



ÉVALUATION DU STOCK DE CAPELAN DE L'ESTUAIRE ET DU GOLFE DU SAINT-LAURENT (DIVISIONS 4RST) EN 2020



Figure 1. Capelans adultes mâles et femelles (Source : Claude Nozères – MPO).

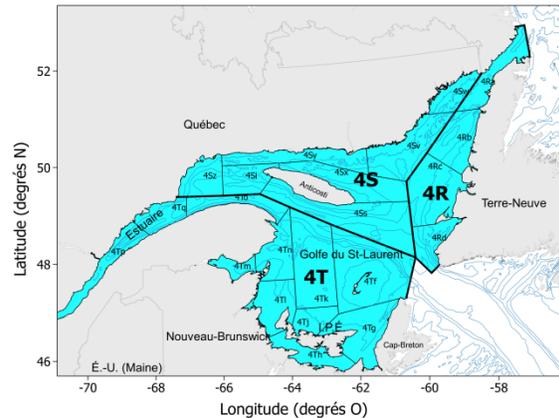


Figure 2. Carte des divisions 4RST de l'OPANO (estuaire et golfe du Saint-Laurent).

Contexte :

Le capelan atlantique (*Mallotus villosus*, Figure 1) est un petit poisson fourrage qui s'agrège en bancs et qui joue un rôle important dans les écosystèmes de l'estuaire et du nord golfe du Saint-Laurent (GSL). Traditionnellement, dans l'est du Canada, le capelan est pêché de façon récréative sur les plages durant la période de fraie pour la consommation et est aussi utilisé comme engrais et appât, ainsi que pour son huile. Vers la fin des années 1970, l'émergence d'un marché asiatique pour les femelles roguées a entraîné une croissance rapide de la pêche, les débarquements moyens passant d'environ 662 t à près de 10 000 t par année. Dans les divisions 4RST de l'OPANO (Figure 2), la plupart des prises de capelans se font sur la côte ouest de Terre-Neuve-et-Labrador par une flotte de petits et de grands senneurs, ainsi que par des pêcheurs à la senne « tuck » et à la trappe. Le capelan est aussi pêché à l'aide de seines bourses et de trappes sur la Basse-Côte-Nord du Québec et de fascines dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le capelan est une prise accessoire courante des crevettiers et lors des relevés multidisciplinaires de poissons de fond et de crevettes effectués chaque année par Pêches et Océans Canada dans l'estuaire et le GSL. Bien que la structure des populations de capelan dans l'estuaire et le GSL ne soit pas clairement définie, le capelan des divisions 4RST est actuellement géré comme étant un seul stock.

Un total autorisé des captures (TAC) de 9 295 t a été appliqué à tout le stock pour les saisons 2018, 2019 et 2020. Ce TAC est divisé comme suit : 8 005 t pour la division 4R et 1 290 t pour l'ensemble des divisions 4ST.

La dernière évaluation du stock de capelan dans les divisions 4RST a été réalisée en 2018. Le présent document a pour objectif de formuler des recommandations sur la situation du capelan dans les divisions 4RST d'après les meilleures données disponibles.

