	-	3 295	-	-	-	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
2003	513	1 070	3 450	-	-	5 032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3 630	645	2 185	61	-	6 521	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	5 025	1 028	2 260	346	-	8 659	-	-	-	305	-	-	-	-	305	-	-	-	-	-	-	-	34	-	-	34
2006	6 027	9	2 530	756	-	9 322	66	149	-	1 317	507	-	-	-	2 039	-	-	-	-	-	474	-	43	-	-	518
2007	5 326	6	691	73	-	6 097	-	-	-	1 344	-	-	-	-	1 344	-	-	-	-	-	430	-	41	-	-	471
2008	883	188	2 692	4 083	-	7 846	-	-	-	1 420	-	-	-	706	2 126	-	-	-	-	-	66	-	33	-	-	99
2009	2 570	2 929	4 116	531	-	10 147	-	-	-	527	-	-	-	-	527	-	-	-	-	-	1 367	-	39	-	-	1 405
2010	2 409	4 785	1 442	133	-	8 769	-	-	-	795	-	-	-	-	795	-	-	-	-	-	1 258	-	-	-	-	1 258
2011	3 378	507	4 021	1 985	-	9 890	-	-	-	974	-	-	-	-	974	24	-	-	16	-	1 409	-	-	-	-	1 449
2012	1 418	1 759	5 590	147	-	8 914	-	-	-	478	-	-	-	-	478	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	147
2013	5 557	344	16	378	54	6 350	-	-	-	236	-	-	-	-	236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	5 197	322	10	154	-	5 683	-	-	-	20	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	8 048	1 746	1 309	258	-	11 361	-	-	-	107	-	-	-	-	107	-	-	-	-	-	357	-	-	-	-	357
2016	6 026	2 425	811	65	-	9 326	-	78	-	-	-	-	-	-	78	-	-	-	-	-	373	-	-	-	-	373
2017	223	1 481	240	0	-	1 945	-	-	-	19	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
2018	2 375	2 633	2 988	145	-	8 141	-	-	-	356	-	-	-	-	356	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	6
2019	3 029	2 500	1 598	442	-	7 569	-	-	-	427	-	-	-	-	427	-	-	-	-	-	480	-	10	-	-	490
2020*	2 358	2 751	2 588	179	-	7 876	-	-	-	1 856	-	1	-	-	1 858	-	-	-	-	-	490	-	53	-	4	547
2021*	2 101	2 443	3 112	357	-	8 013	-	-	-	1 688	45	-	-	-	1 733	155	-	-	-	-	-	-	33	-	-	188
2022	3 730	565	612	28	-	4 935	-	-	-	117	-	-	-	-	117	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10
2023	1 054	-	74	-	-	1 128	-	-	-	12	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2

*Données préliminaires

Tableau 4. Débarquements commerciaux (t) du stock de capelan du GSL par engin de pêche depuis 1985. Divers = senne-boeuf, carrelets fixes, casier, fascine, filet maillant (calé ou fixe), chalut pélagique (poupe), chalut à crevettes, chalut de fond à panneaux (poupe), senne de plage et senne-barrage, inconnu, mains ou outils à main, palangre, pêche à la ligne, divers.

Année	Engins mobiles		Engins fixes		Divers
	Senne bourse < 65	Senne bourse ≥ 65	Trappe	Senne Tuck	
1985	36	2 519	3	-	560
1986	61	3 455	82	-	349
1987	80	761	57	-	75
1988	33	2 907	1 494	-	329
1989	464	2 615	3 166	-	535
1990	2 576	1 598	1 700	-	548
1991	1 729	5 288	161	-	294
1992	2 848	3 925	1 911	-	80
1993	3 559	3 767	3 387	-	184
1994	432	217	210	-	107
1995	-	-	103	-	49
1996	2 883	2 596	1 306	-	113
1997	3 787	2 724	1 204	-	175
1998	3 295	3 186	2 435	-	736
1999	1 834	2 957	11	-	110
2000	1 985	3 143	1	-	-
2001	176	565	-	-	-
2002	1 814	1 481	7	-	90
2003	2 234	2 419	379	-	-
2004	2 128	2 511	1 694	-	188
2005	1 812	3 673	3 073	324	116
2006	2 955	4 380	3 562	788	193
2007	2 727	2 370	2 151	530	133
2008	3 506	3 410	2 135	967	54
2009	3 259	4 186	2 837	1 657	141
2010	3 251	3 946	2 067	1 558	-
2011	3 475	4 285	3 189	1 271	93
2012	3 617	2 951	684	2 204	82
2013	2 461	2 173	906	1 047	-
2014	2 537	1 129	370	1 477	190
2015	3 142	3 867	940	3 834	41
2016	3 257	3 780	623	2 116	-
2017	654	802	25	483	-
2018	2 729	2 213	951	2 462	148
2019*	2 466	2 759	204	3 058	-
2020*	3 600	2 830	362	3 210	259
2021*	3 510	2 396	560	3 342	250
2022*	1 083	395	648	2 901	33
2023*	31	159	165	806	-
Moyenne 1985-2023	1 982	2 243	1 134	1 639	209

*Données préliminaire

Tableau 5. Nombre (#) d'échantillons récoltés et de capelans mesurés par les échantillonneurs à quai dans les divisions OPANO 4RST depuis 1984.

Année	# échantillons			# poissons			# total d'échantillons	# total de poissons
	4R	4T	4S	4R	4T	4S	4RST	4RST
1984	6	-	1	1 193	-	351	7	1 544
1985	7	-	1	1 954	-	375	8	2 329
1986	12	5	9	3 072	1 163	2 077	26	6 312
1987	3	3	7	826	740	1 766	13	3 332
1988	17	9	17	4 484	2 078	4 405	43	10 967
1989	10	5	6	2 470	1 331	1 506	21	5 307
1990	10	17	28	2 585	4 469	7 448	55	14 502
1991	8	14	11	2 036	3 517	2 826	33	8 379
1992	9	12	10	2 302	3 130	2 555	31	7 987
1993	12	10	5	3 141	2 626	1 247	27	7 014
1994	1	10	7	256	2 616	1 657	18	4 529
1995	6	15	11	1 606	4 333	2 986	32	8 925
1996	13	15	15	3 479	6 200	3 811	43	13 490
1997	10	29	25	2 575	7 322	6 433	64	16 330
1998	9	8	5	2 245	2 080	1 359	22	5 684
1999	9	2	8	2 448	515	2 212	19	5 175
2000	6	-	3	1 553	-	553	9	2 106
2001	2	-	-	478	-	-	2	478
2002	7	-	-	1 974	-	-	7	1 974
2003	9	5	12	2 367	1 177	3 270	26	6 814
2004	8	6	4	2 070	1 524	1 015	18	4 609
2005	7	10	9	1 053	1 523	1 702	26	4 278
2006	10	3	4	1 980	542	1 019	17	3 541
2007	7	3	4	1 959	570	981	14	3 510
2008	7	4	2	1 360	770	517	13	2 647
2009	15	4	5	2 640	733	819	24	4 192
2010	6	8	17	1 032	1 317	3 261	31	5 610
2011	4	7	7	722	1 189	1 277	18	3 188
2012	10	3	9	1 941	486	1 507	22	3 934
2013	7	3	13	1 333	504	2 137	23	3 974
2014	4	4	8	783	717	1 240	16	2 740
2015	7	9	11	1 752	1 512	1 810	27	5 074
2016	6	4	19	1 047	627	3 433	29	5 107
2017	4	5	5	723	871	923	14	2 517
2018	9	19	19	1 620	3 144	3 403	47	8 167
2019	7	12	11	1 189	1 895	1 744	30	4 828
2020	-	8	5	-	1 355	780	13	2 135
2021	11	10	8	1 991	1 597	1 221	29	4 809
2022	8	9	5	1 341	1 359	788	22	3 488
2023	3	-	1	650	-	173	4	823

Tableau 6. Nombre (#) de capelans récoltés par les échantillonneurs à quai et analysés en laboratoire depuis 1984.

Année	# échantillons			# de poissons			# total d'échantillons	# total de poissons
	4R	4T	4S	4R	4T	4S	4RST	4RST
1984	6	-	1	191	-	50	7	241
1985	7	-	1	235	-	31	8	266
1986	12	5	9	164	62	98	26	324
1987	3	3	7	114	80	172	13	366
1988	17	9	17	513	188	376	43	1077
1989	10	5	6	208	401	204	21	813
1990	10	17	27	177	222	207	54	606
1991	8	14	11	129	173	157	33	459
1992	9	12	10	169	85	113	31	367
1993	12	10	5	202	157	67	27	426
1994	1	10	8	17	509	306	19	832
1995	6	15	11	202	148	127	32	477
1996	13	15	15	169	162	170	43	501
1997	10	29	25	169	339	343	64	851
1998	9	8	5	139	120	52	22	311
1999	9	2	8	241	36	100	19	377
2000	8	-	3	661	-	58	11	719
2001	2	-	-	54	-	-	2	54
2002	7	-	-	204	-	-	7	204
2003	9	5	12	159	77	135	26	371
2004	8	6	4	238	107	95	18	440
2005	7	10	9	211	176	226	26	613
2006	10	3	4	302	50	94	17	446
2007	7	3	4	218	49	72	14	339
2008	7	4	2	211	60	40	13	311
2009	15	4	5	237	70	66	24	373
2010	6	8	17	157	128	243	31	528
2011	4	7	7	158	148	258	18	564
2012	10	3	9	252	52	109	22	413
2013	7	5	13	204	77	166	25	447
2014	4	6	8	170	61	90	18	321
2015	7	9	11	217	132	141	27	490
2016	6	4	20	177	60	280	30	517
2017	4	5	5	144	71	55	14	270
2018	9	19	19	238	220	365	47	823
2019	7	12	11	209	162	131	30	502
2020	-	8	5	-	134	51	13	185
2021	11	10	8	258	113	97	29	468
2022	8	5	9	245	75	119	22	439
2023	3	-	1	121	-	20	4	141

Tableau 7. Trait du cycle biologique et préférences environnementales utilisés pour l'estimation des valeurs de M à l'aide de la fonction $metaM$.

Paramètres	Valeurs
Âge maximum	5
Coefficient de croissance pour la fonction de croissance de von Bertalanffy	0,5896
Longueur moyenne asymptotique (cm) d'après l'ajustement de la fonction de croissance de von Bertalanffy	17,6
Ordonnée à l'origine de l'ajustement de la fonction de croissance de von Bertalanffy	-0,4922
Exposant de la relation poids-longueur	3,25
Longueur corporelle du poisson (cm)	16
Température à laquelle vit le poisson (°C)	2
Âge (temps) à laquelle la moitié des poissons dans la population sont matures	3
Poids moyen asymptotique (g) selon l'ajustement de la fonction de croissance de von Bertalanffy	32,86

Tableau 8. Valeurs de mortalité naturelle estimées avec différentes méthodes de la fonction $metaM$.

Méthodes	Valeurs
PaulyL	0,43
PaulyW	0,45
ZhangMegreyP	0,49
RikhterEfanov1	0,53
HoenigOC	0,63
Charnov	0,68
Gislason	0,73
HewittHoenig	0,84
HoenigOF	0,85
ZhangMegreyD	0,85
AlversonCarney	0,86
HoenigO	0,87
JensenK1	0,88
HoenigOM	0,90
HoenigO2	0,97
HoenigO2C	0,98
HoenigO2F	0,98
HoenigO2M	0,99
K1	1
K2	1,01
tmax1	1,02
JensenK2	1,08
PaulyLNoT	1,09
HoenigLM	1,10
HoenigNLS	1,12

Tableau 9. Résumé des valeurs d'indicateurs du niveau de prélèvement estimés de 1996 à 2021 et en 2022 et 2023. (IC : intervalle de confiance)

Indicateurs	Moyenne [IC 95%]	Minimum	Maximum	2022	2023
Taux d'exploitation	0,094 [0,071; 0,117]	0,009	0,204	0,048	0,049
Mortalité par la pêche	0,101 [0,075; 0,127]	0,009	0,228	0,048	0,049

Tableau 10. Résumé des valeurs de PRL estimées avec les indicateurs chalutable et mis à l'échelle (biomasse mature et recrutement)

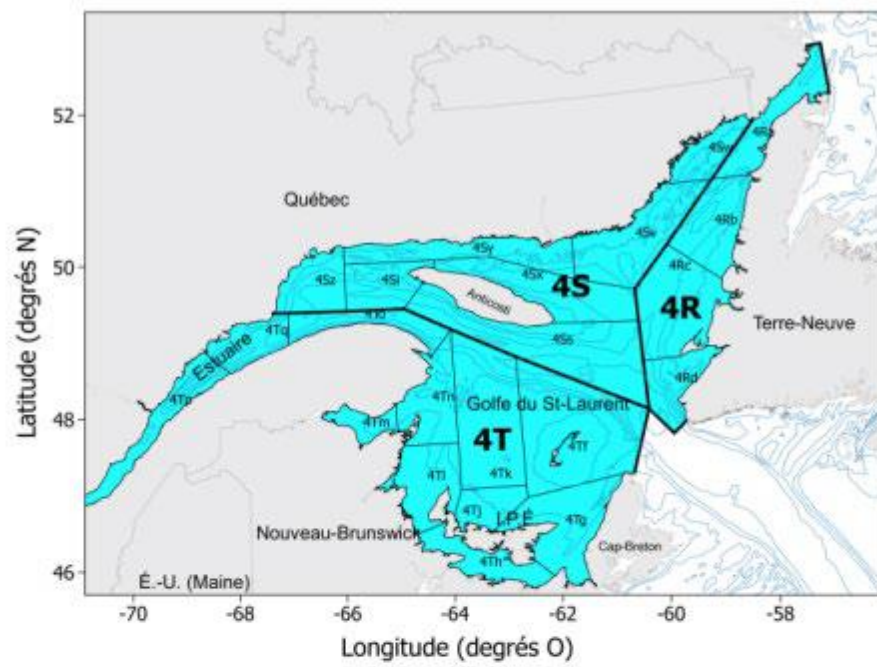
Indicateurs	B _{min} -rétablissement	B _{min} -bon recrutement	B _{BRMD} -Élevé	B _{BRMD} -Productif	B _{opt}
Chalutable	811 t	3 237 t	9 593 t	3 113 t	2 597 t
À l'échelle	12 784 t	50 148 t	140 809 t	45 375 t	37 803 t

Tableau 11. Valeur moyenne de la biomasse mature et estimations de l'intervalle de confiance (IC) à 95 % obtenues avec les analyses de percentiles pour le calcul des PRL B_{min} et B_{opt} en fonction des valeurs en percentiles de la biomasse mature, du recrutement et de la production excédentaire avec les indicateurs chalutable et mis à l'échelle.

Scénario	B _{min}		B _{opt}	
	Moyenne	IC 95 %	Moyenne	IC 95 %
Chalutable	3 237	[2 987; 3 487]	2 597	[2 516; 2 678]
À l'échelle	50 148	[49 266; 51 029]	37 803	[36 526; 39 081]

FIGURES

A)



B)

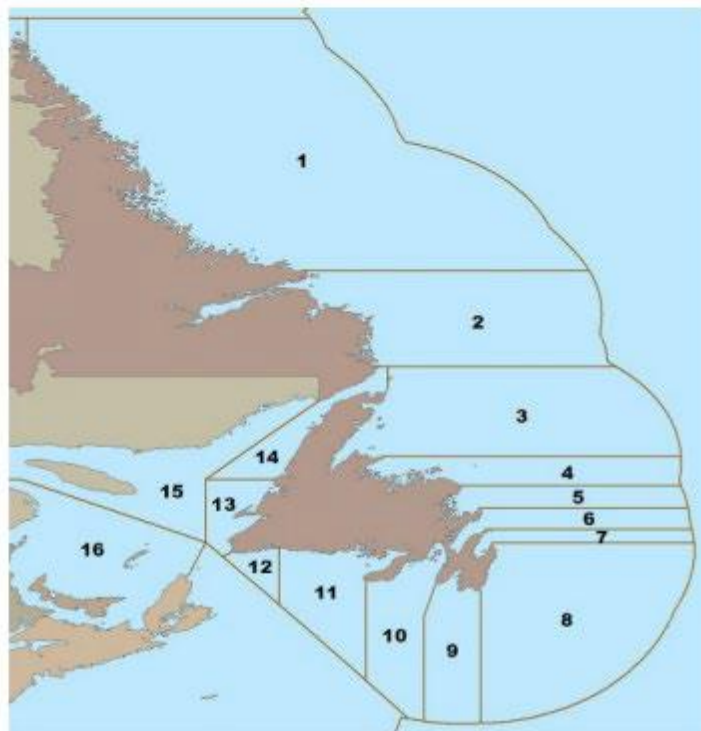


Figure 1. Cartes A) des sous-divisions OPANO dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et B) des zones de pêches au capelan.

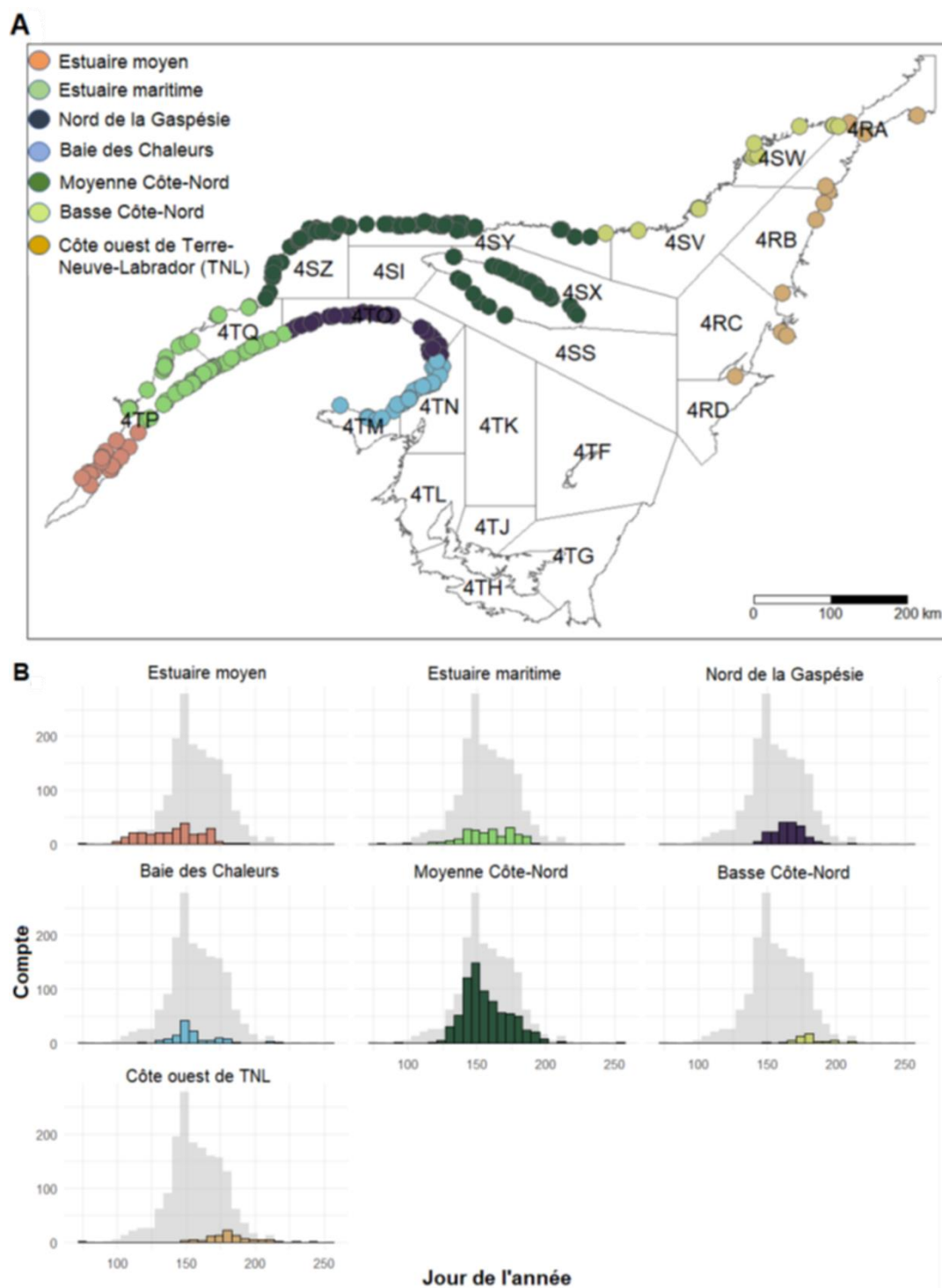


Figure 2. A) Carte présentant les observations de fraie la plage, les régions et les sous-divisions de l'OPANO du Réseau d'observateurs du capelan (source : [OGSL](#)) et B) histogrammes des activités de fraie observées, classées par semaine entre 2006 et 2018. Dans le graphique du bas, la somme de toutes les observations est présentée en gris et les histogrammes colorés représentent les observations désagrégées par région.

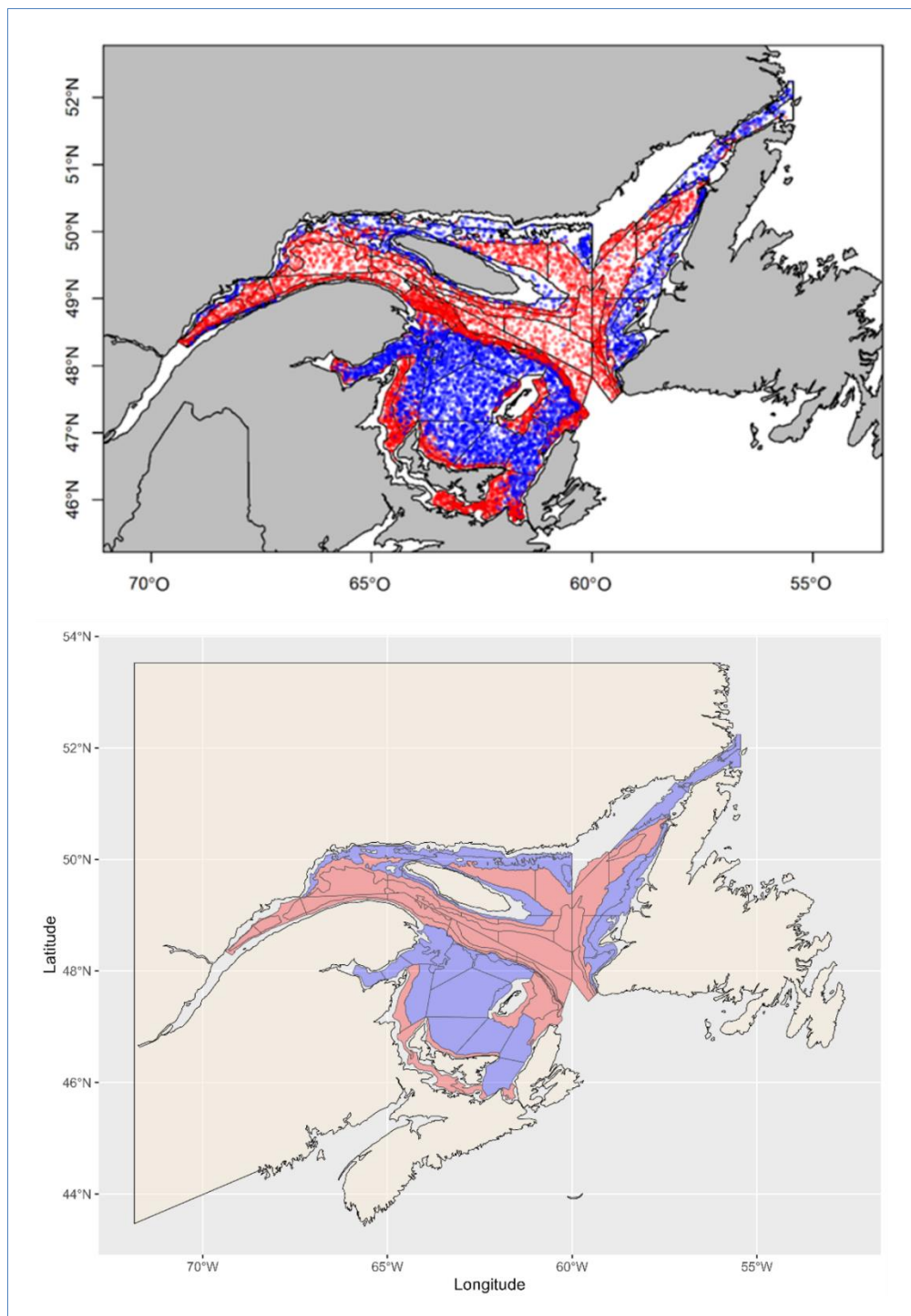


Figure 3. Carte des traits des relevés au chalut de fond dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent effectués à l'intérieur (bleu) et à l'extérieur (rouge) de l'habitat thermique préférentiel du capelan (panneau supérieur, source Chamberland et al. 2022). Carte des strates du nord et du sud du golfe Saint-Laurent identifiées comme habitat thermique préférentiel (bleu) et défavorable (rouge) pour le capelan (panneau inférieur).

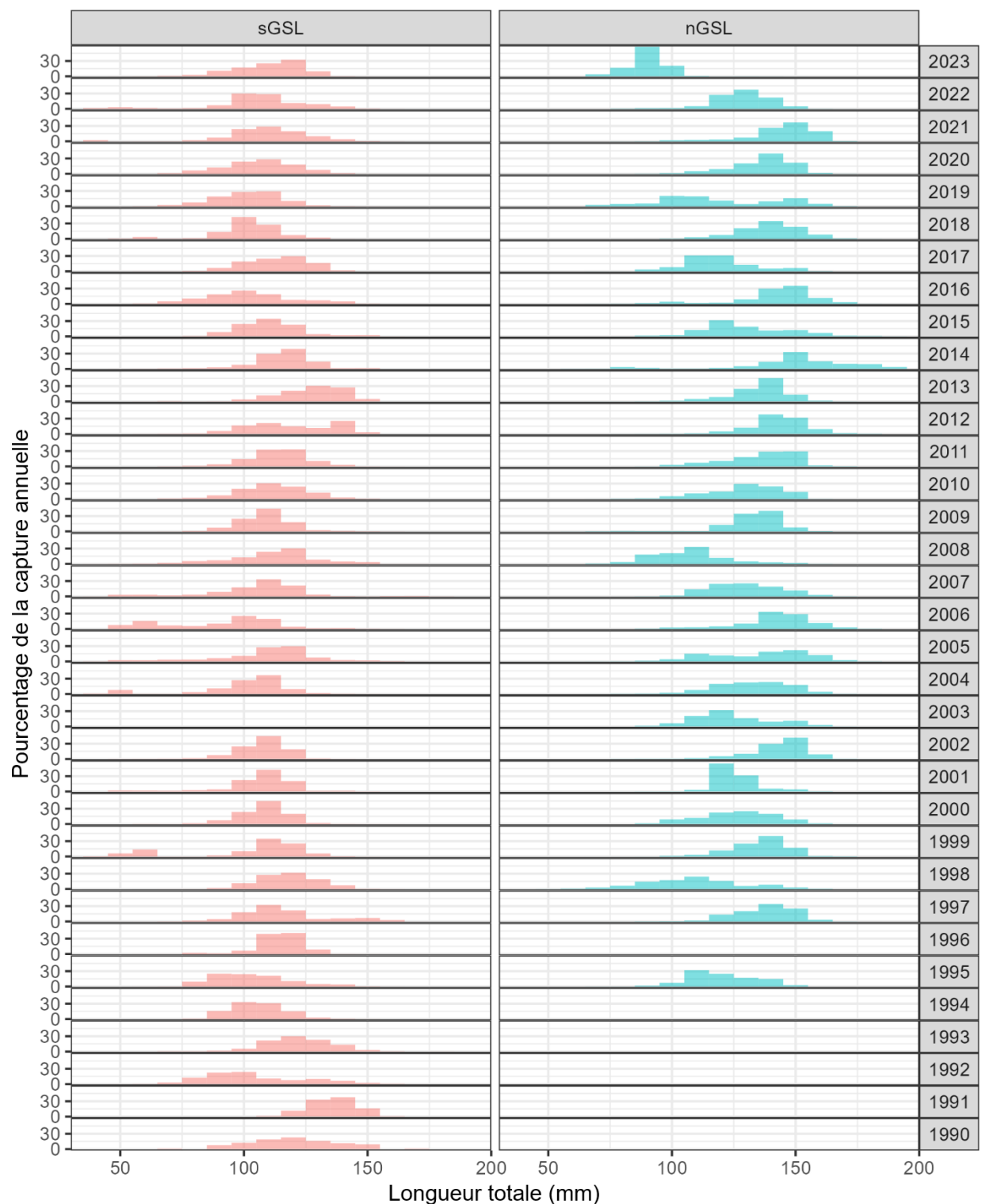


Figure 4. Comparaison des distributions annuelles de fréquences de longueur relatives des relevés au chalut de fond dans le sud et le nord du golfe Saint-Laurent de 1990 à 2023. À noter que les fréquences de longueur ne sont pas représentés pour les relevés du nGSL de 1990 à 1994 puisque les données de longueurs étaient insuffisantes ($n = 63$ en 1990) ou parce qu'aucune donnée de longueur n'a été prise (1991 à 1994).

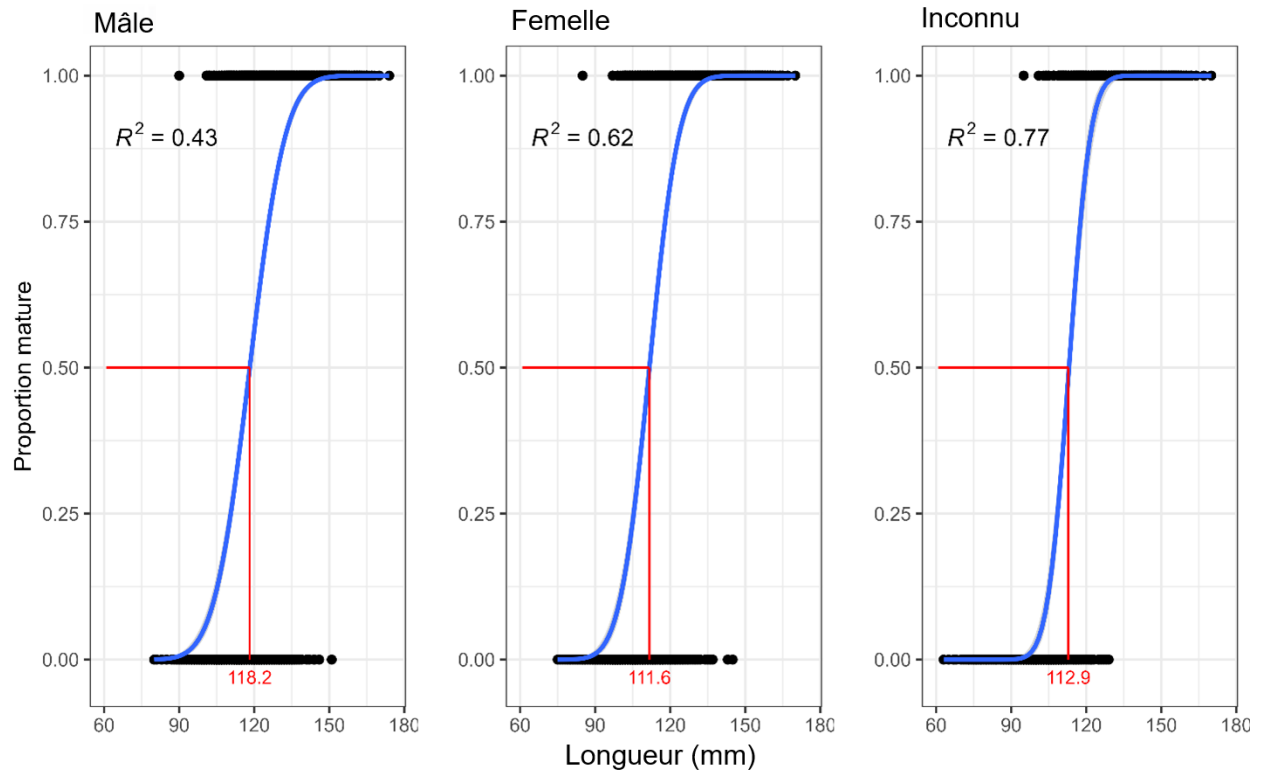


Figure 5. Ogive de maturité du capelan (lignes bleues) d'après les données des poissons récoltés dans les relevés au chalut de fond de 2018 à 2023 dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent. La longueur à laquelle 50 % des poissons sont matures (lignes rouges) a été estimée à 11,2 mm, 111,6 mm et 112,9 mm pour les mâles, les femelles et les sexes inconnus respectivement.

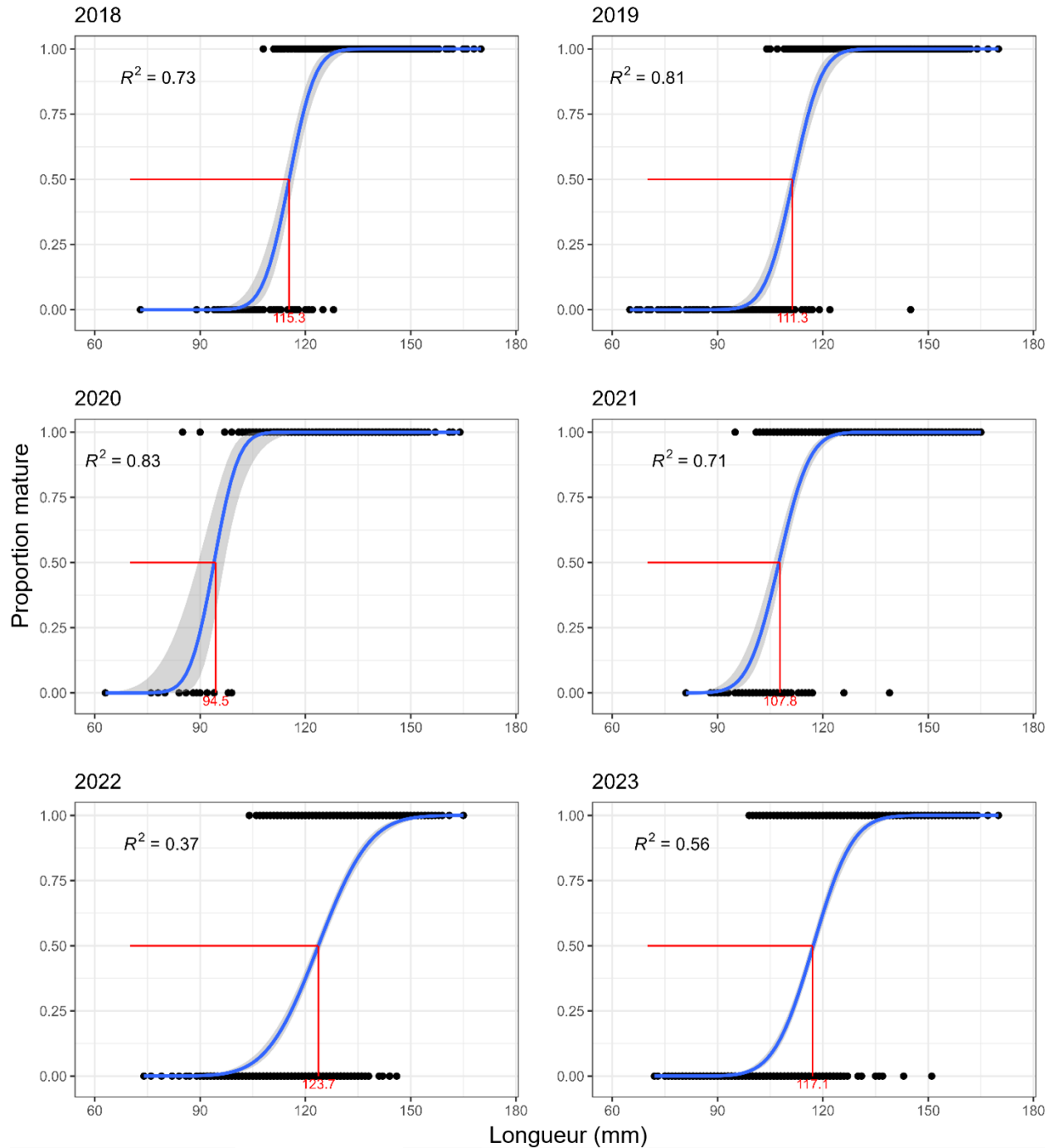


Figure 6. Ogives de maturité globales (lignes bleues) pour le capelan dans les relevés au chalut de fond dans le nord et le sud du golfe Saint-Lauert (2018 à 2023). La longueur à laquelle 50 % des poissons sont matures a été estimée à 115,3 mm, 111,3 mm, 94,5 mm, 107,8 mm, 123,7 mm et 117,1 mm en 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 et 2023 respectivement.

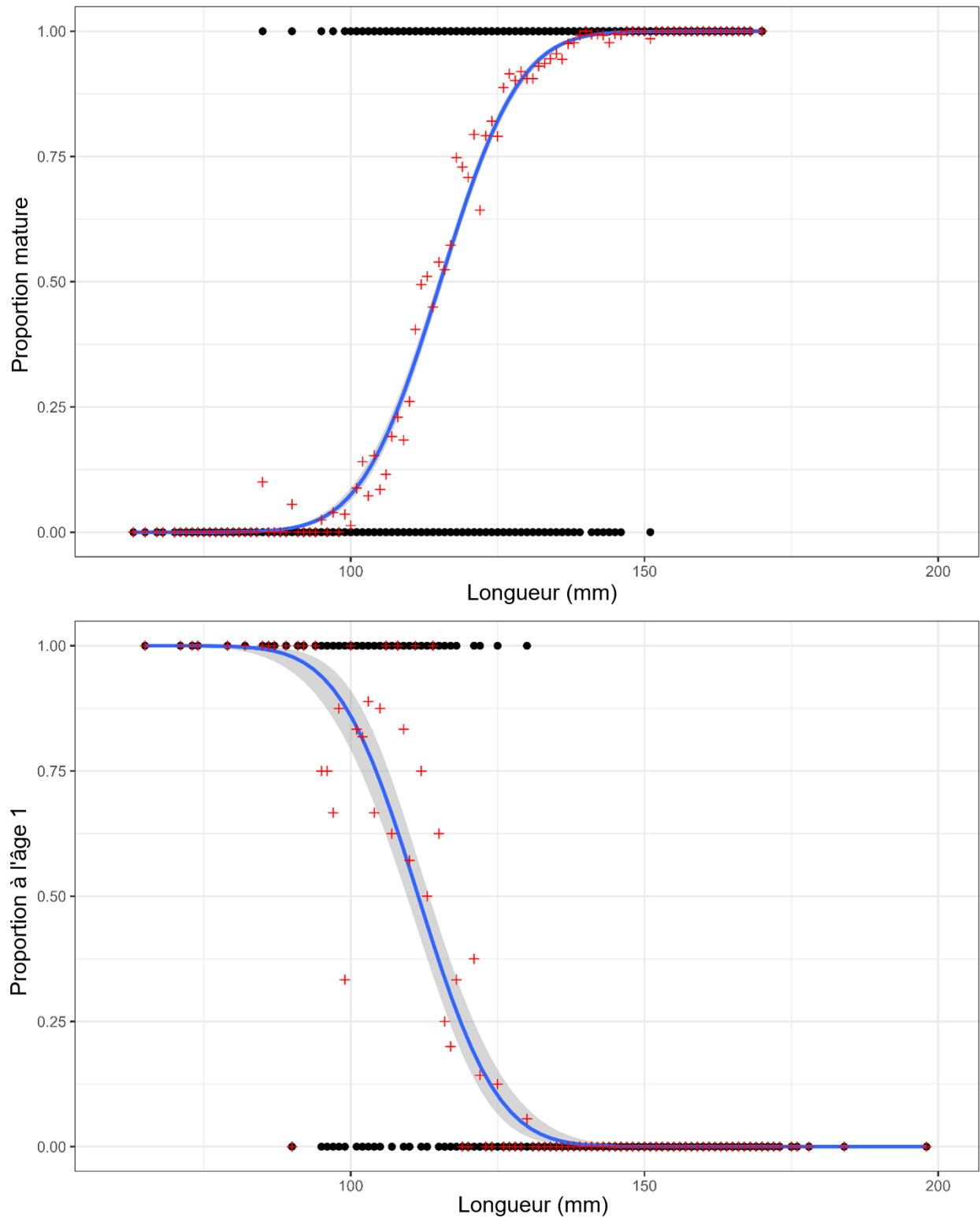


Figure 7. Proportions estimées (lignes bleues) et observées (croix rouge) des capelans matures (panneau supérieur) et à l'âge 1 (panneau inférieur) selon la longueur échantillonnés dans les relevés au chalut de fond dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent (2018-2023).

Repos	136	866	860	1588	728	559
Maturation	183	1	2	126	32	65
Immature	98	200	16	97	644	899
	2018	2019	2020	2021	2022	2023

Figure 8. Nombre de capelans échantillonnés par années et stade de maturité (repos, maturation et immature) dans les relevés du nord et du sud du golfe Saint-Laurent (2018 à 2023).