SOMMAIRE

- Depuis 2000, les débarquements annuels de capelan dans les divisions 4RST de l'OPANO ont été en moyenne de 7 973 t. En 2018, 2019 et 2020, les débarquements étaient respectivement de 8 503, 8 487 et 9 848 t (les deux dernières années sont préliminaires), provenant principalement de la pêche à la senne dans 4R (93 % du total des débarquements).
- L'indice de performance des senneurs de la division 4R a augmenté de 2004 à 2010 et a par la suite varié au-dessus de la moyenne de la série chronologique.
- Les fréquences de longueur provenant des relevés au chalut de fond indiquent des différences régionales dans la structure de taille. Par rapport aux fréquences de longueur de la pêche commerciale ciblant les poissons reproducteurs, les relevés capturent en moyenne des capelans de plus petite taille. D'après les traits d'histoire de vie connus et la faible mortalité par la pêche inférée pour le golfe du Saint-Laurent (GSL), une grande proportion du capelan ciblé par la pêche commerciale n'est probablement pas disponible aux relevés en raison de la mortalité due à la sénescence après la fraie.
- L'indice d'abondance relative du relevé au chalut de fond du nord du GSL était élevé et légèrement en hausse au cours des années 1990. Il a diminué à des valeurs minimales au cours de la première moitié des années 2000, avant d'augmenter graduellement pour atteindre un sommet en 2011 et de retomber par la suite à des niveaux relativement bas. Dans le sud du GSL, l'indice était faible dans les années 1990 et 2000, a augmenté rapidement pour atteindre les maxima de la série dans les années 2010 et a diminué proche des niveaux moyens depuis.
- Les variations des indices d'abondance relative du capelan à partir des relevés au chalut de fond étaient associées à des variations de la condition du capelan liées à l'environnement au cours des deux années précédentes, conformément à l'hypothèse de régulation ascendante de la survie et de la force des cohortes du capelan.
- Les simulations effectuées à l'aide d'un nouveau modèle de réseau qualitatif suggèrent que les conditions récentes de l'écosystème sont généralement favorables à la productivité du capelan.
- Les niveaux plausibles du taux d'exploitation inféré de la pêche étaient inférieurs d'au moins un ordre de grandeur à la mortalité naturelle (M) calculée en fonction des traits d'histoire de vie. Au niveau du stock, il est donc peu probable que la mortalité par la pêche actuelle du capelan 4RST ait des effets néfastes sur la population.

INTRODUCTION

Biologie de l'espèce

Le capelan (Figure 1) fait partie de la famille des *Osmeridae*. Autrefois considérés comme une seule espèce circumpolaire, les capelans atlantique (*Mallotus villosus*) et pacifique (*M. catervarius*) sont maintenant reconnus comme des espèces distinctes avec des structures de populations complexes (Mecklenburg et al. 2018, Mecklenburg et Steinke 2015). Dans les divisions 4RST de l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest (OPANO, Figure 2), qui couvrent l'estuaire et le GSL, le capelan atlantique (ci-après le capelan) est actuellement géré comme étant un seul stock avec deux zones de gestion distinctes, soit 4R et 4ST.

Durant la saison de la fraie, le capelan montre un dimorphisme sexuel évident, les mâles ayant des nageoires plus grandes et étant généralement de plus grande taille que les femelles (Figure 1). Le capelan a deux modes de fraie, la fraie sur plage et la fraie démersale, qui sont précédées par des migrations vers les eaux côtières et intertidales. Dans le premier cas, le capelan « roule » sur les grèves de sable ou de gravier fin et les mâles et femelles y déposent leur laitance et œufs. Les œufs adhèrent ensuite au substrat sablonneux. Dans le GSL, la période de fraie sur les plages débute généralement en avril-mai dans l'ouest de l'estuaire et progresse par la suite vers l'est pour se terminer en juillet-août le long de la Basse-Côte-Nord du Québec et la côte ouest de Terre-Neuve. L'emplacement et le moment précis de la fraie sont variables, mais dépendent de la température de l'eau et du substrat disponible. La température de l'eau et du substrat influence également le temps d'incubation et la mortalité des œufs, de même que la survie des larves. À l'instar des reproducteurs de plages, les reproducteurs démersaux ont tendance à se reproduire sur des sites composés d'un substrat sableux ou de gravier fin et caractérisés par des températures plus faibles et des salinités plus élevées que sur les plages. Le taux de mortalité post reproduction est élevé chez les poissons adultes, particulièrement chez les mâles. Au moment de l'éclosion, les larves adoptent une vie planctonique et restent près de la surface de l'eau jusqu'à l'hiver. La croissance la plus importante se produit la première année, et le capelan atteint la maturité sexuelle vers l'âge de deux ans.

Vue d'ensemble de la pêche

Dans l'estuaire et le GSL (divisions OPANO 4RST, Figure 2), la saison de pêche au capelan est généralement courte et correspond à la période précédant la fraie pour la pêche à la senne et à la période de fraie pour la pêche à la trappe et à la fascine. Les pêches à la senne et à la trappe ciblent les femelles matures destinées à l'exportation sur les marchés asiatiques. L'émergence de ces marchés est la cause de l'augmentation marquée des débarquements observée à la fin des années 1970 (Grégoire *et al.* 2013). Alors qu'ils étaient autrefois remis à l'eau, utilisés comme farine de poisson ou comme engrais, les mâles sont maintenant principalement commercialisés dans le marché de l'alimentation et vendus à des zoos et à des parcs marins aux États-Unis et en Chine.

La pêche au capelan dans l'estuaire et le GSL est gérée par un total autorisé des captures (TAC). Depuis 1999, le TAC est partagé entre les différentes flottilles selon le tableau 1. Les principaux engins de pêche sont la senne bourse, la senne « tuck » et la trappe. La division 3Pn de l'OPANO est incluse dans le plan de gestion intégrée des pêches (PGIP) des divisions 4RST, mais n'a jamais été incluse dans l'évaluation du stock.

Tableau 1. Allocation du TAC de capelan dans l'estuaire et le GSL par division de l'OPANO et type d'engin. Les zones de pêche au capelan (ZPC) sont indiquées entre parenthèses.

Division OPANO	Engin	Type de quota	Allocation (%)
4R (12*-14)	Engins fixes	Compétitif	37,82
	Engins mobiles < 65'	Individuel	24,15
	Engins mobiles ≥ 65'	Compétitif	24,15
4ST (15-16)	Tous les engins	Compétitif	13,88

*La ZPC 12 inclut la division OPANO 3Pn.

ÉVALUATION

La pêche commerciale

Description des activités de pêche

De 1985 à 2020, les débarquements annuels ont varié considérablement (moyenne de 6 903 t, écart-type de $\pm 3\,422$ t) et étaient caractérisés par un certain nombre d'années durant lesquelles aucun sinon très peu de débarquements sont rapportés (par ex. 1982, 1987, 1994, 1995, 2001 et 2017). Les données de 2017 à 2020 montrent que les débarquements sont passés de 2 044 t en 2017 à respectivement 8 503 t, 8 487 t et 9 848 t au cours des 3 dernières années (Figure 3). Au cours de l'évaluation du capelan 4RST 2018, les faibles débarquements de 2017 avaient été attribués à la présence d'un retrait plus tardif de la glace de mer dans certaines zones et aux mauvaises conditions météorologiques, limitant les possibilités de récolte (MPO 2018). Le TAC de cette pêcherie n'a été dépassé qu'en 1992, 1993 et 2020 (Figure 3).