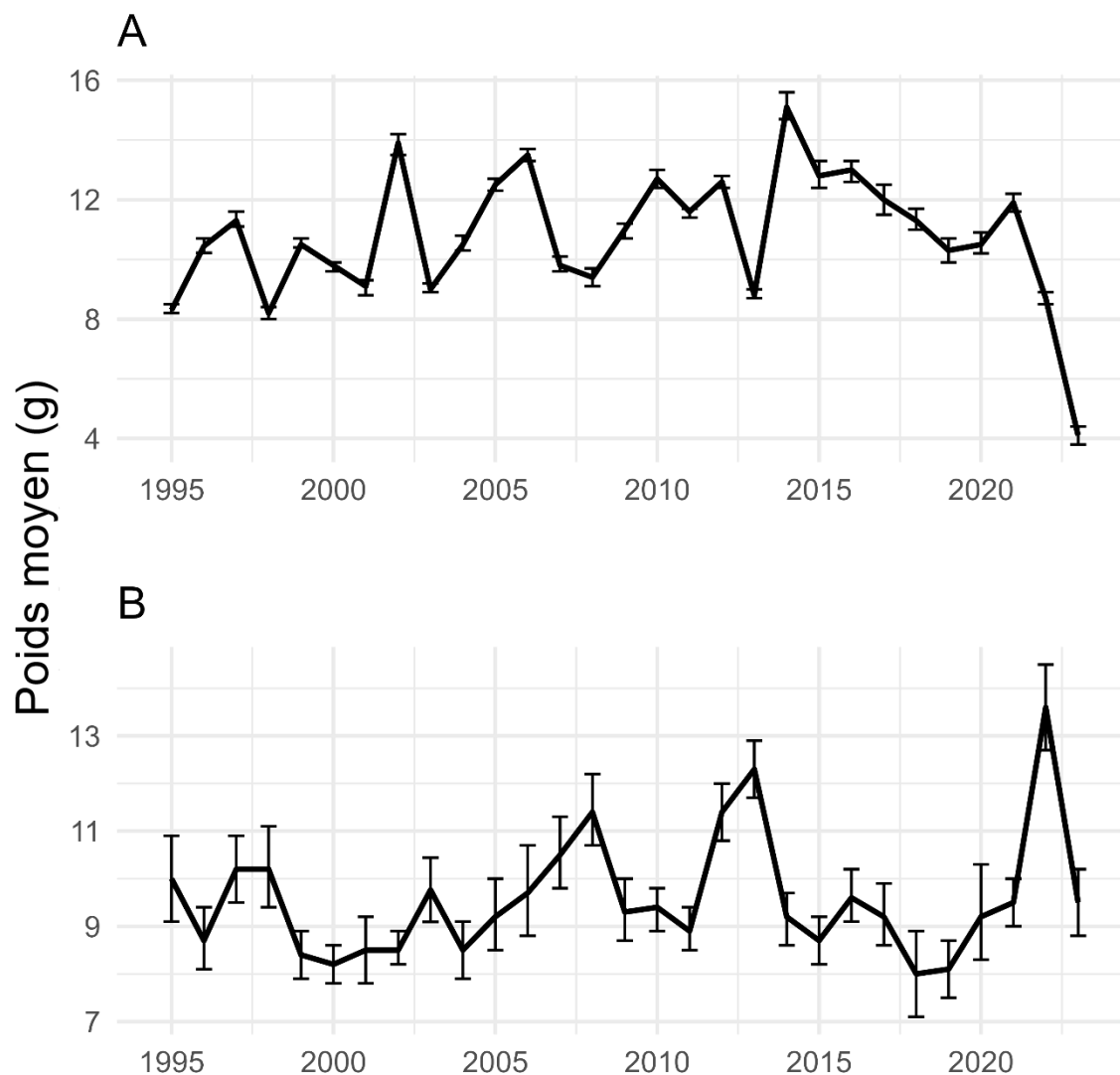


Figure 9. Poids moyen ($\pm$ IC 95 %) d'un capelan mature prédit par un relation longueur-poids annuelle et pondéré par le poids des captures de capelan mature dans chaque trait des relevés dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent de 1995 à 2023.

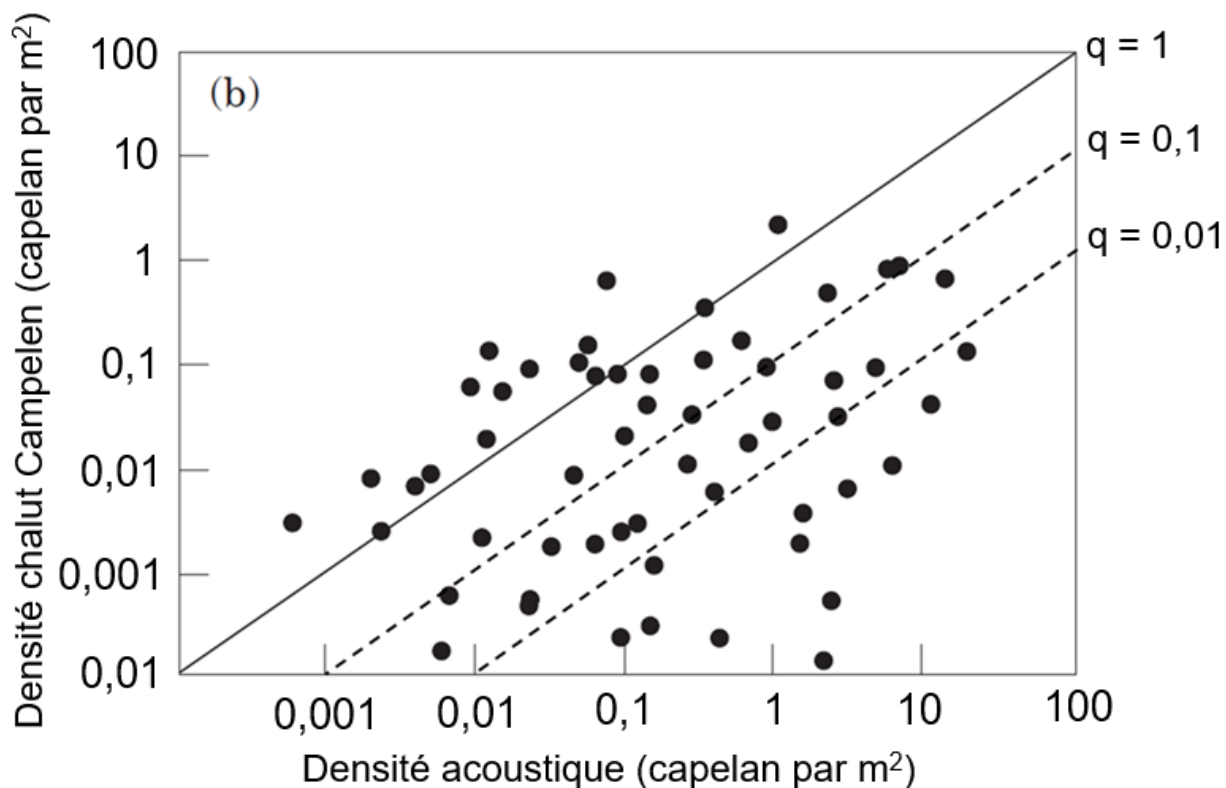


Figure 10. Comparaison entre la densité de capelan estimés à partir d'un chalut Campelen et la densité mesurée avec l'acoustique dans toute la colonne d'eau. La ligne diagonale pleine représente indique que les estimations avec le chalut et l'acoustique sont équivalentes ($q = 1$), et les lignes diagonales pointillées représentent les proportions de capelans capturés au chalut par rapport à celles mesurés avec l'acoustique dans la colonne d'eau (modifié d'après O'Driscoll et al. 2002).

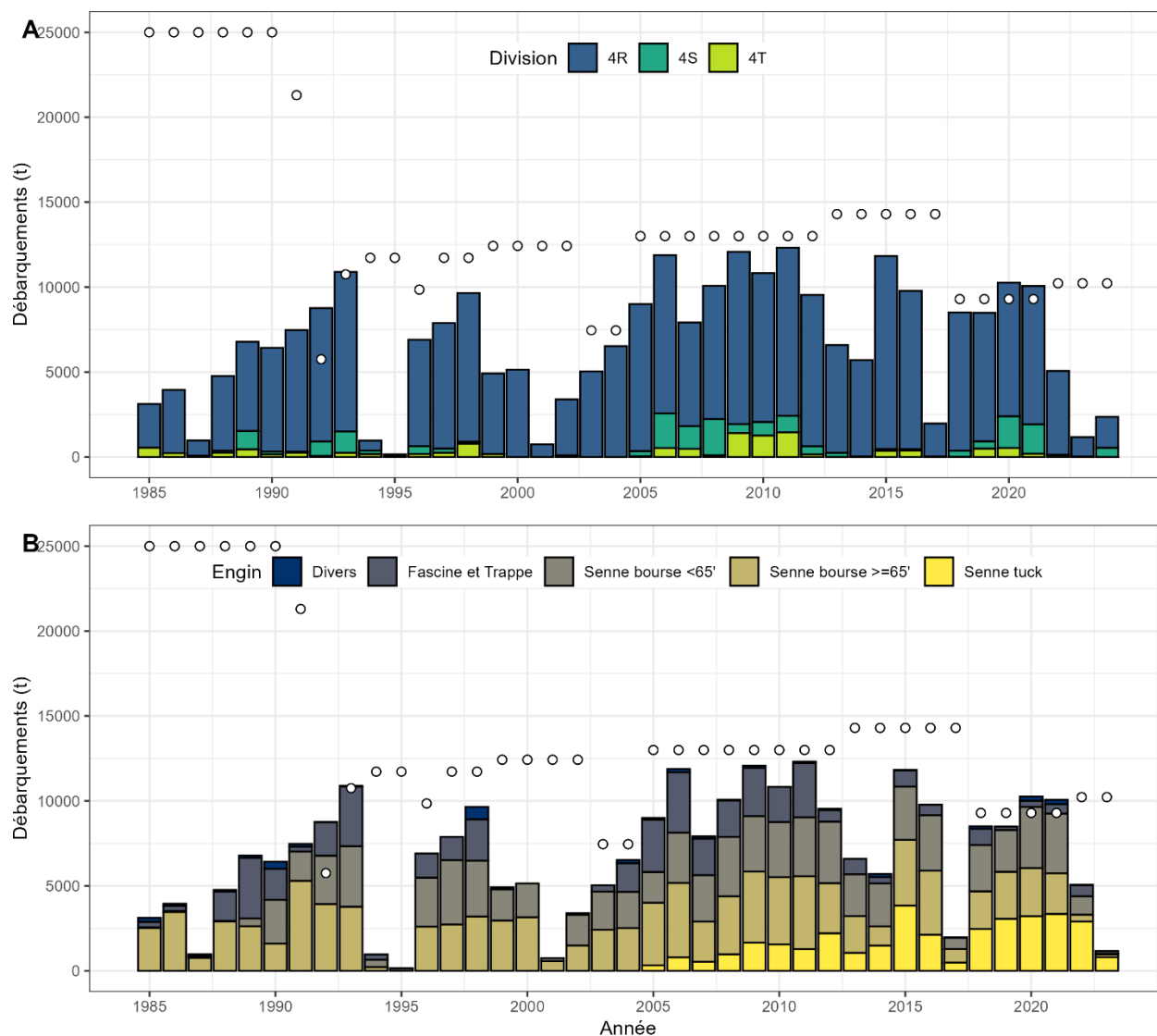


Figure 11. Débarquements de capelan (t) par (A) division de l'OPANO de 1985 à 2023 et (B) par principaux engins de pêche pour la période 1985-2021. Les ronds blancs représentent le TAC. Les débarquements de 2020 et 2021 sont préliminaires. Divers = Divers et inconnus.

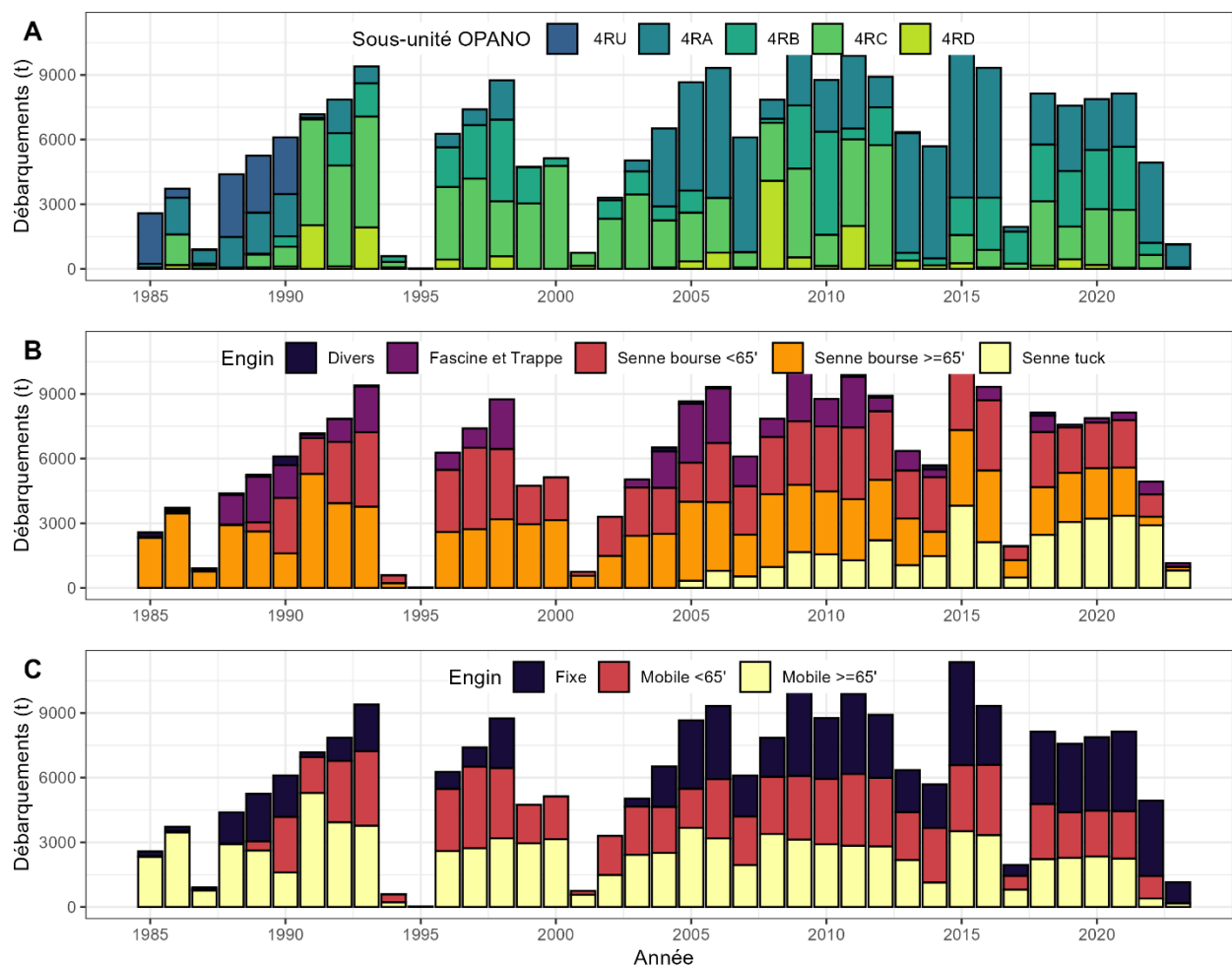


Figure 12. Débarquements commerciaux annuels (t) de capelan dans la division 4R de l'OPANO de 1985 à 2023. A) Débarquements par sous-unité de l'OPANO. B) Débarquements par principal type d'engin de pêche. C) Débarquements divisés selon l'allocation existante. Les débarquements pour 2019 et 2020 sont préliminaires.

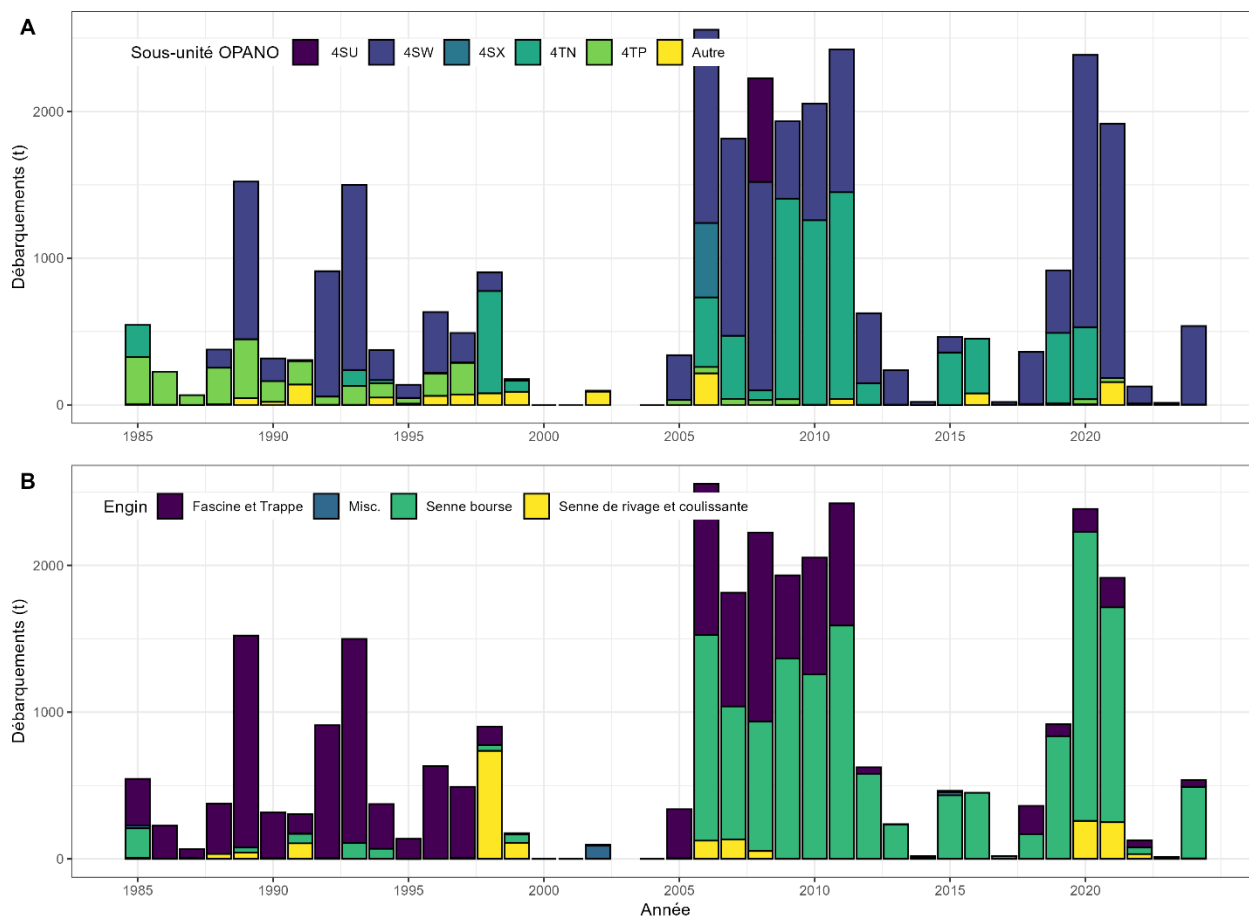


Figure 13. Débarquements annuels (t) de capelan dans la pêche commerciale dans les divisions 4S et 4T de l'OPANO de 1985 à 2023. A) Débarquements par sous-unité de l'OPANO. B) Débarquements par principaux types d'engins de pêche. Les débarquements pour 2019 et 2020 sont préliminaires.

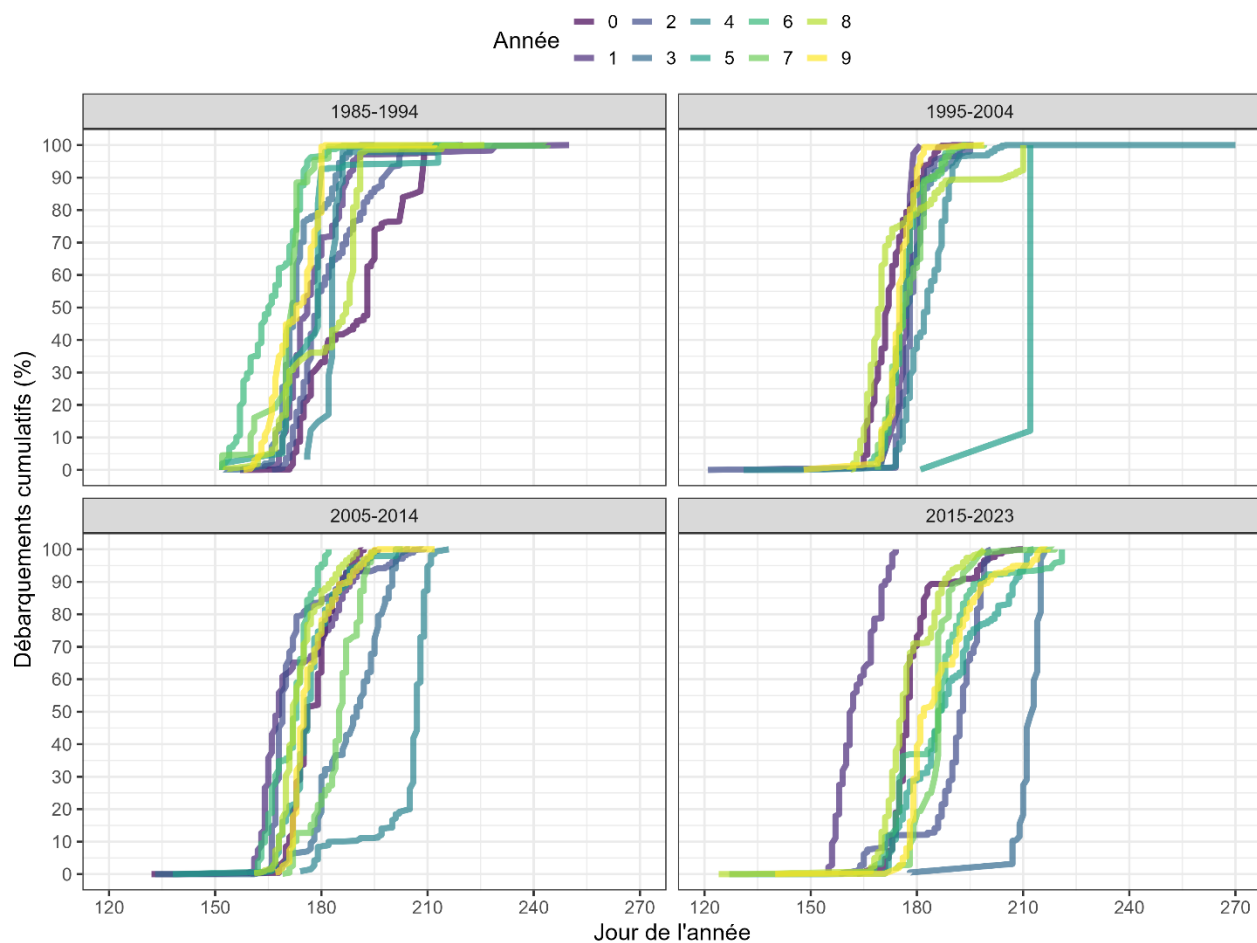


Figure 14. Débarquements cumulatifs de la pêche commerciale (%) en fonction du jour de l'année, pour la division 4R de l'OPANO. Les couleurs des lignes progressent du violet au jaune en fonction de l'année de la décennie (0-9).