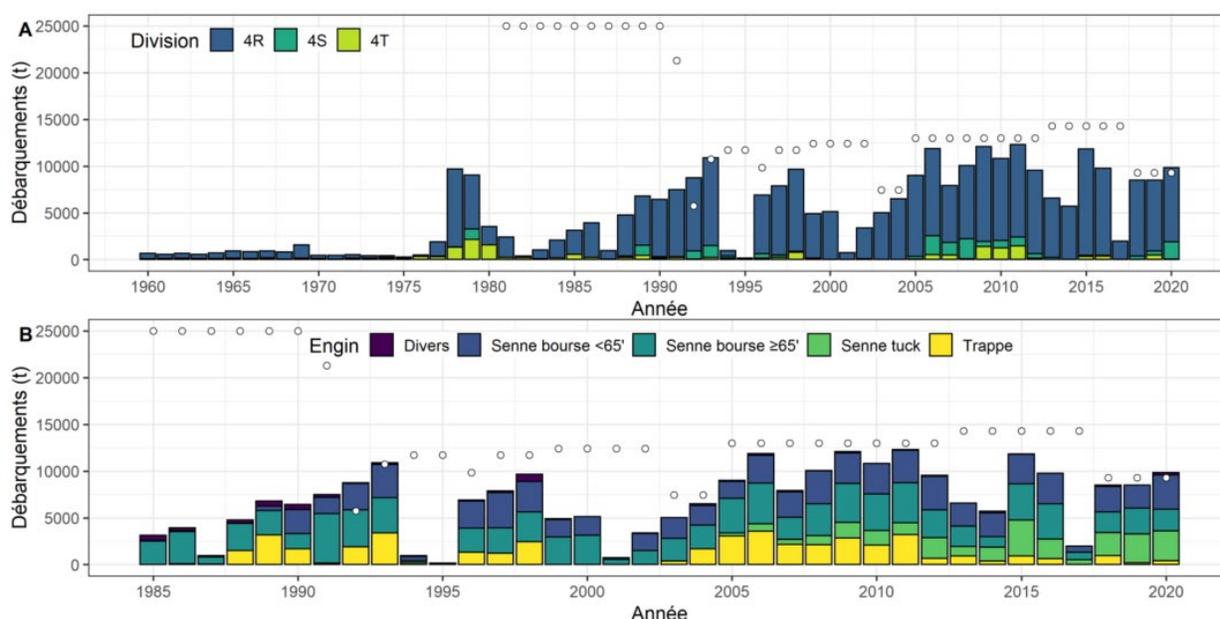


Figure 3. Débarquements de capelan (t) par (A) division de l'OPANO de 1960 à 2020 et (B) par principaux engins de pêche pour la période 1985-2020. Les ronds blancs représentent le TAC. Les débarquements de 2019 et 2020 sont préliminaires.

Les débarquements de capelan sont principalement réalisés par la flotte de senneurs (petits et grands senneurs) de la division OPANO 4R, lesquels représentaient 93 % des débarquements totaux de 2000 à 2020 (Figure 3). La flotte d'engins mobiles continue de débarquer la majeure partie du TAC dans le GSL, même si une augmentation des débarquements par les engins fixes est observée depuis le milieu des années 2000. Cette augmentation est largement attribuable à l'arrivée de la senne « Tuck » dans la flotte, qui est considérée comme étant un engin fixe malgré sa mobilité (Figure 3).

Dans la division 4R de l'OPANO, les débarquements provenaient généralement des zones unitaires 4Rabc et y étaient plus uniformément répartis de 2018 à 2020 qu'au cours des années précédentes. Depuis 2012, les grands et les petits senneurs débarquent des proportions

similaires du TAC et les débarquements avec des trappes représentent une plus faible proportion des débarquements totaux dans cette division.

Performance de la pêche à la senne bourse et à la senne « tuck » de la division 4R

Un indice de performance de la pêche, exprimé en nombre de tonnes par bateau par jour, est estimé à partir d'une standardisation des taux de capture de la pêche à la senne bourse et « tuck » de la division 4R. L'indice de performance a augmenté rapidement à partir de 2004 pour atteindre le maximum de la série chronologique en 2013 à 57,9 t/jour suite à une période de 12 ans durant laquelle il était sous la moyenne à long terme (30,7 t/jour). L'indice de performance est par la suite demeuré au-dessus de la moyenne à long terme variant entre une valeur maximale de 55,0 t/jour (2014) et minimale de 37,0 t/jour (2017) pour se situer à 44,0 t/jour en 2020 (Figure 4).

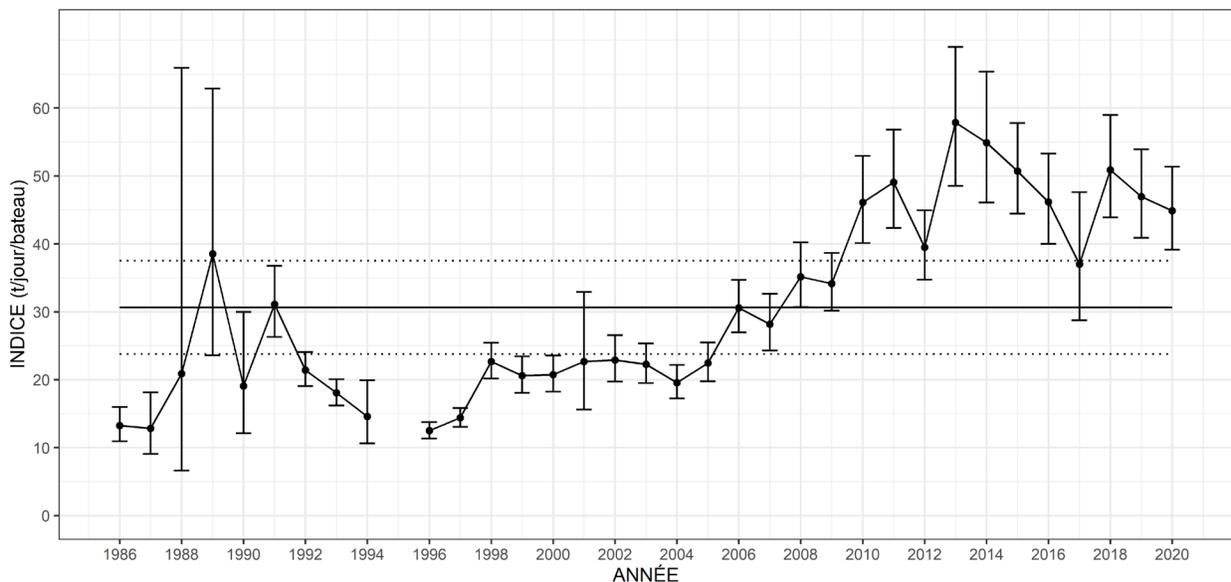


Figure 4. Indice de performance de la pêche à la senne bourse et « tuck » de la division 4R de l'OPANO, de 1986 à 2020.

Données indépendantes de la pêche

Capelan dans les relevés au chalut de fond du sud et du nord du golfe

La capturabilité relative du capelan dans les relevés au chalut de fond du MPO a été analysée en fonction des caractéristiques de l'habitat et des prédateurs démersaux afin de déterminer si les données de ces relevés pouvaient nous informer sur l'abondance relative du capelan. Ces analyses ont révélé que le capelan était relativement abondant et capturé de manière récurrente et cohérente dans les traits de chalut effectués dans les régions du GSL où la couche intermédiaire froide (CIF) touche le fond. De plus, malgré que la présence de prédateurs puisse diminuer la capturabilité du capelan près du fond, cet effet ne s'est pas révélé important. Ces résultats suggèrent donc qu'il semble possible de se servir des données des traits des relevés, particulièrement ceux effectués dans la CIF, pour estimer des indices d'abondance relative.

Les capelans capturés dans les relevés du sud du GSL (sGSL) et du nord du GSL (nGSL) sont en moyenne plus petits que ceux capturés dans la pêche commerciale (Figure 5). Les capelans capturés dans le relevé du sGSL en septembre sont en moyenne plus petits que ceux capturés

dans le relevé du nGSL. La comparaison des fréquences de longueur des capelans dans les relevés avec des données historiques de longueurs à l'âge provenant de la pêche commerciale dans le GSL suggère que les capelans capturés dans le relevé du sGSL seraient principalement composés d'individus âgés de 1 et 2 ans alors que ceux capturés dans le relevé du nGSL seraient majoritairement âgés de 2 ans avec une faible proportion d'individus de 1 et 3 ans (Figure 5). Ces observations indiquent que le sGSL agirait comme pouponnière pour le capelan du GSL, une hypothèse proposée dans le passé dans la littérature.

Il est peu probable que les différences de structure de taille entre les 2 relevés soient causées par des différences de sélectivité, car des capelans de tailles très similaires sont capturés dans la zone où les deux relevés se chevauchent. Les différences de structure de taille observées dans les relevés du nGSL et du sGSL suggèrent donc des différences régionales dans la structure démographique.