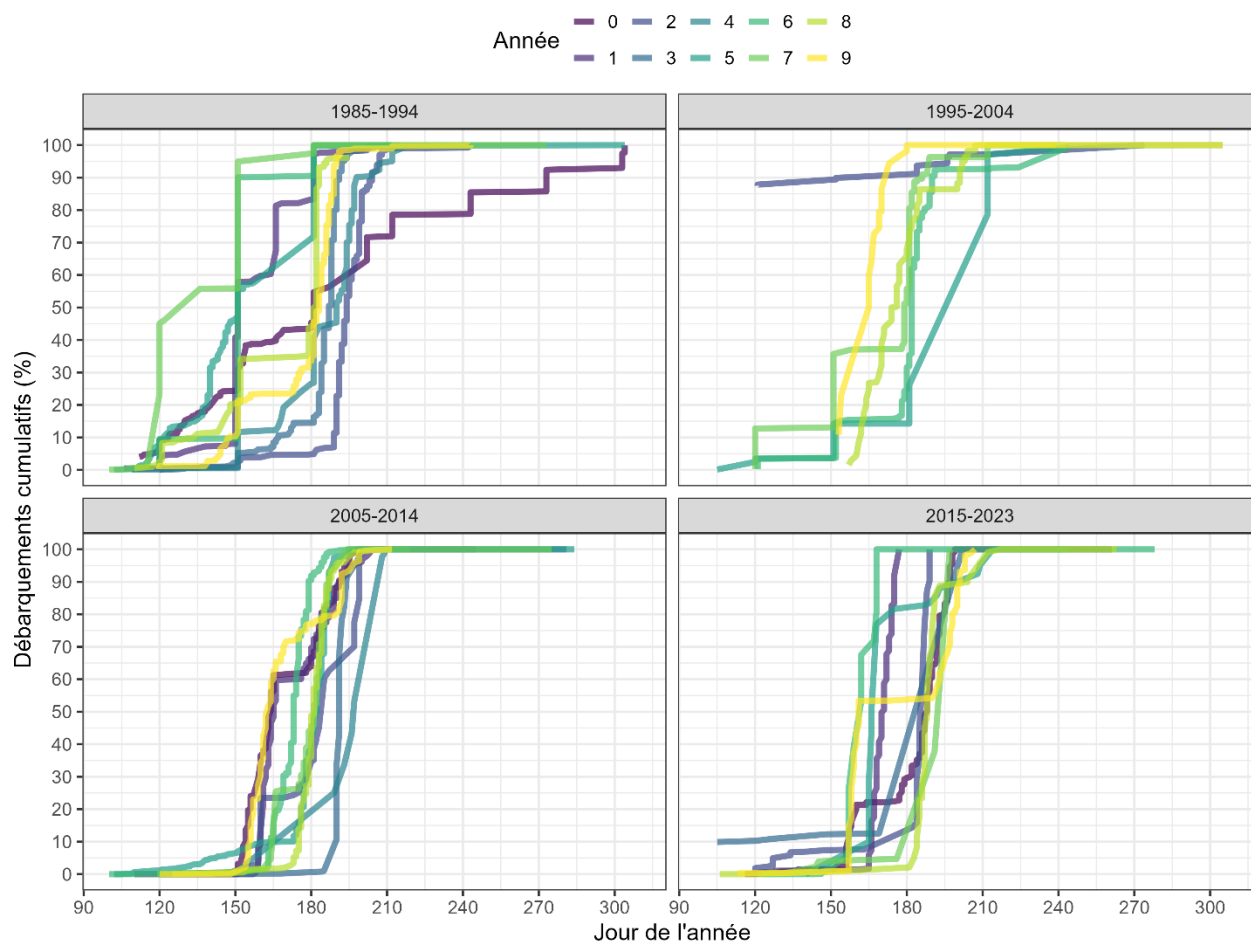


Figure 15. Débarquements cumulatifs de la pêche commerciale (%) en fonction du jour de l'année, pour les divisions 4ST de l'OPANO. Les couleurs des lignes progressent du violet au jaune en fonction de l'année de la décennie (0-9).

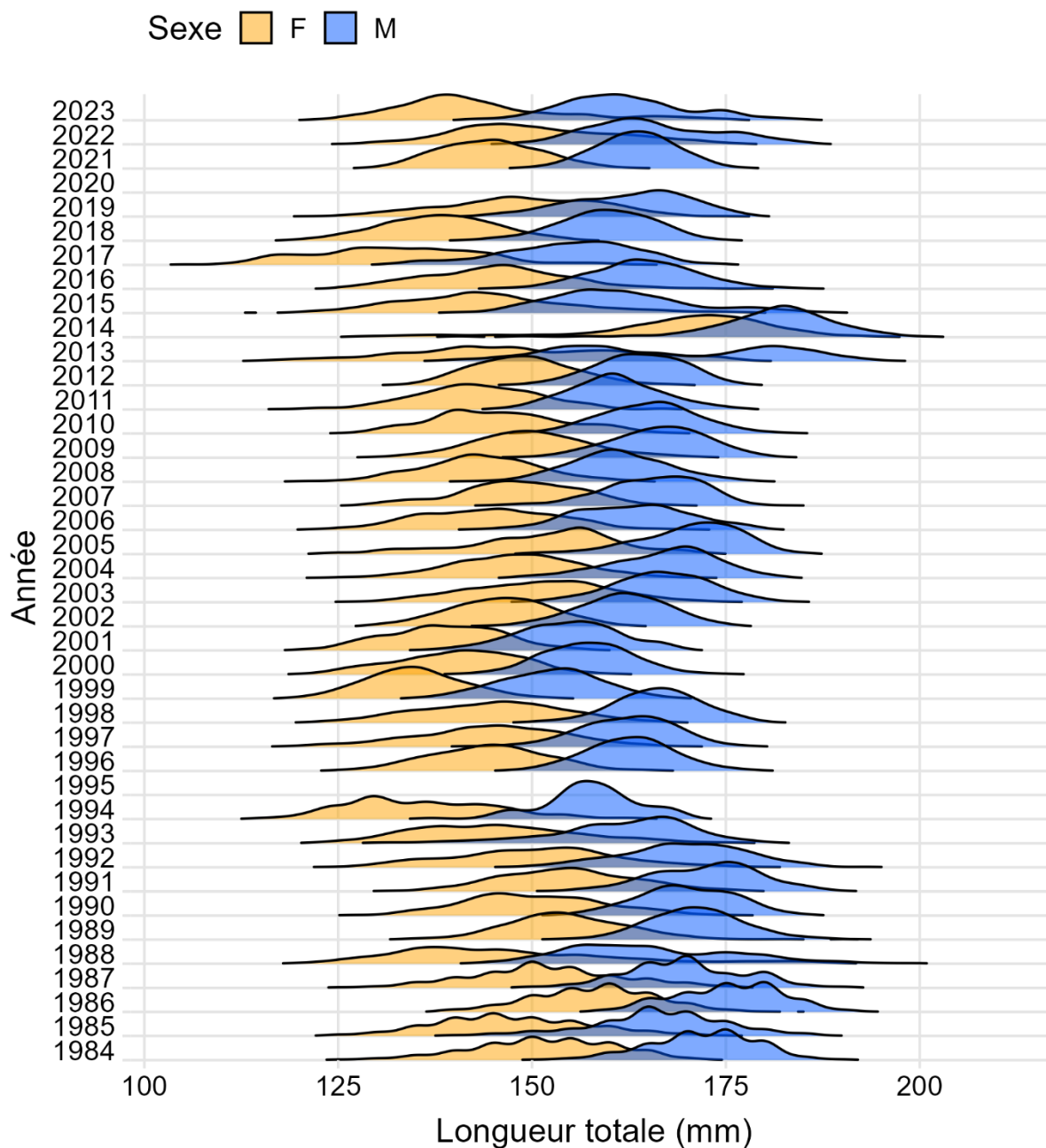


Figure 16. Composition en longueur totale (mm) [estimations de la densité par la méthode du noyau] des femelles et des mâles capturés avec des sennes (bourses et « Tuck ») dans la division 4R de l'OPANO de 1984 à 2023 et provenant du programme d'échantillonnage à quai du MPO. Aucun échantillon n'était disponible en 1995 et 2020.

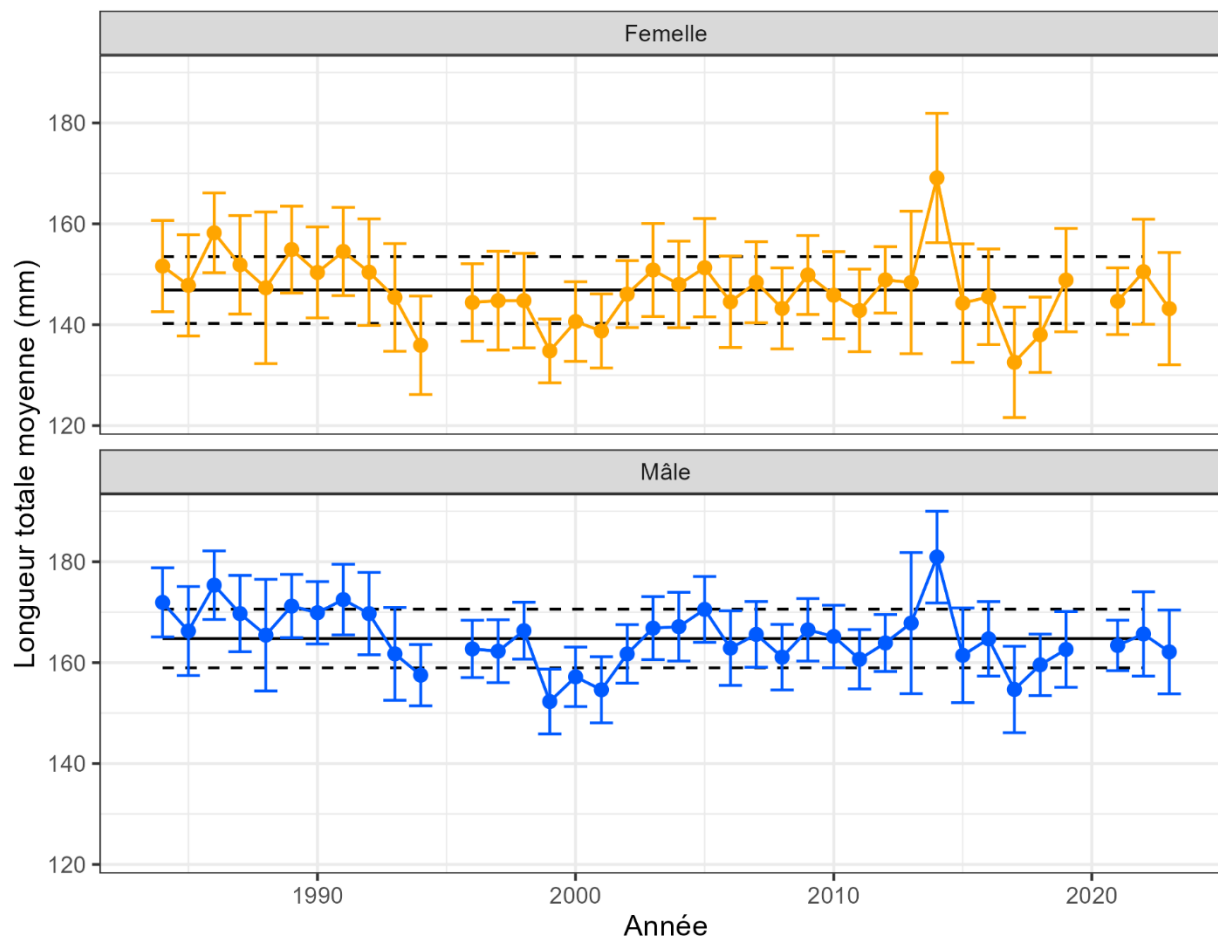


Figure 17. Longueur totale moyenne (mm) des capelans femelles et mâles capturés à l'aide de sennes (bourse et « Tuck ») dans la division 4R de l'OPANO depuis 1984. Les lignes horizontales indiquent les moyennes de la période 1984-2022 $\pm$ 1 écart-type pour la division 4R. Les barres d'erreur représentent les écarts types annuels.

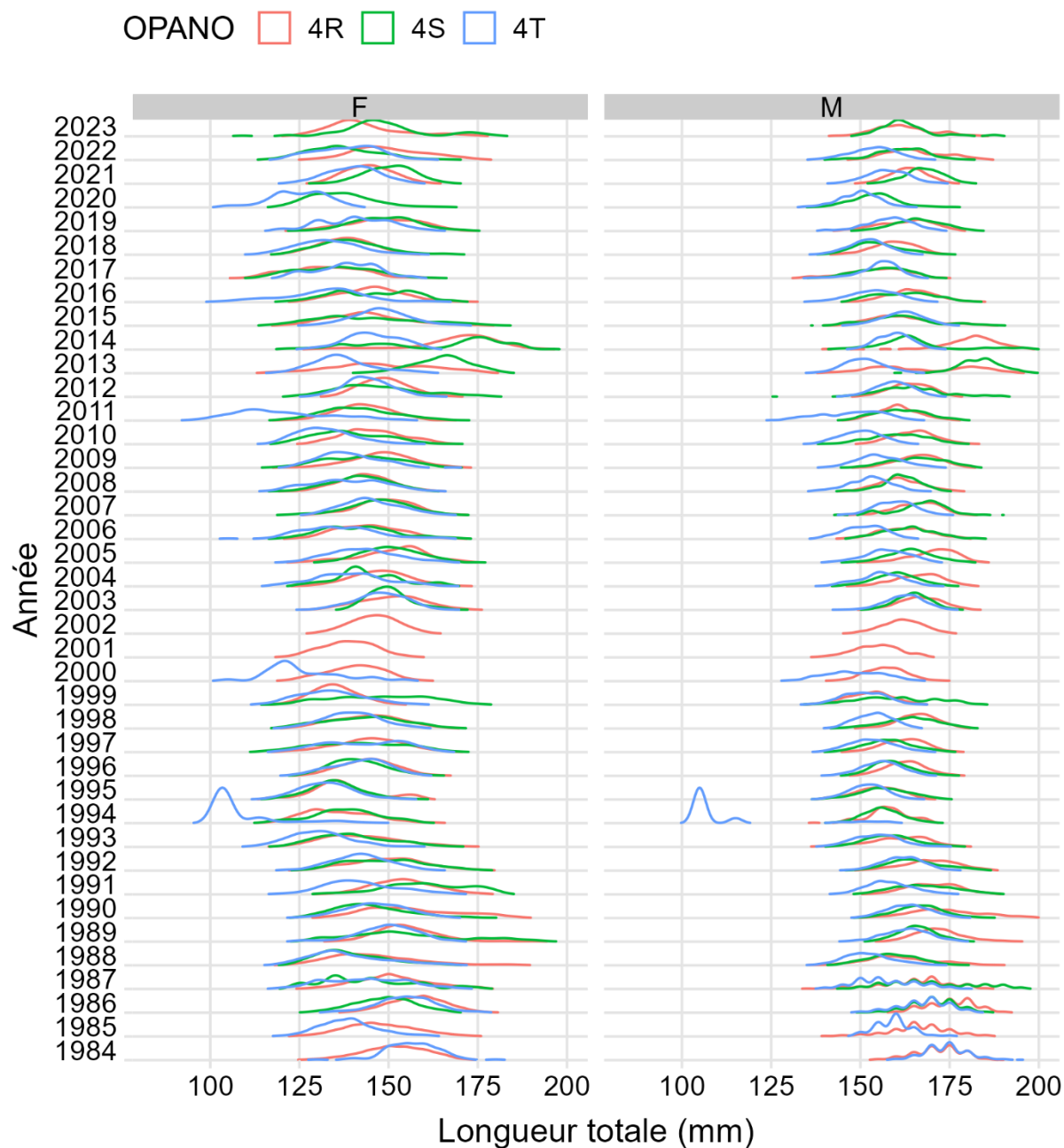


Figure 18. Composition de la longueur totale (mm) [estimations de la densité par la méthode du noyau] des femelles (F) et des mâles (M) capturés dans les divisions 4RST de l'OPANO de 1984 à 2023 et provenant du programme d'échantillonnage d'échantillonnage à quai du MPO.

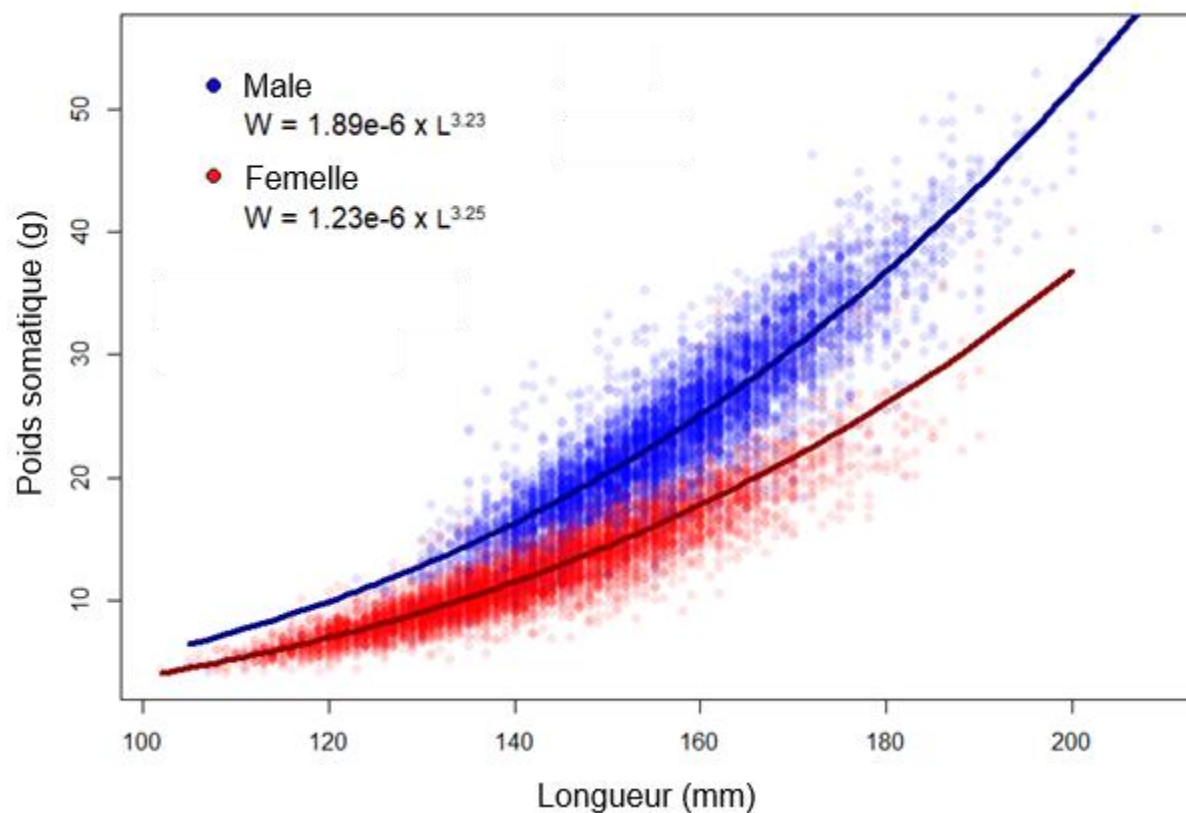


Figure 19. Relations longueur (L) – poids (W) pour le capelan capturé dans les divisions 4RST de l'OPANO de 1984 à 2023 et échantillonné dans le cadre du programme d'échantillonnage à quai du MPO.



Figure 20. Indice de condition relative annuel standardisé (Kn) des mâles (en bleu) et des femelles (en jaune) provenant d'échantillons de la pêche commerciale analysés en laboratoire. La valeur de Kn a été standardisée pour les niveaux de référence suivants : engin = senne (tous les types), mois = juin. Le nombre de poissons par sexe est indiqué en abscisse.

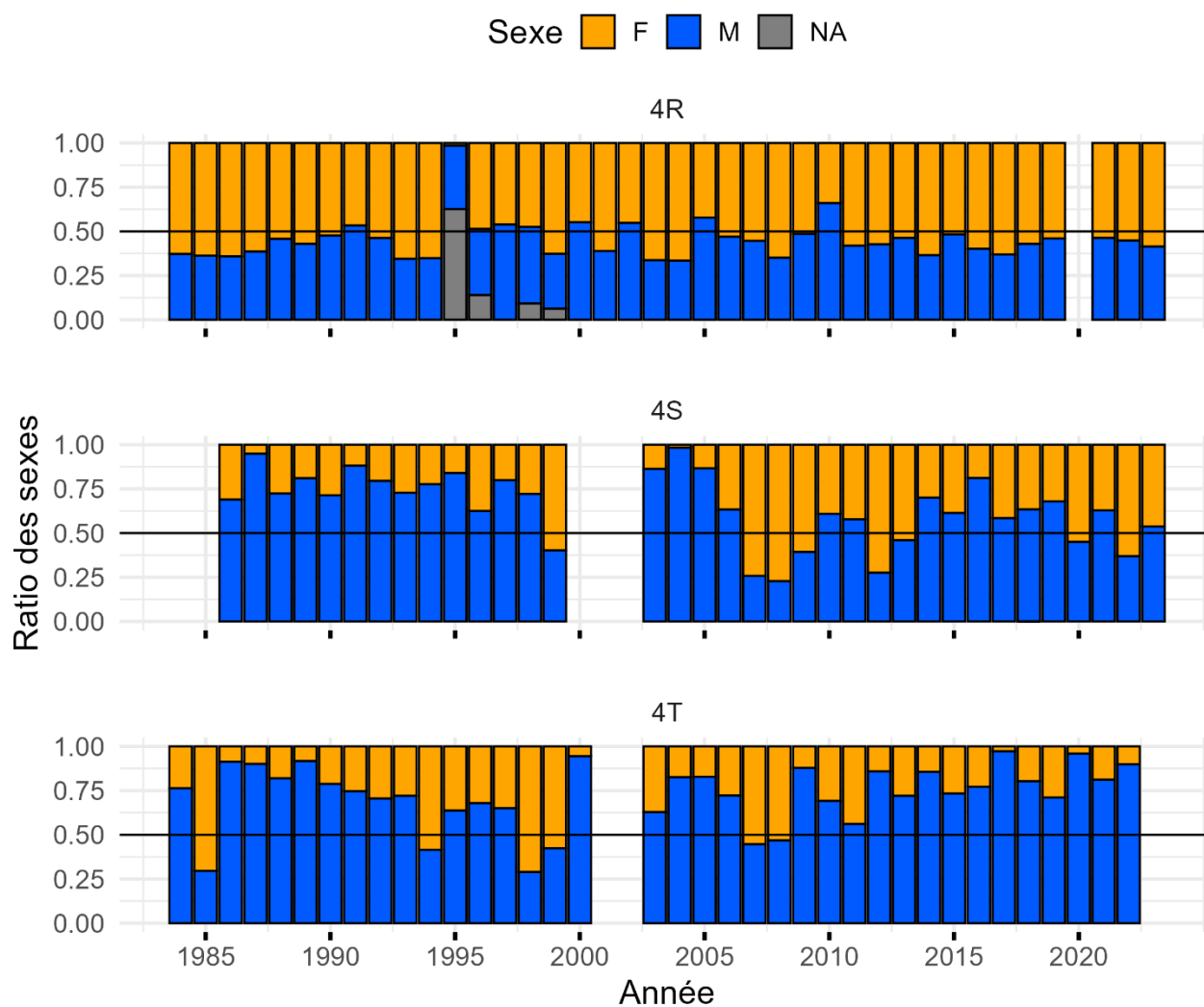


Figure 21. Ratio des sexes annuel dans les données de la pêche commerciale de fréquence de longueur du capelan, par division de l'OPANO. (NA : non disponible).

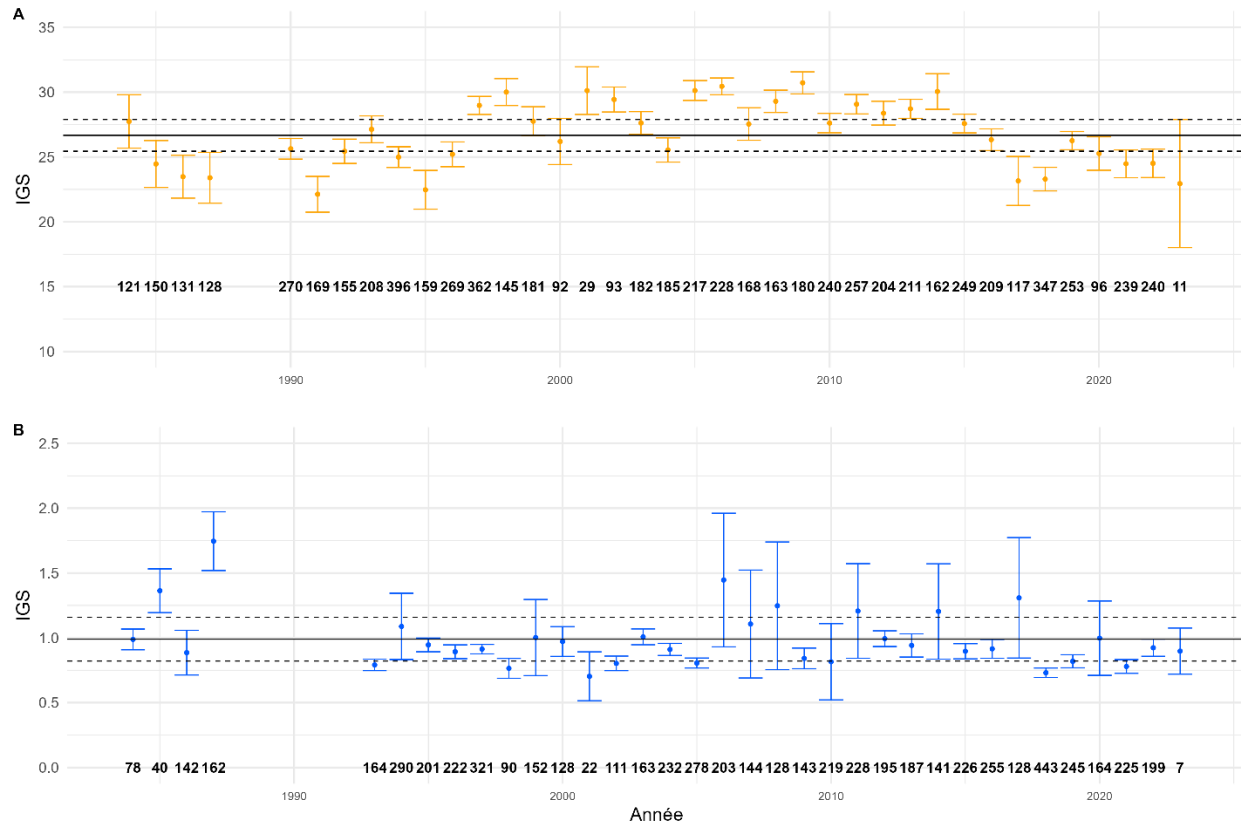


Figure 22. Indice gonado-somatique (IGS) moyen annuel estimé ($\pm$ écart-type) des femelles (A) et des mâles (B). Les individus qui n'ont pas pu être sexés, les individus pesant moins de 5 g et les mâles avec un indice gonado-somatique inférieur à 10 % ont été exclus de l'analyse. Les nombres représentent la taille de l'échantillon.

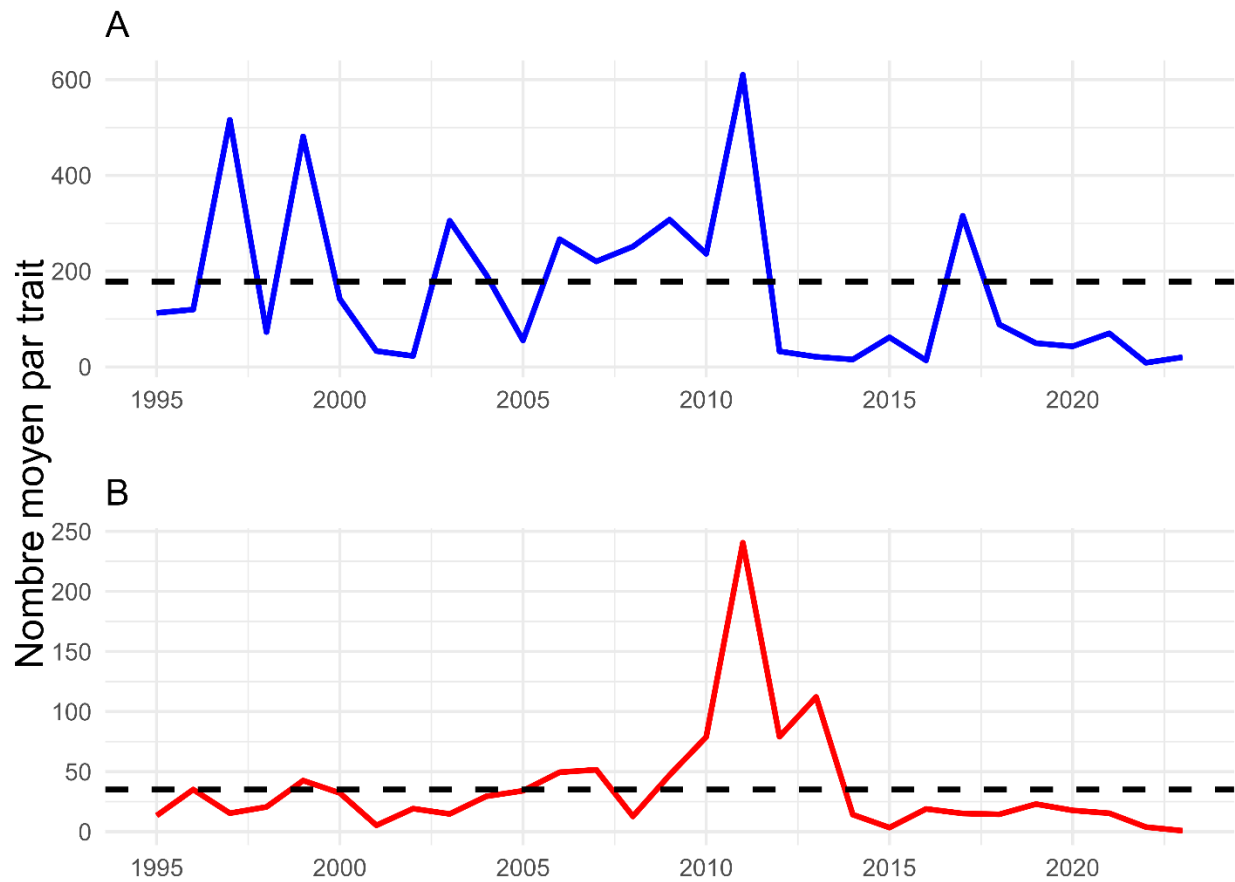


Figure 23. Nombre moyen de capelans par trait de chalut (A) dans l'habitat thermique préférentiel et (B) défavorable dans le nord du golfe Saint-Laurent, estimé à partir des poissons matures capturés lors du relevé au chalut de fond. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendance temporelles. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes pour la période 1995-2023.

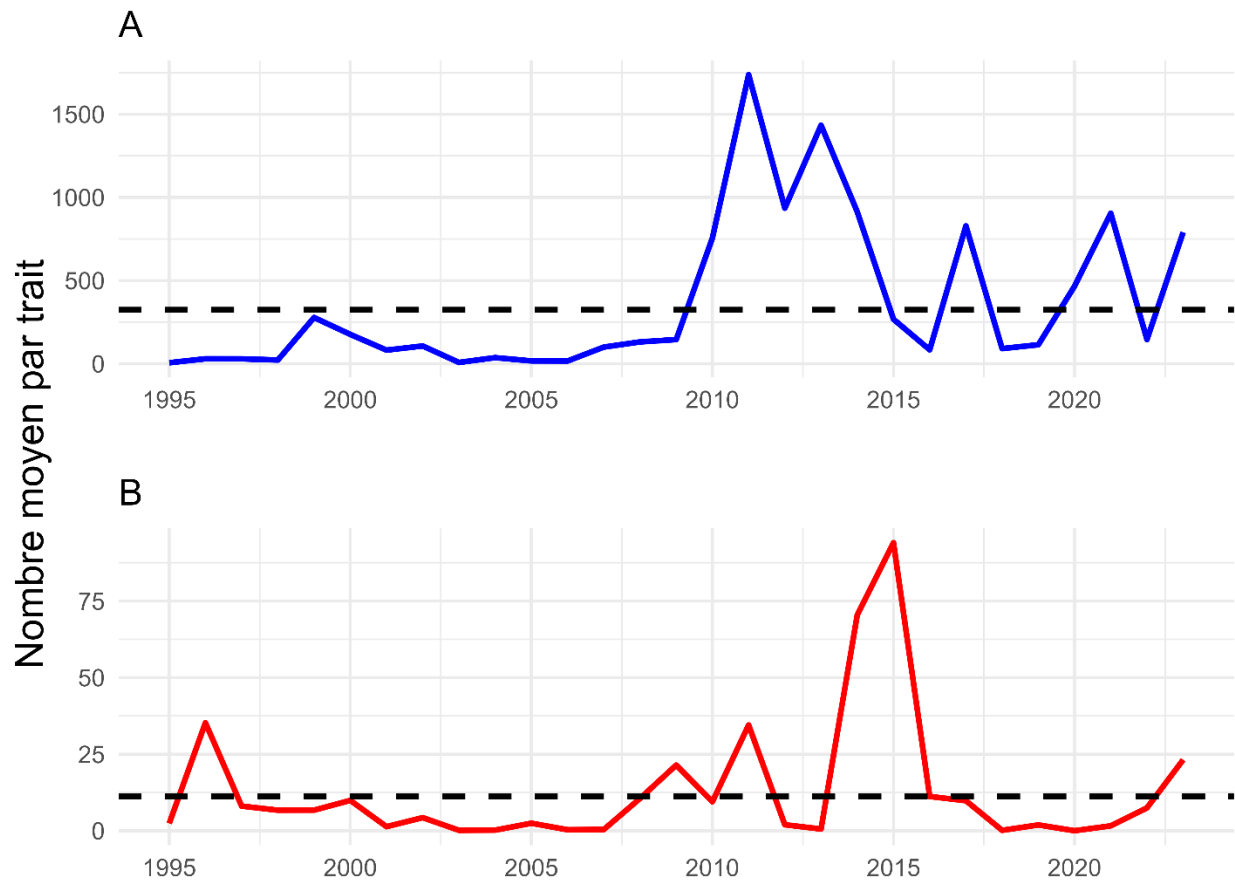


Figure 24. Nombre moyen de capelans par trait de chalut (A) dans l'habitat thermique préférentiel et (B) défavorable dans le sud du golfe Saint-Laurent, estimé à partir des poissons matures capturés lors du relevé au chalut de fond. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendance temporelles. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes pour la période 1995-2023.

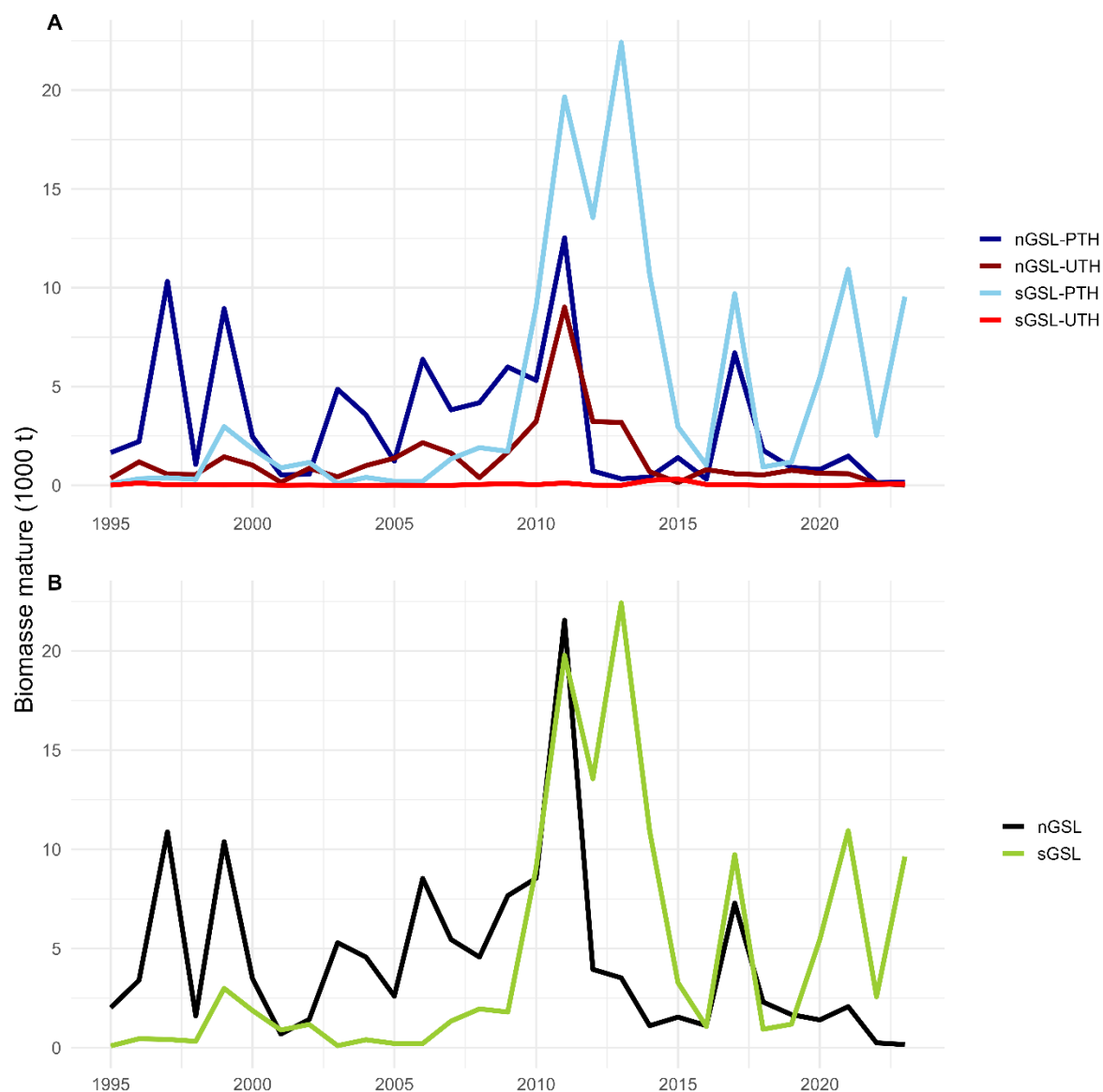


Figure 25. Biomasse mature du capelan estimée (A) dans l'habitat thermique préférentiel (PTH) et défavorable (UTH) dans le nord (nGSL) et le sud (sGSL) du golfe Saint-Laurent, et combinée pour l'ensemble du nGSL et du sGSL. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendances temporelles.

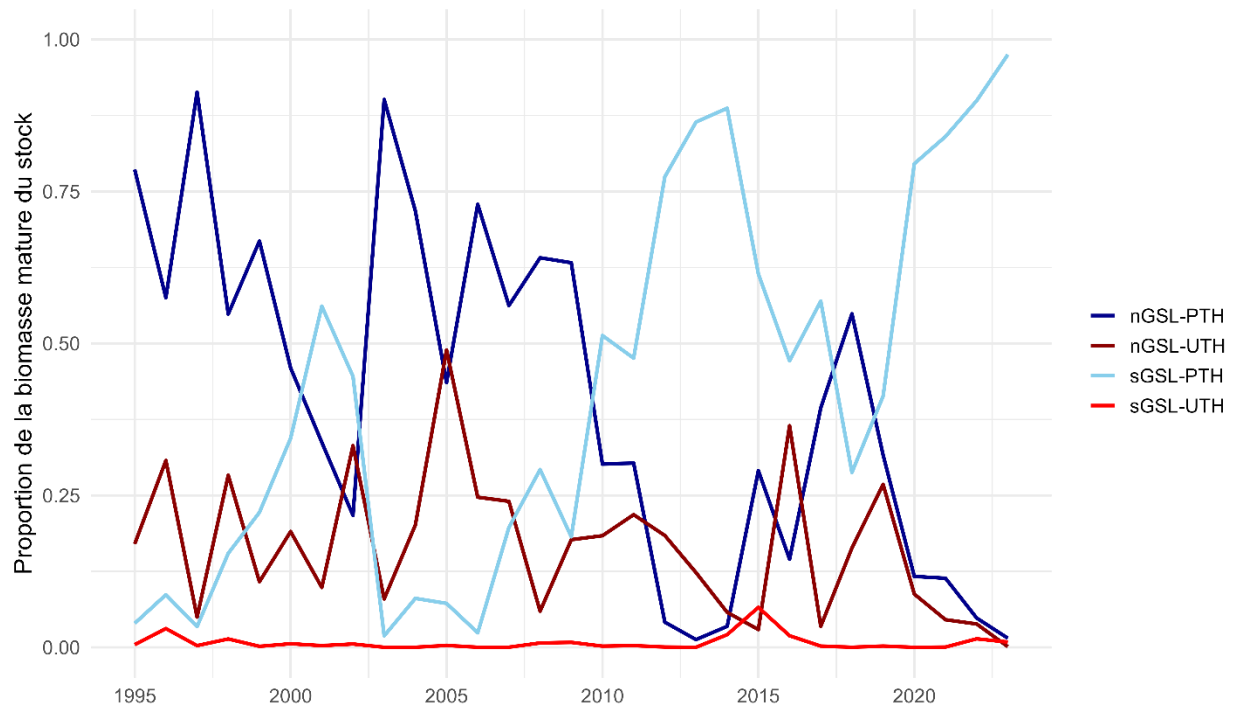


Figure 26. Proportion de la biomasse mature du stock représentée par l'habitat thermique préférentiel (PTH) et défavorable (UTH) dans le nord (nGSL) et le sud (sGSL) du golfe Saint-Laurent.

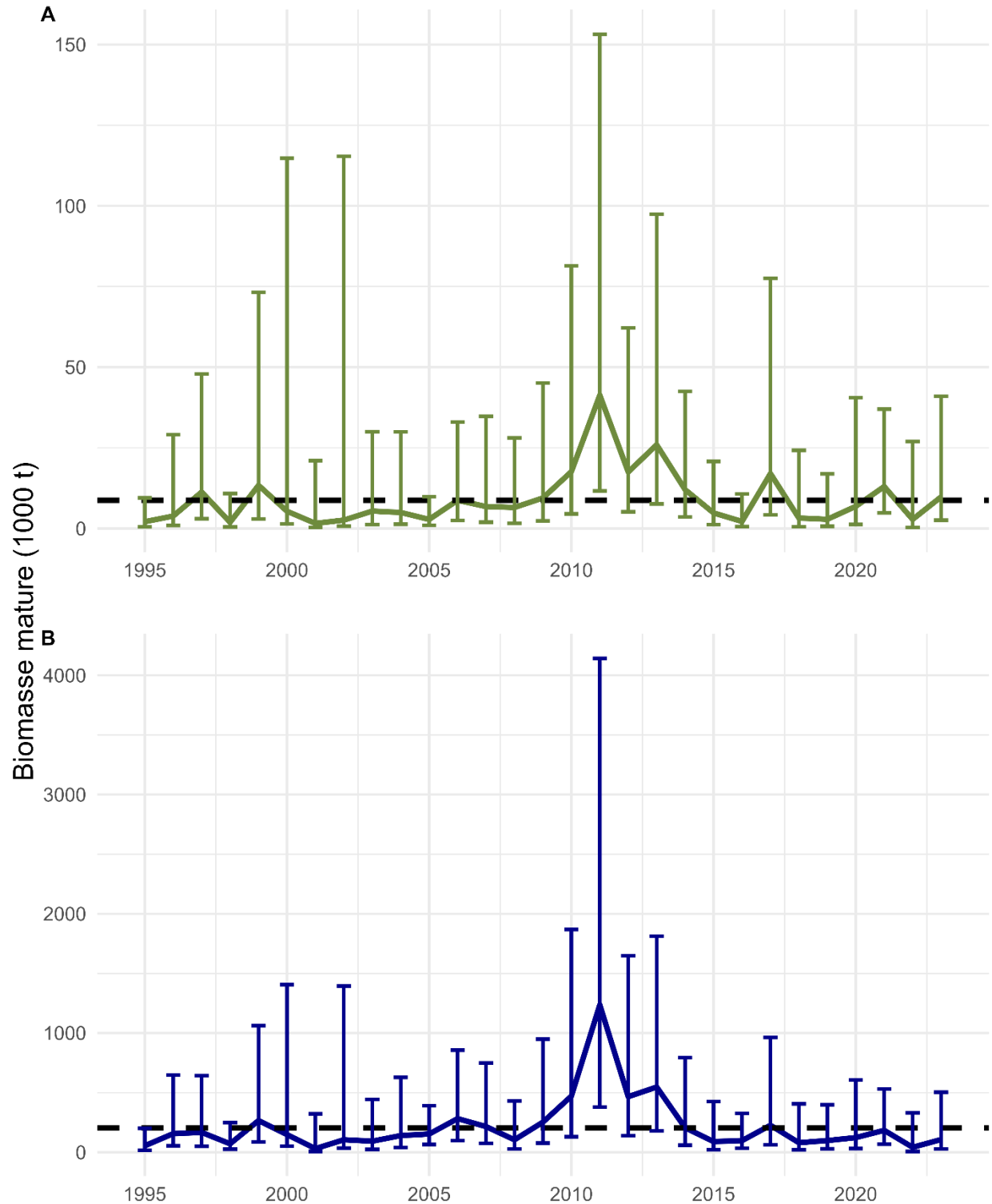


Figure 27. Biomasse mature (A) chalutable et (B) mise à l'échelle du stock estimée avec les données combinées des relevés au chalut de fond dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent. Les lignes verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % et la ligne pointillée horizontale représente la moyenne pour la période 1995-2023.

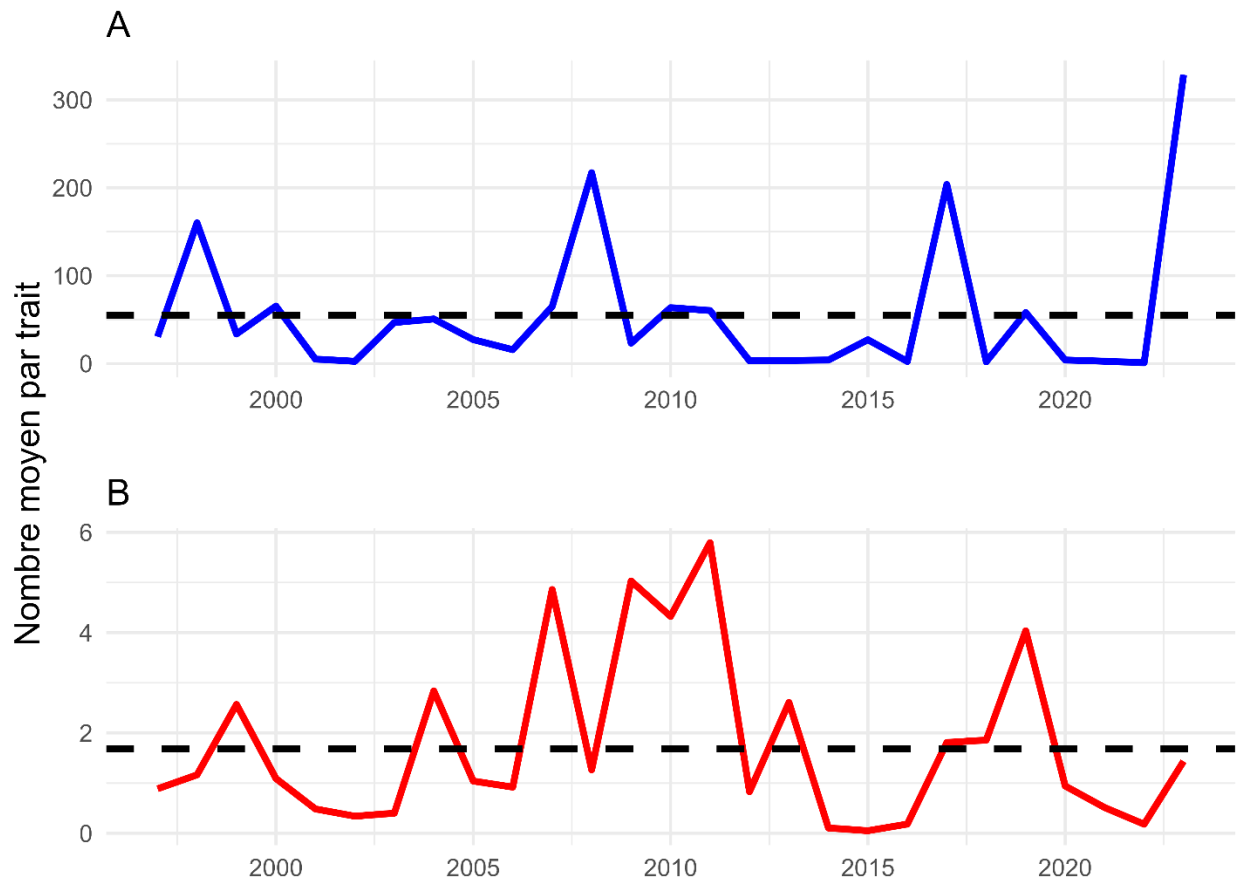


Figure 28. Nombre moyen de capelans par trait de chalut (A) dans l'habitat thermique préférentiel et (B) défavorable dans le nord du golfe Saint-Laurent, estimé à partir des poissons de 1 an capturés lors du relevé au chalut de fond. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendance temporelles. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes pour la période 1996-2022.

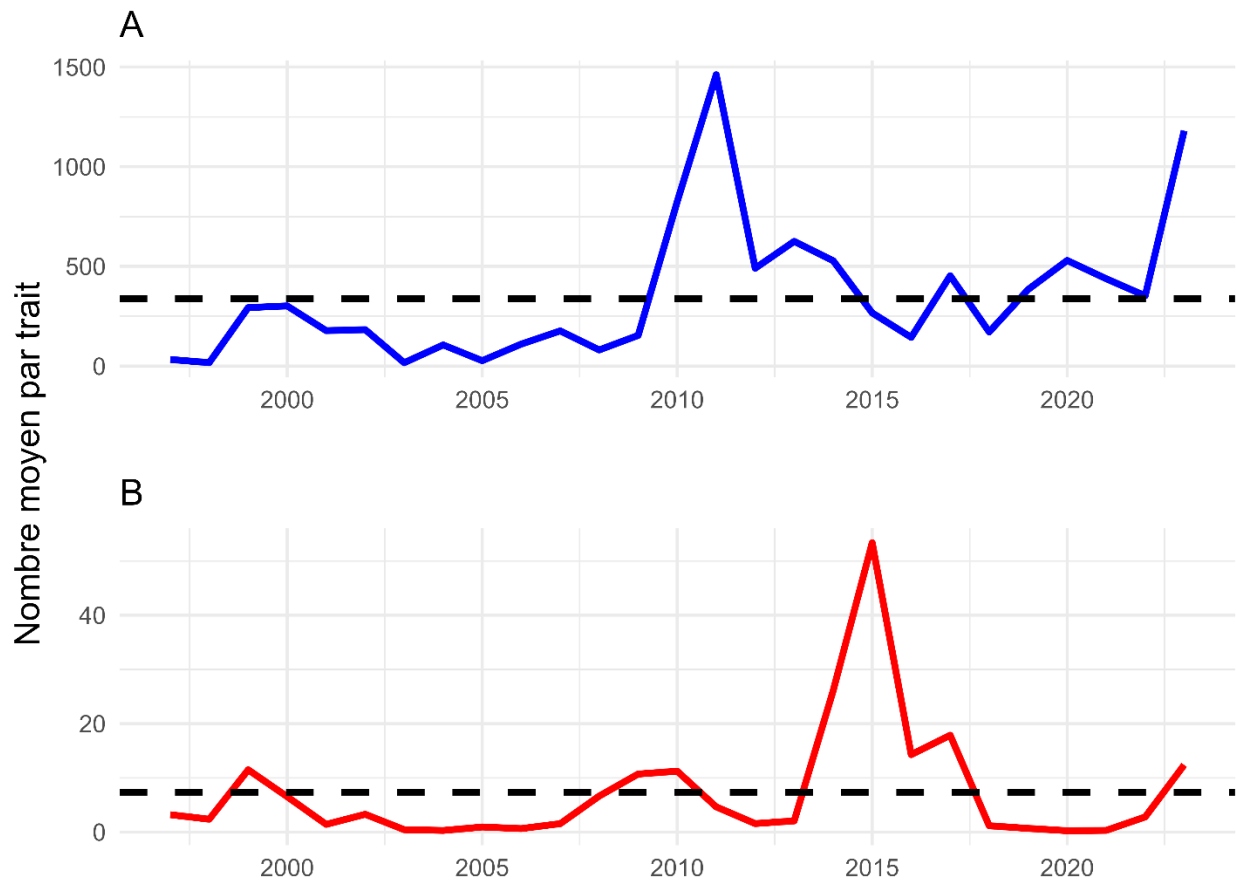


Figure 29. Nombre moyen de capelans par trait de chalut (A) dans l'habitat thermique préférentiel et (B) défavorable dans le sud du golfe Saint-Laurent, estimé à partir des poissons de 1 an capturés lors du relevé au chalut de fond. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendance temporelles. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes pour la période 1996-2022.

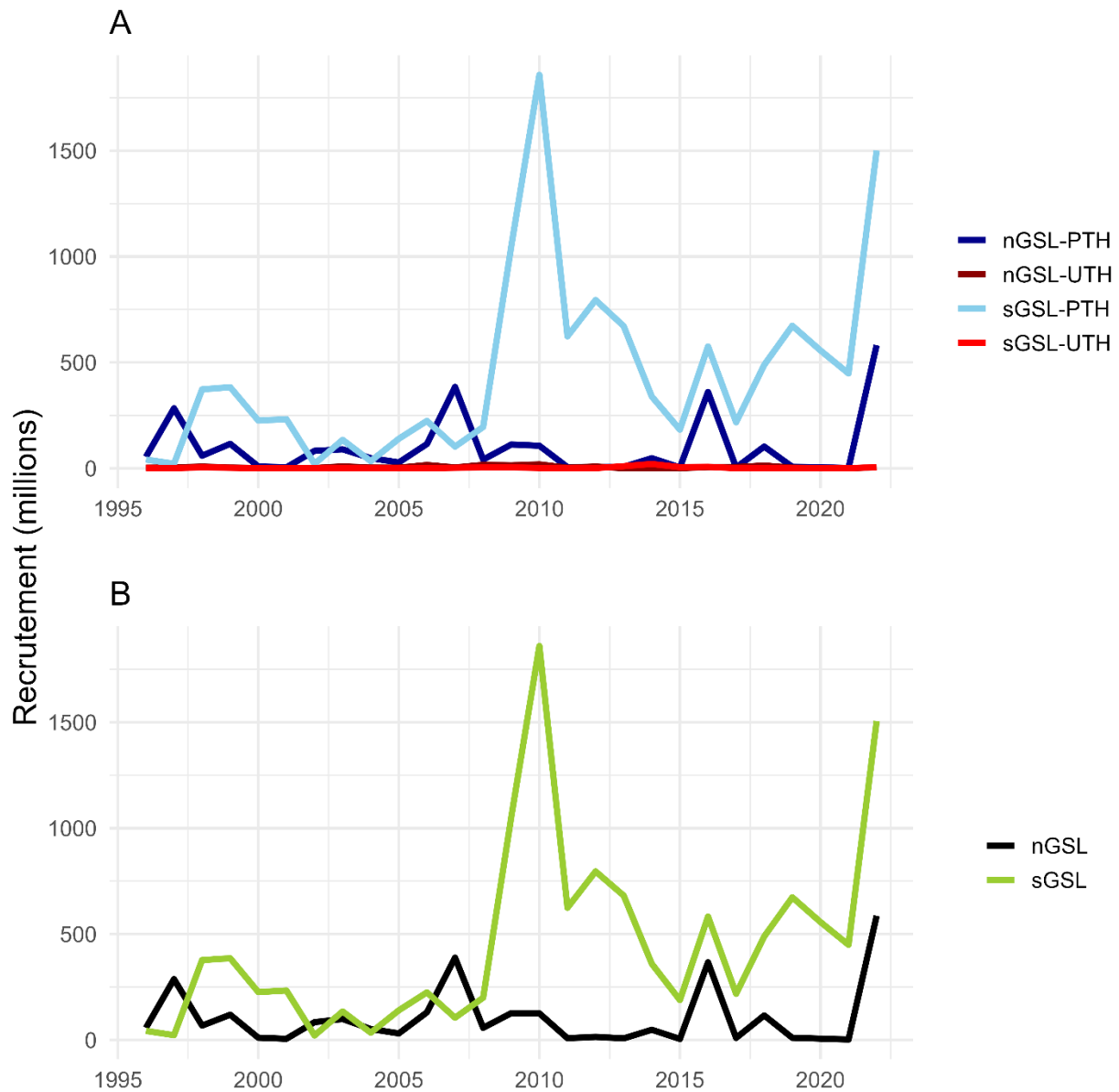


Figure 30. Indice de recrutement du capelan estimée (A) dans l'habitat thermique préférentiel (PTH) et défavorable (UTH) dans le nord (nGSL) et le sud (sGSL) du golfe Saint-Laurent, et combinée pour l'ensemble du nGSL et du sGSL. Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas présentés pour faciliter l'évaluation des tendances temporelles.

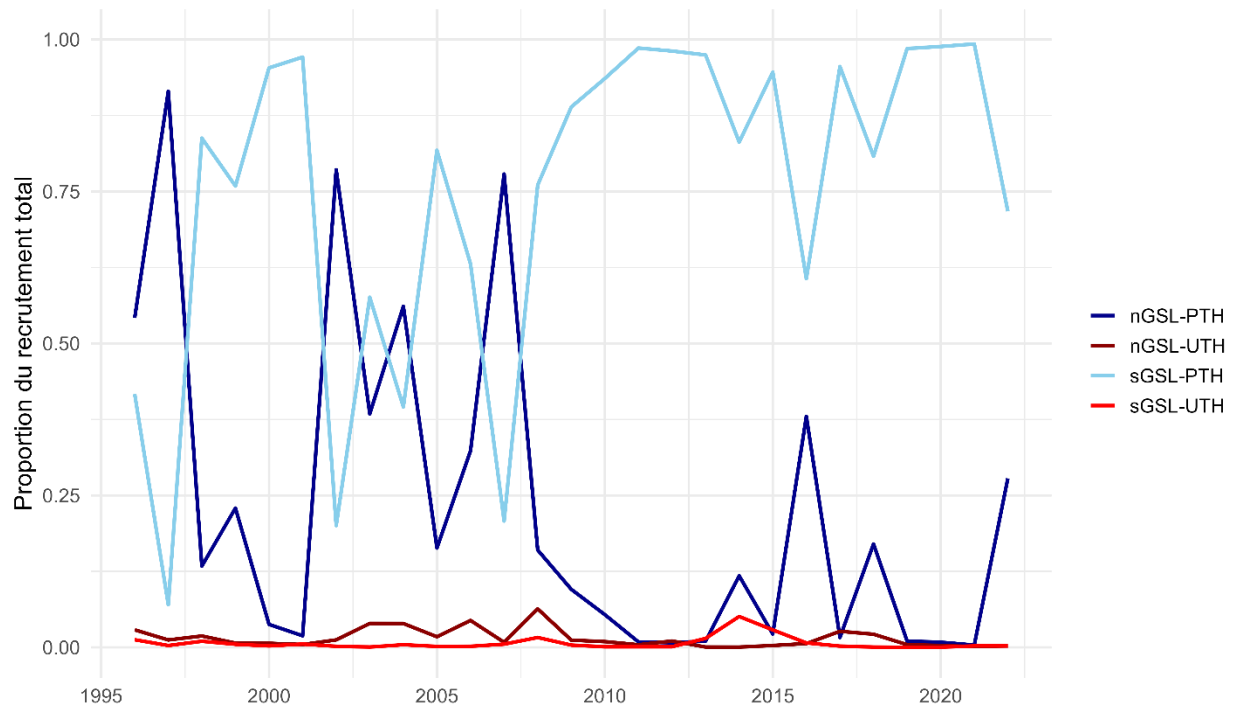


Figure 31. Proportion du recrutement total du stock représenté par l'habitat thermique préférentiel (PTH) et défavorable (UTH) dans le nord (nGSL) et le sud (sGSL) du golfe Saint-Laurent.

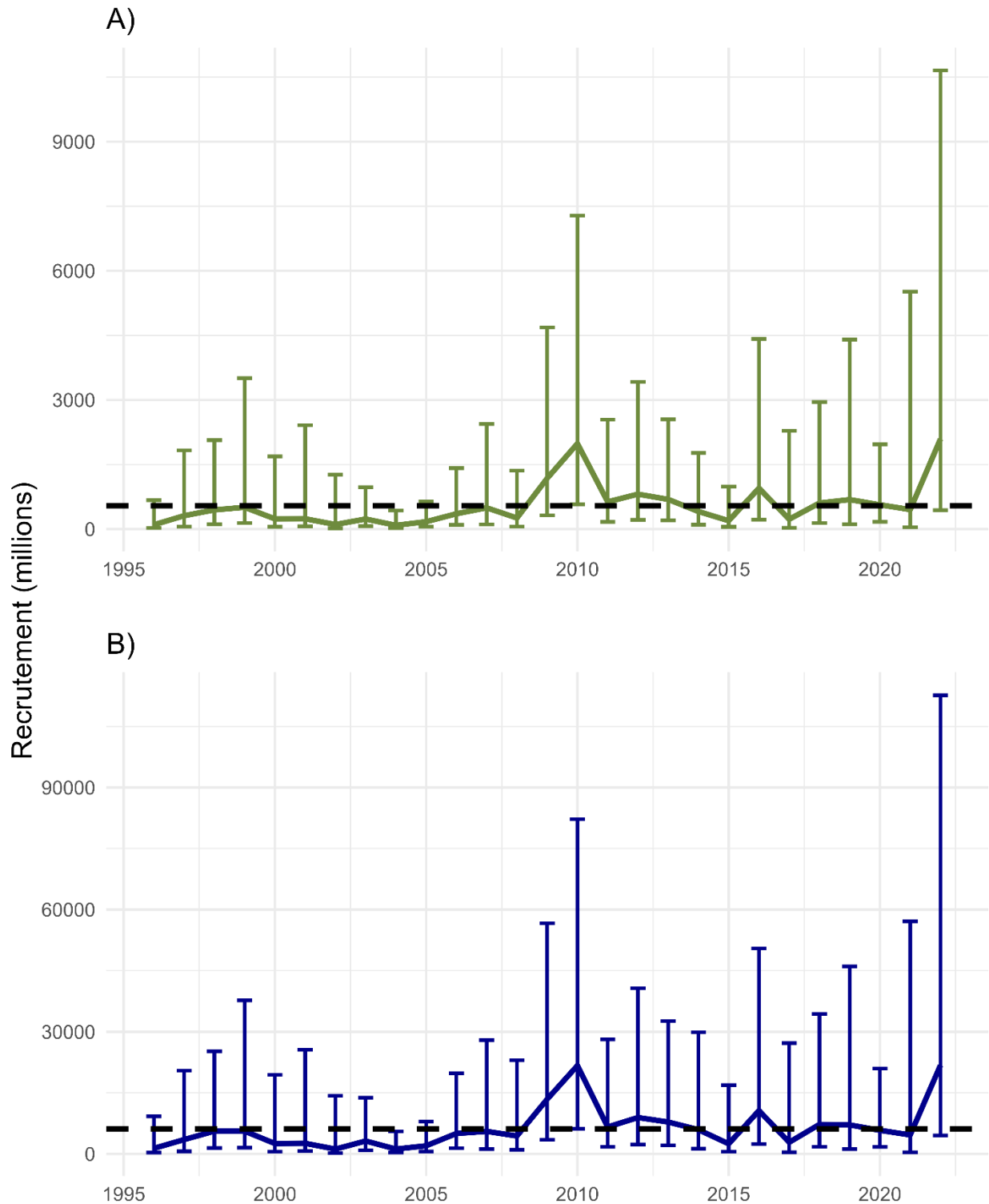


Figure 32. Indice de recrutement (A) chalutable et (B) mise à l'échelle du stock estimée avec les données combinées des relevés au chalut de fond dans le nord et le sud du golfe Saint-Laurent. Les lignes verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % et la ligne pointillée horizontale représente la moyenne pour la période 1996-2022.

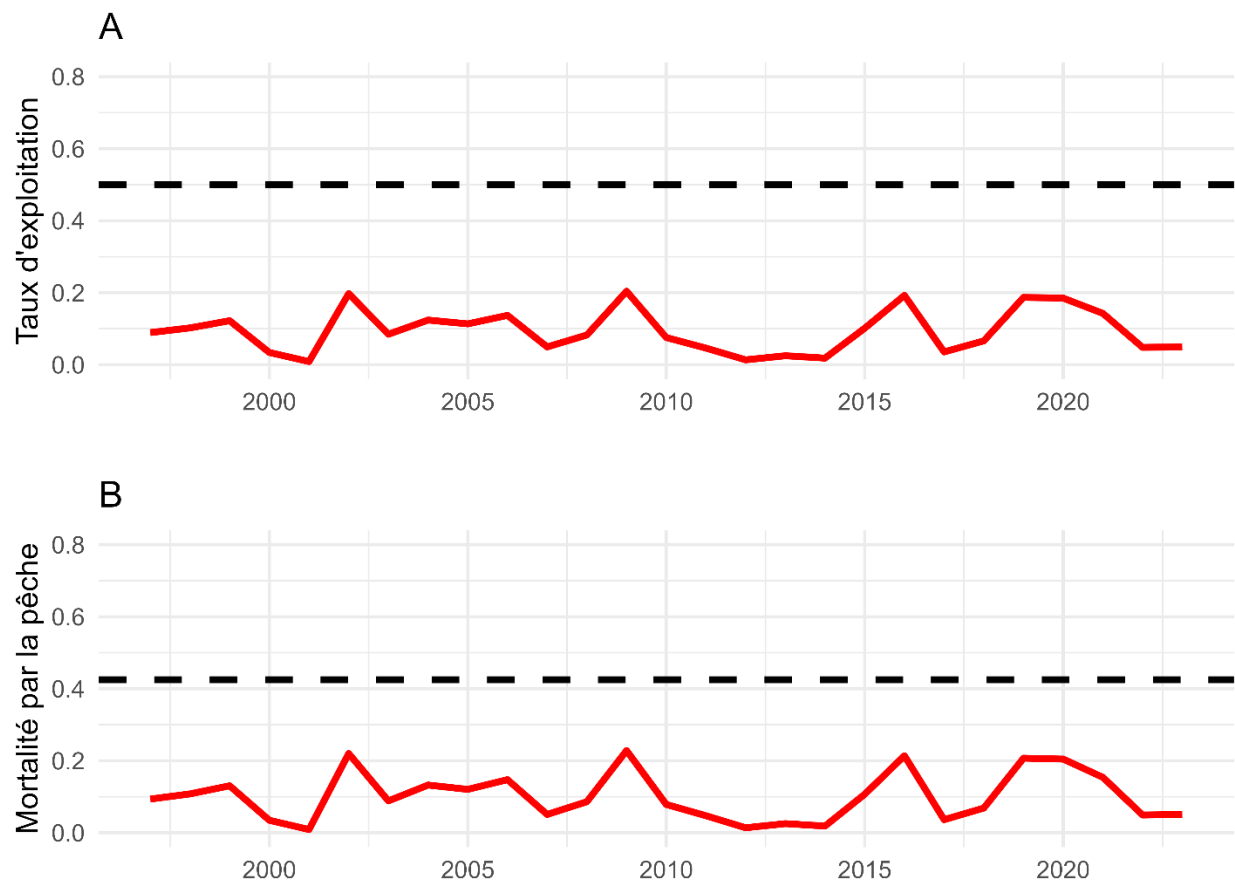


Figure 33. Série chronologique (A) du taux d'exploitation et (B) de la mortalité par la pêche estimés à partir du rapport entre le débarquements totax et de biomasse mature mise à l'échelle, réduite par la mortalité naturelle hivernale. La ligne pointillée horizontale représente les niveaux de prélèvements au-delà desquels la pêche cause des dommages graves selon Patterson 1992 (c'est-à-dire $E = 0,5$ et $F = \frac{1}{2} M$).

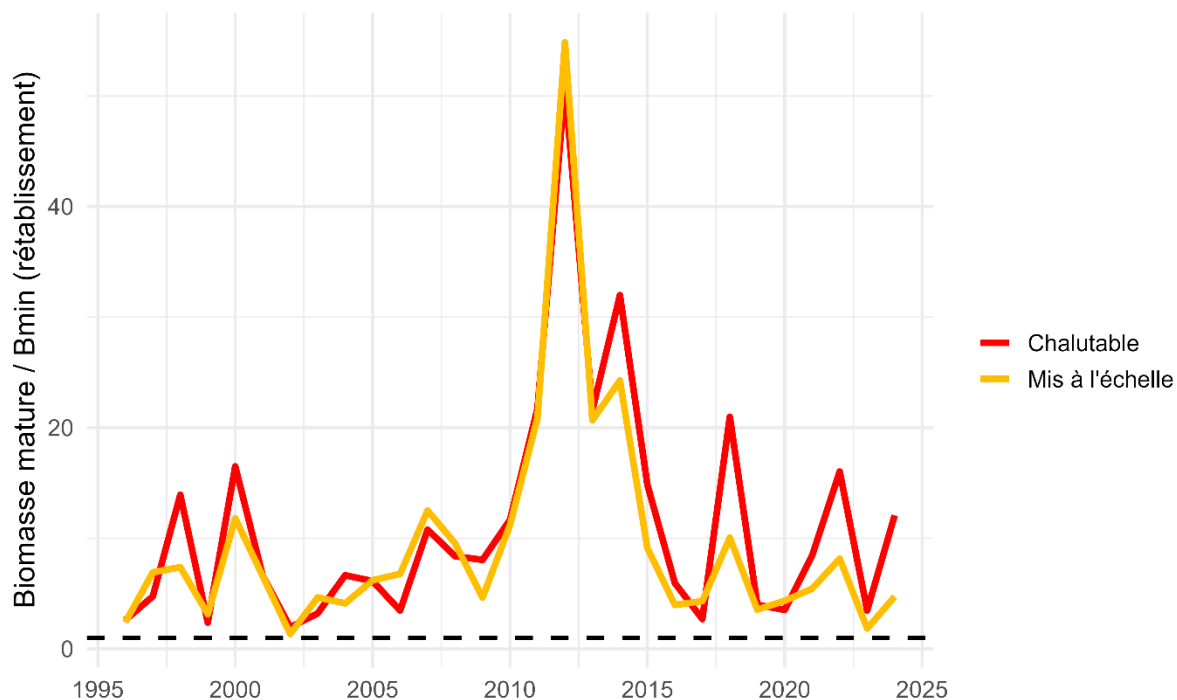


Figure 34. Rapport entre la biomasse mature du stock et le PRL $B_{\text{min-rétablissement}}$. La ligne pointillée représente un rapport de 1.

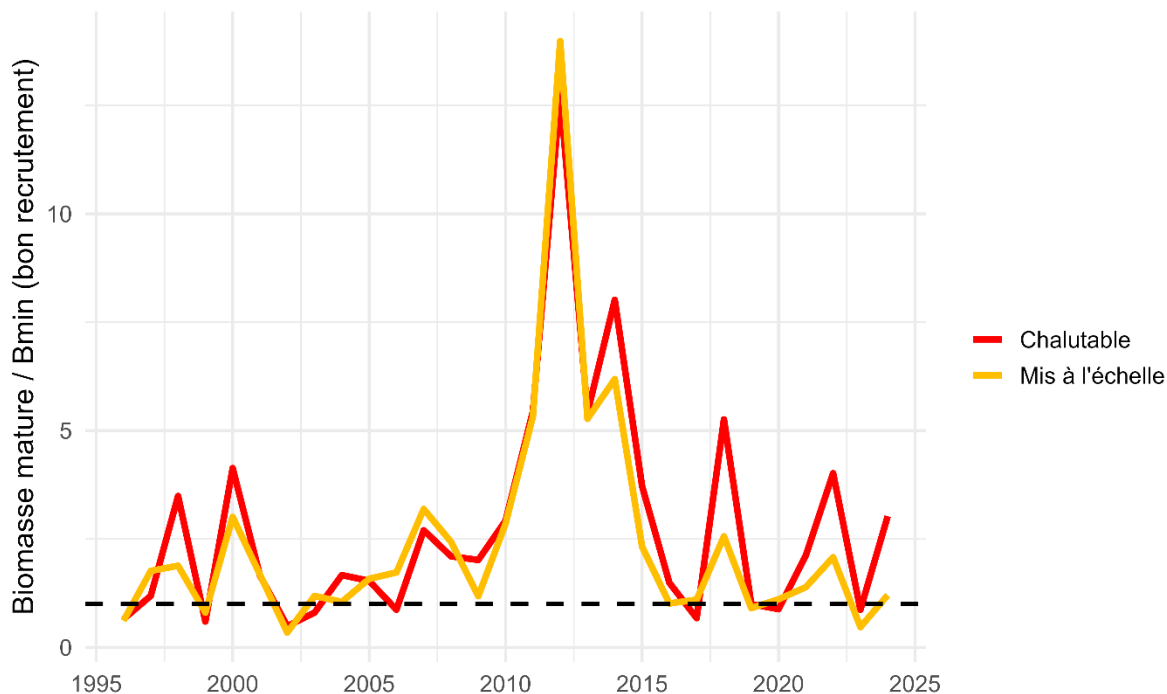


Figure 35. Rapport entre la biomasse mature du stock et le PRL $B_{\text{min-bon recrutement}}$. La ligne pointillée représente un rapport de 1.

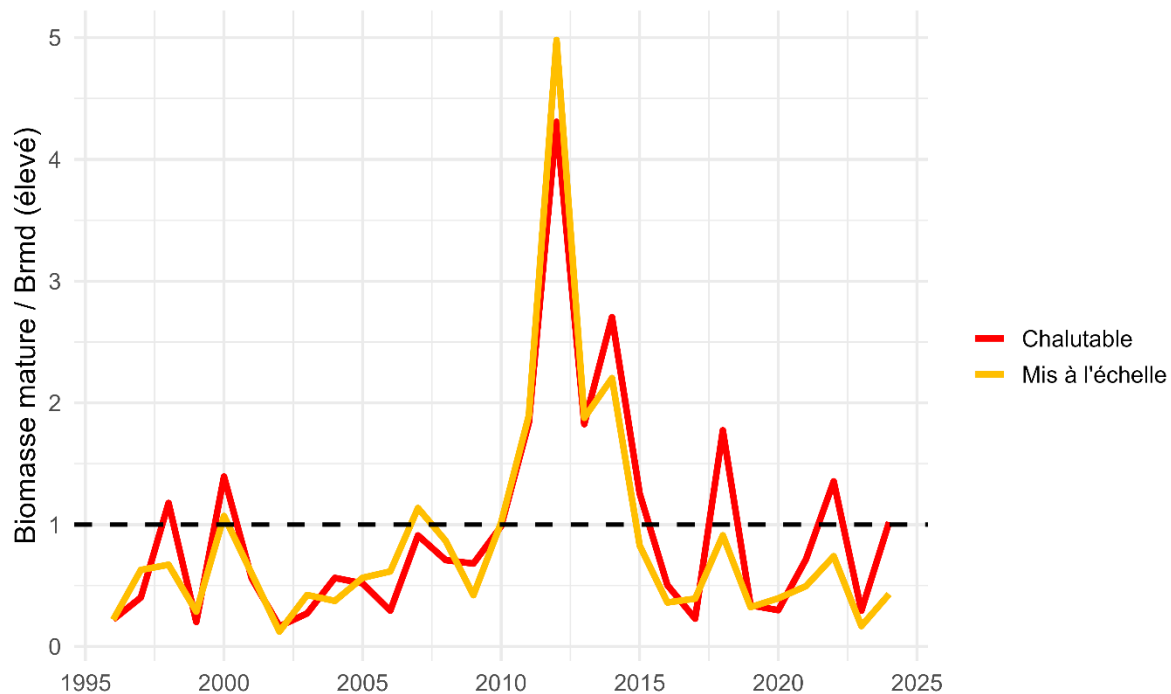


Figure 36. Rapport entre la biomasse mature du stock et le PRL $B_{RMD-Élevé}$. La ligne pointillée représente un rapport de 1.

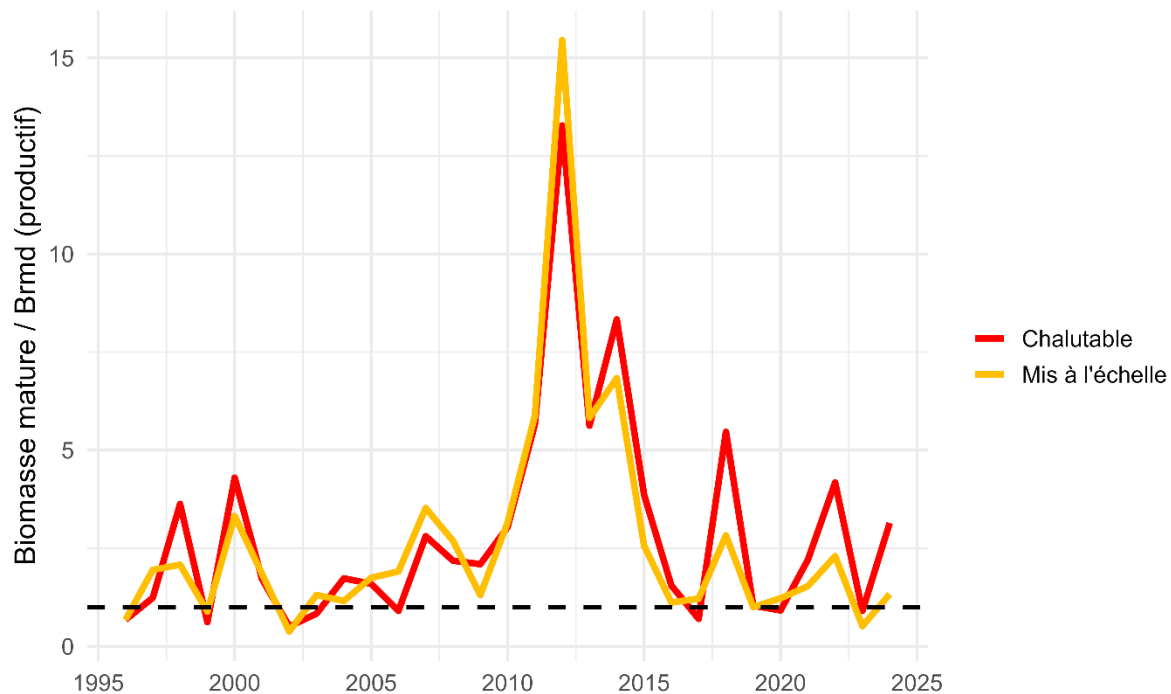


Figure 37. Rapport entre la biomasse mature du stock et le PRL $B_{RMD-productif}$. La ligne pointillée représente un rapport de 1.

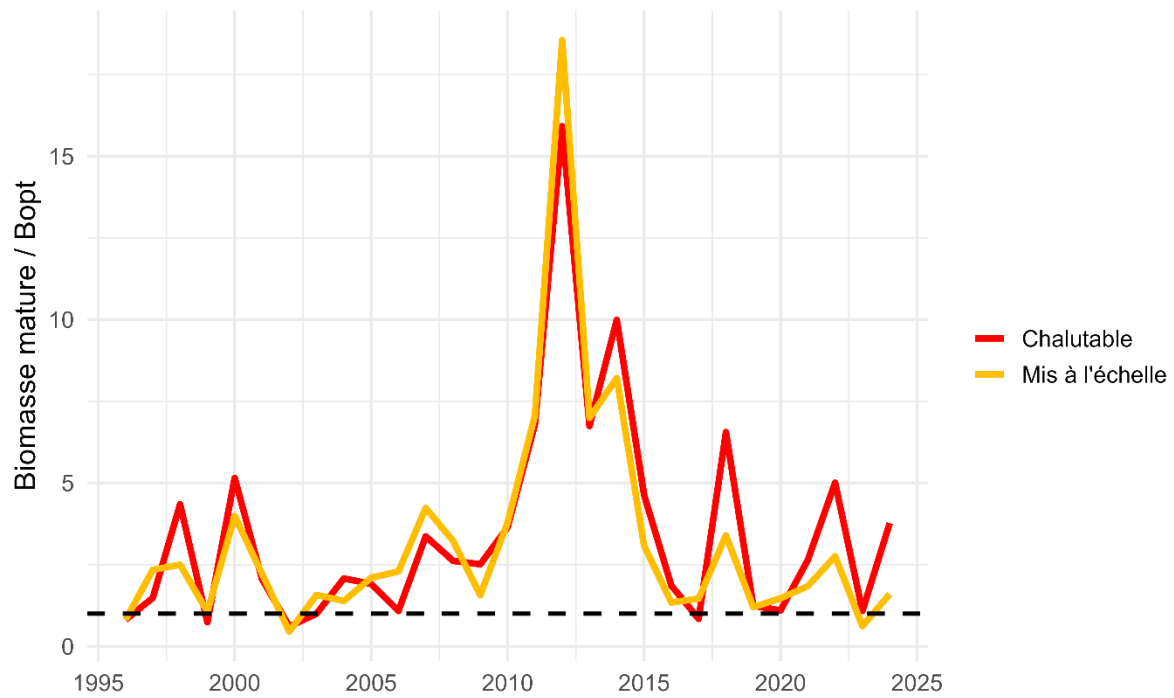


Figure 38. Rapport entre la biomasse mature du stock et le PRL B_{opt} . La ligne pointillée représente un rapport de 1.

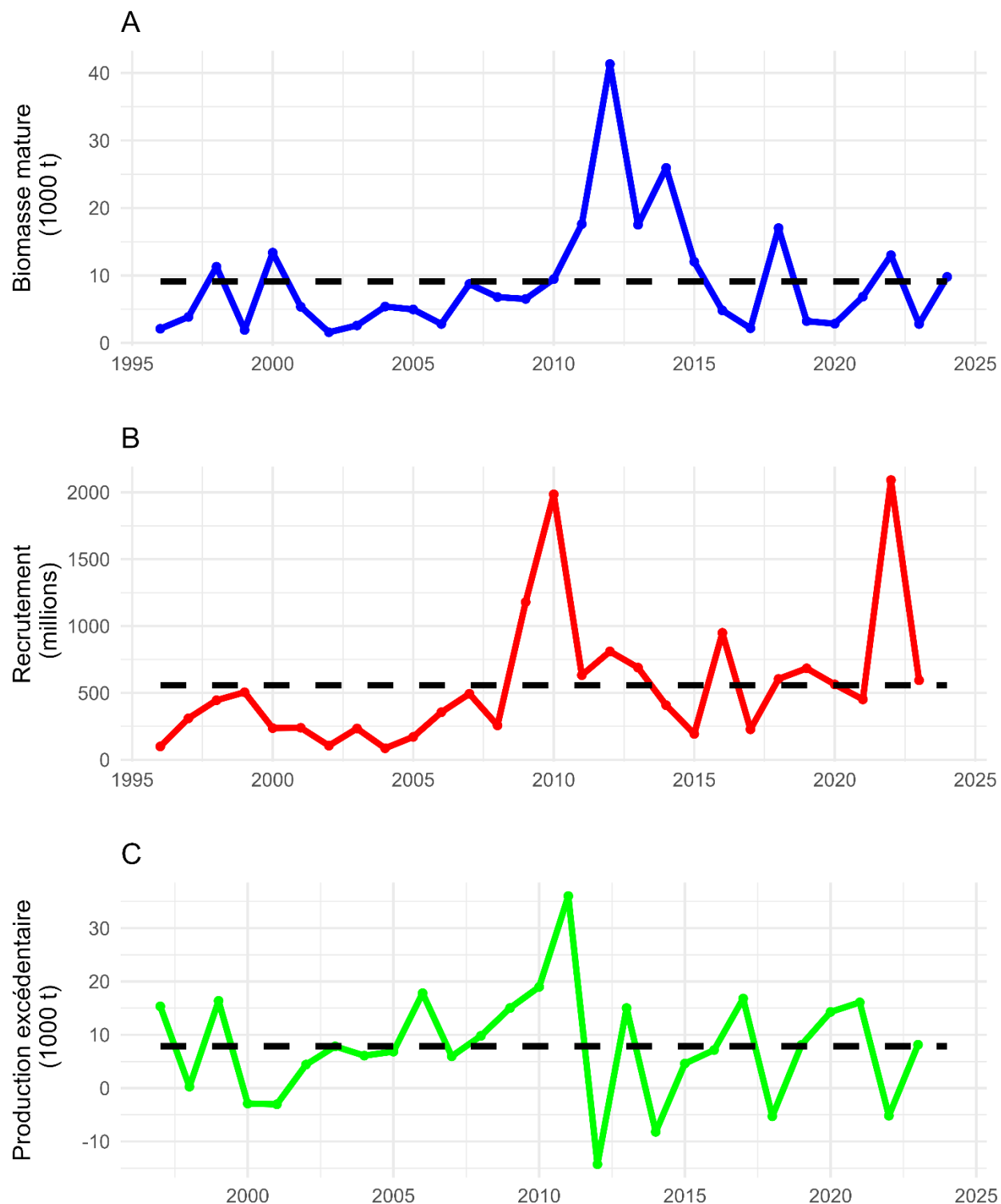


Figure 39. Série chronologique (A) de la biomasse mature, (B) de l'indice de recrutement et (C) de la production excédentaire estimées avec les indicateurs chalutables. La ligne pointillée horizontale représente la moyenne de la série chronologique.

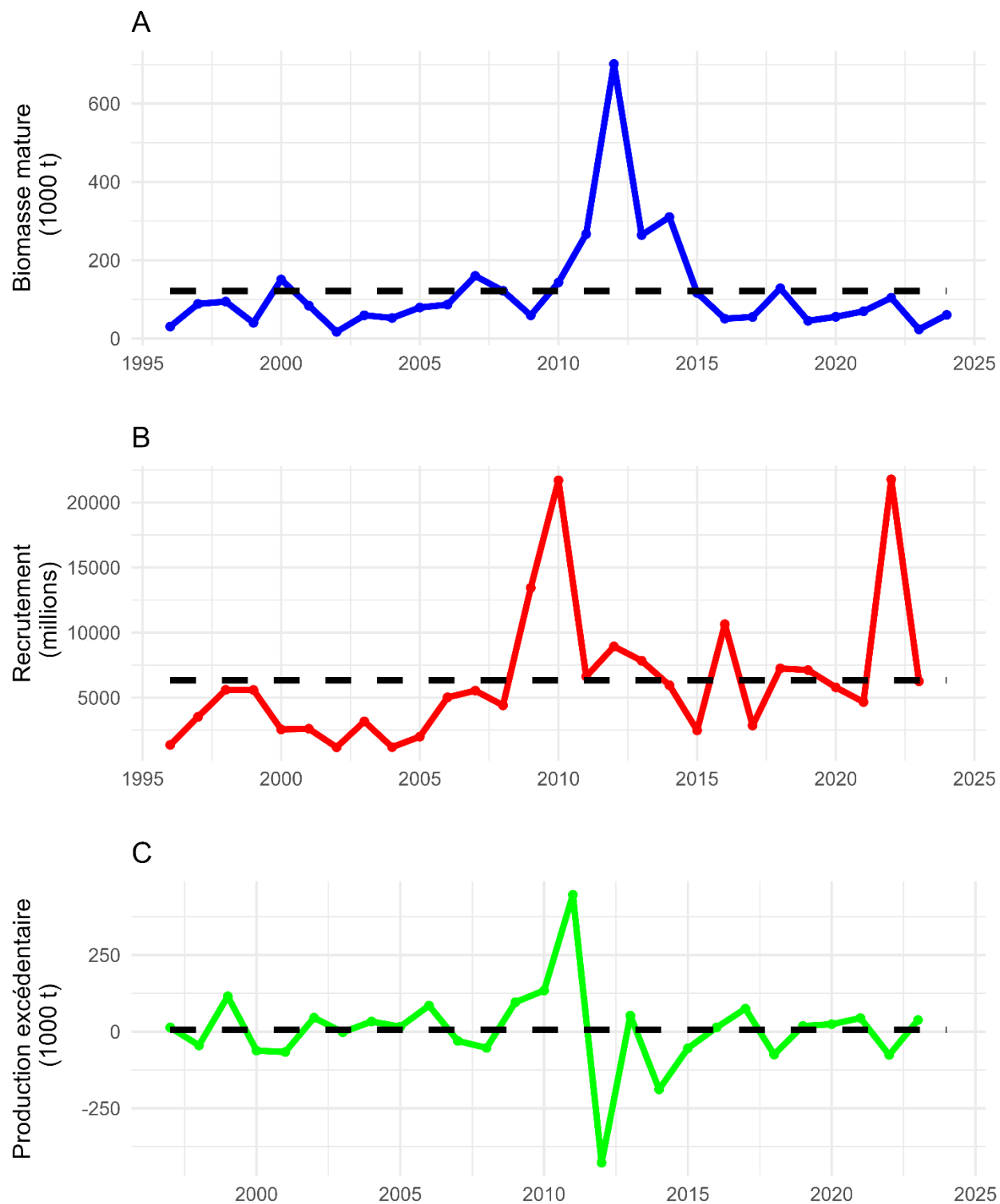


Figure 40. Série chronologique (A) de la biomasse mature, (B) de l'indice de recrutement et (C) de la production excédentaire estimées avec les indicateurs mis à l'échelle. La ligne pointillée horizontale représente la moyenne de la série chronologique.

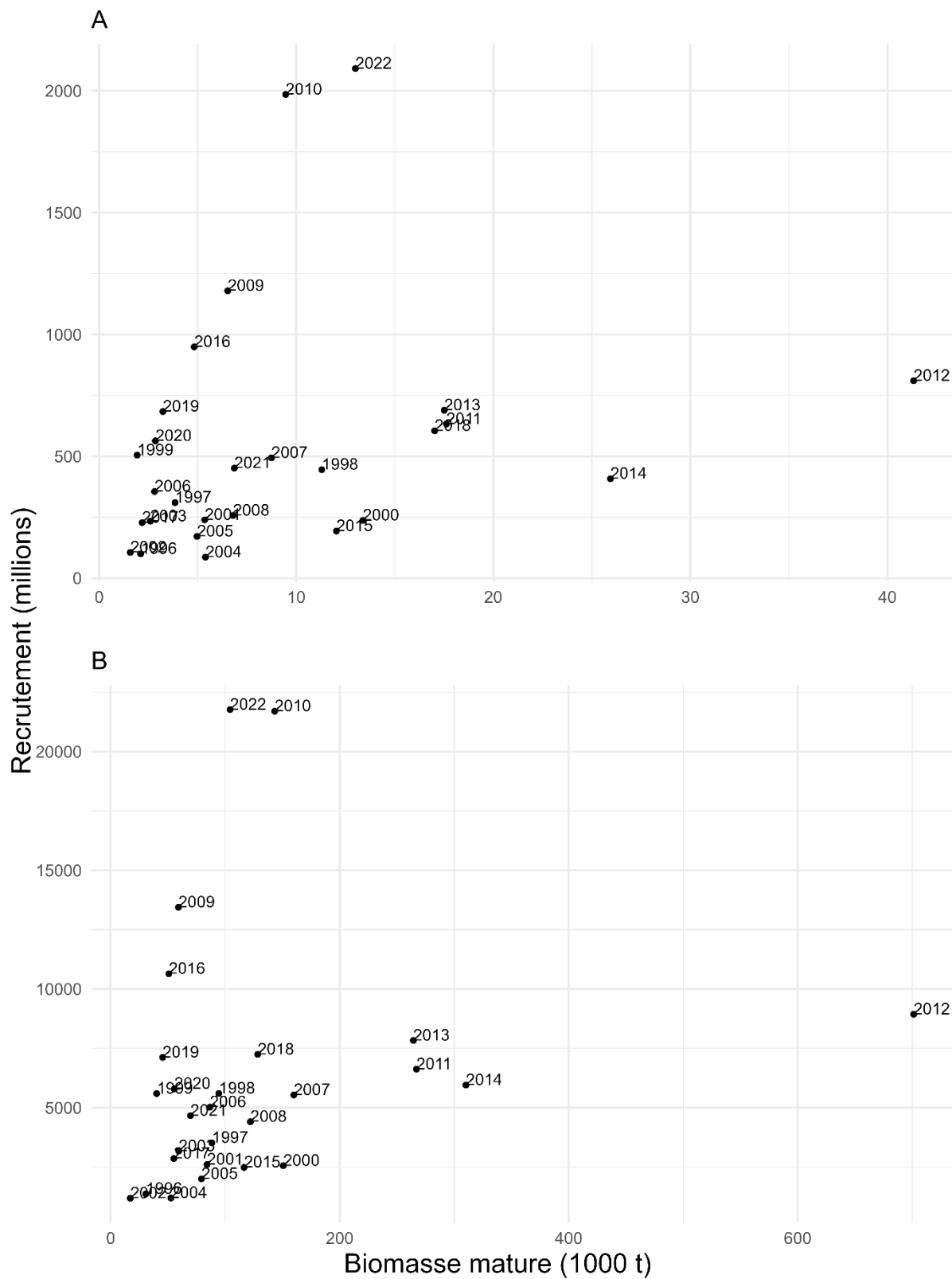


Figure 41. Indice de recrutement en relation avec la biomasse mature estimés avec les indicateurs (A) chalutables et (B) mis à l'échelle.

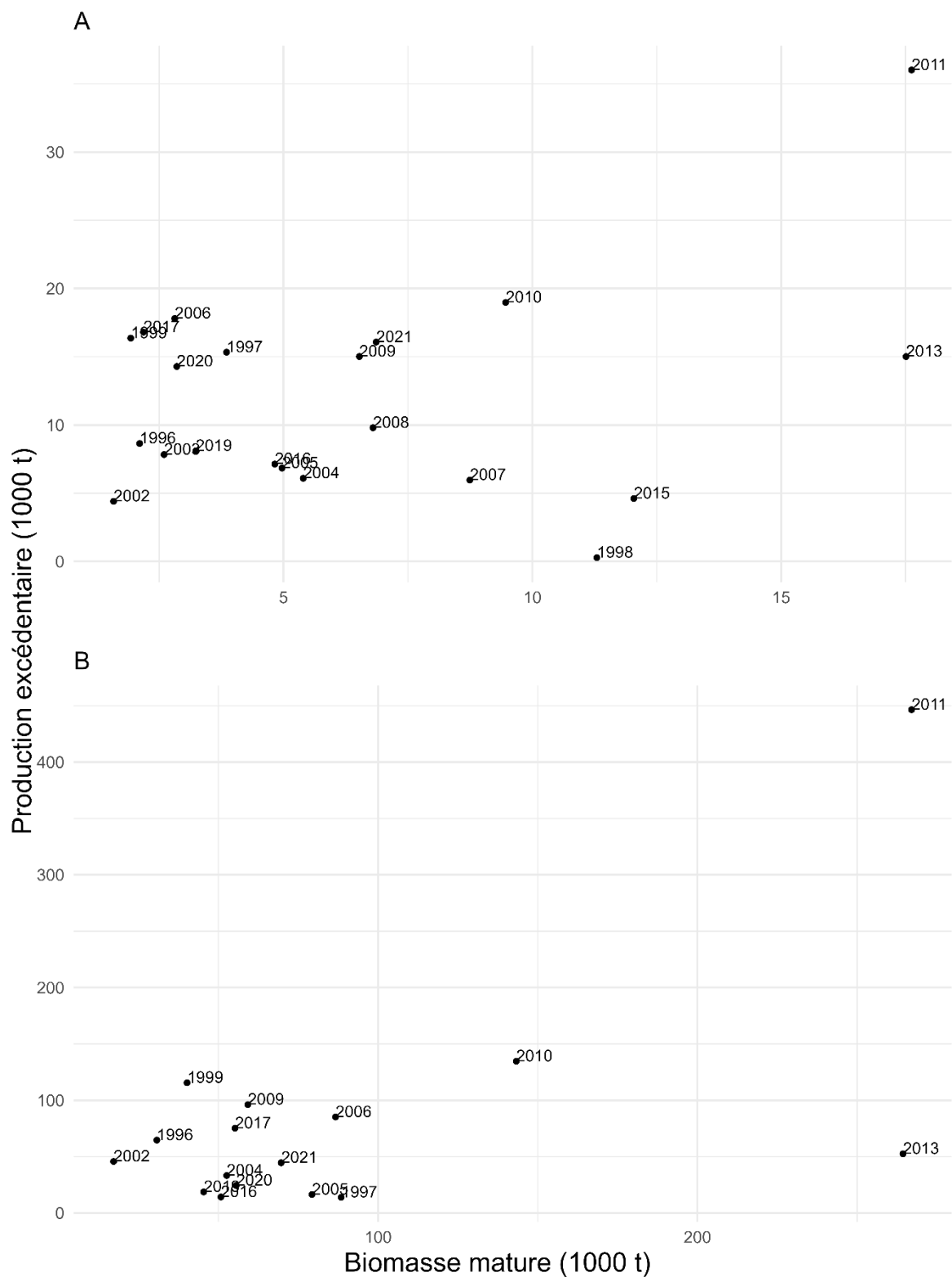


Figure 42. Production excédentaire en relation avec la biomasse mature estimée avec les indicateurs (A) chalutables et (B) mis à l'échelle. Les valeurs de production excédentaire inférieures à 0 ont été retirées afin de mieux identifier les années de faible biomasse et de bonne production.

Strates	819	-26	0	0	0	1	1	2	1	0	+	1	0	0	43	0	0	3	101	2	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
	818	268	0	8	40	8	4	46	50	9	5	11	2	30	24	19	19	1908	59	3	0	0	0	0	0	0	7	2	1	0
	817	-62	0	289	111	387	144	7	30	50	111	47	32	110	18	82	109	54	109	139	37	19	26	2	89	78	183	93	30	
	816	-81	0	25	41	33	22	0	168	1	11	115	401	264	7	280	729	1474	154	808	36	6	113	136	48	21	1	10	3	
	815	-11	0	43	33	4	10	1	3	1	0	191	8	82	3	38	6	3254	145	388	23	0	5	0	0	0	0	3	0	
	814	+	0	35	3	116	11	9	83	65	41	15	314	7	309	212	13	860	16	32	0	0	0	0	2	0	0	6	1	
	813	-5	0	11	58	20	25	21	33	82	62	12	0	0	15	56	2	1146	164	35	12	6	6	2	46	0	0	6	4	
	812	-0	0	4	0	0	0	3	2	25	12	5	8	0	11	0	32	4	5	55	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	811	-0	0	1	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	0	2	1	0	2	+	0	0	0	
	810	-0	0	0	0	0	0	21	0	13	0	0	0	0	1	0	+	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	809	-0	0	0	0	0	1	3	0	7	0	0	0	0	1	0	1	14	9	48	0	0	0	0	0	+	0	0	0	
	808	-0	0	0	1	0	1	3	1	1	+	0	0	0	0	1	0	1	134	206	0	0	0	0	0	+	0	0	0	
	807	-3	0	0	0	5	1	4	2	2	+	0	3	0	1	2	1	34	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	806	-7	0	0	14	11	95	0	3	58	173	16	42	11	14	33	4	122	90	21	18	1	1	0	2	0	0	1	0	
	805	-4	0	0	9	85	254	1	28	20	68	48	21	200	11	34	4	14	157	15	39	5	53	0	21	115	25	145	27	
	804	-1	0	1	64	6	17	1	10	6	41	12	33	12	25	7	1	90	21	41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	803	-0	0	0	0	1	2	6	0	4	0	0	4	0	1	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	802	-0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	+	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	801	-46	0	136	56	727	323	108	260	19	441	118	3	12	149	38	24	1147	702	344	29	9	22	150	2	0	0	2	0	
	414	-5	0	1	13	4	2	3	0	13	12	11	4	2	3	49	63	2	96	4	2	1	0	+	2	1251	+	78	53	
	413	-1	0	0	0	0	8	13	1	158	18	15	3	1	1	8	0	1	60	1	0	0	0	64	4	6	1	4	5	
412	-2	0	1	1	33	1	15	3	13	3	48	11	3	1	120	242	324	63	129	4	10	4	4	16	53	46	42	16		
411	-1	0	0	6	1	6	2	3	11	18	14	2	1	55	28	0	10	29	4	2	0	10	6	6	26	13	40	9		
410	-3	0	1	10	36	57	2	2	18	25	24	12	41	17	32	9	4	113	24	18	0	18	4	0	103	20	1	34		
409	-37	0	63	2	52	56	12	20	60	46	56	48	58	21	254	10	61	356	106	78	4	34	14	14	96	360	0	11		
408	-0	0	0	6	17	14	1	2	11	8	0	8	1	0	18	1	29	5	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
407	-0	0	1	0	2	0	0	1	2	1	0	1	1	0	0	+	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
406	-4	0	5	125	287	55	2	12	34	122	78	31	28	3	21	12	268	82	28	3	1	7	0	13	6	2	0	0		
405	-10	0	0	2	71	16	1	1	75	2	1	7	1	2	5	4	11	27	15	0	3	0	0	0	0	0	0	0		
404	-0	0	0	0	0	2	1	1	4	4	0	3	1	0	0	+	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
403	-23	0	6	40	291	56	30	44	187	167	44	12	31	10	83	53	1034	92	144	28	5	1	6	373	6	36	10	0		
402	-0	0	6	3	131	39	1	4	97	+	0	6	0	4	6	6	49	38	4	0	9	0	0	0	0	3	0	0		
401	-0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	+	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		

Figure 43. Série chronologique du nombre moyen de capelans capturés dans le relevé du nord du golfe Saint-Laurent pour chacune des strates (axe des y) identifiées comme un habitat thermique défavorable pour le capelan.

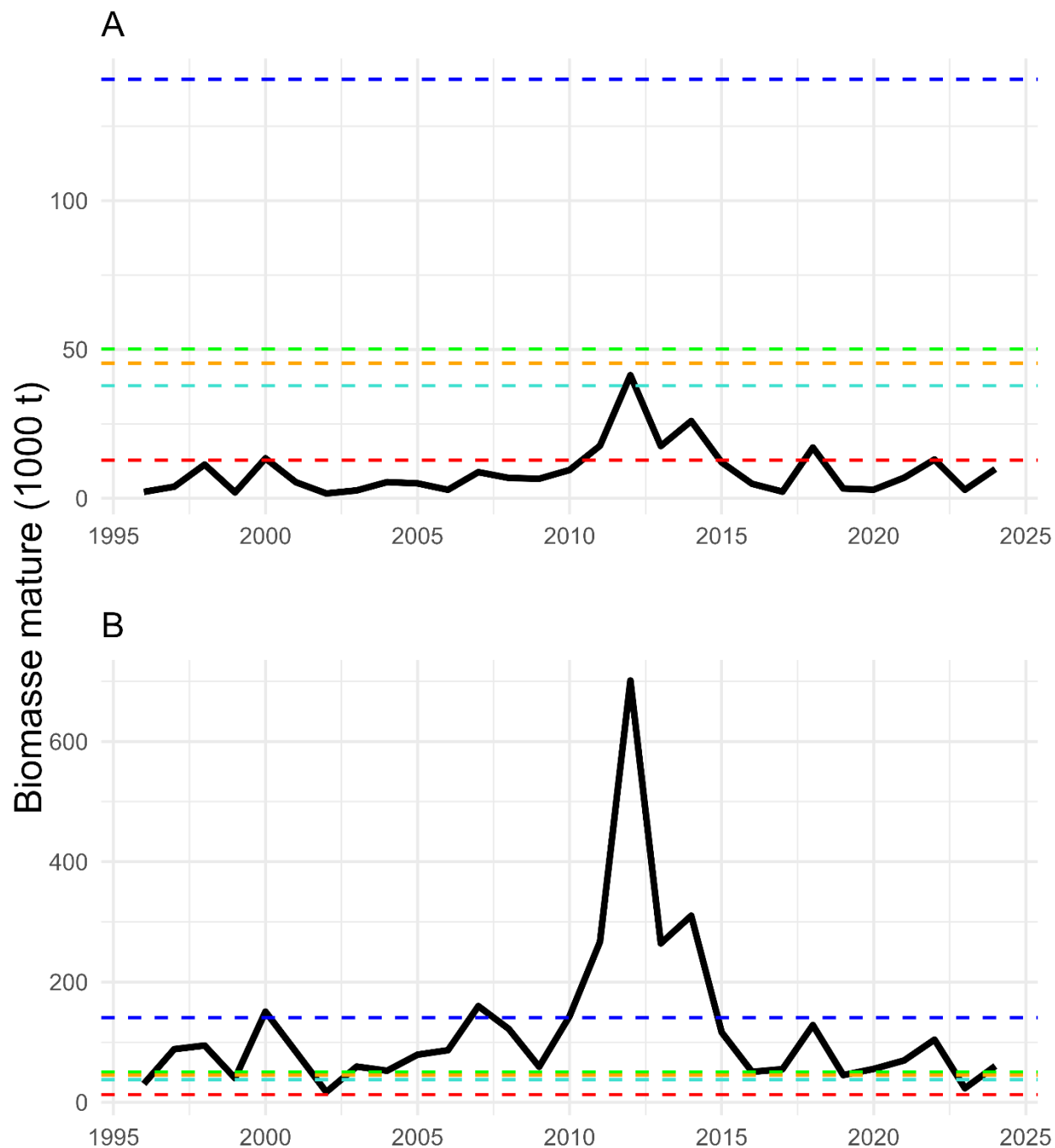


Figure 44. Série chronologique de la biomasse mature (A) chalutable et (B) mise à l'échelle. Les lignes horizontales colorées représentent les PRL $B_{min-rétablissement}$ (rouge), $B_{min-bon\ recrutement}$ (vert), $B_{RMD-Élevé}$ (bleu), $B_{RMD-productif}$ (orange) and B_{opt} (turquoise) estimés pour chaque scénario.