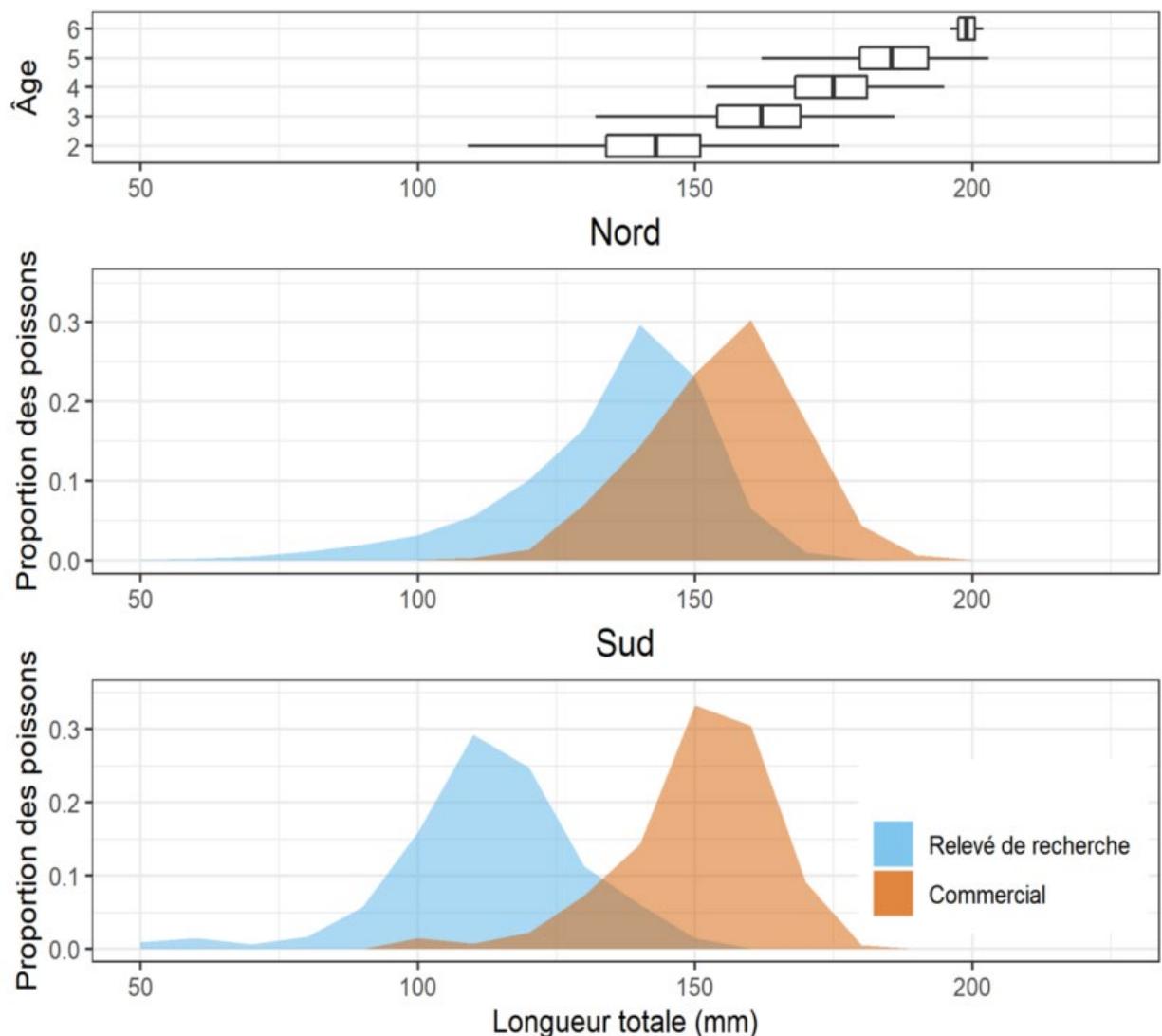


Figure 5. Longueur à l'âge (panneau du haut, données de 1984-1993 provenant du golfe du Saint-Laurent, GSL) et distribution de fréquence relative de la longueur des capelans capturés dans les relevés du nord et du sud du GSL (bleu), comparativement à celles observées dans la pêche commerciale (orange).

En considérant les traits d'histoire de vie connus et la faible mortalité par la pêche inférée pour le GSL (voir section suivante), la différence des fréquences de taille des capelans capturés lors des relevés en fin d'été et par la pêche commerciale au printemps et en début d'été indiquent qu'une grande proportion des individus ciblés par cette dernière n'est probablement plus disponible aux relevés en raison de la mortalité due à la sénescence suivant la fraie.

Deux indices d'abondance du capelan ont été calculés pour chacun des relevés au chalut de fond du sGSL et du nGSL. Le premier indice se basait sur tous les traits de chalut effectués dans les strates principales des relevés (strates qui ont toujours fait partie du plan d'échantillonnage des relevés, 1971-2020 pour le sGSL et 1990-2020 pour le nGSL). Le second indice considérait seulement les traits effectués dans l'habitat préférentiel du capelan qui se trouverait principalement dans la CIF, et qui supposait une densité de capelan plus ou moins homogène dans cet habitat (50 à 120 m pour le relevé du sGSL et 50 à 175 m pour le relevé du nGSL).

Dans le relevé du nGSL, l'indice d'abondance basé sur les strates principales était élevé et légèrement en hausse au cours des années 1990, pour diminuer à de très faibles valeurs au cours de la première moitié des années 2000. Il a par la suite augmenté progressivement pour atteindre un sommet en 2011 (comme dans le sGSL). L'indice d'abondance a par la suite diminué et, à l'exception de 2017, a varié autour d'un niveau relativement bas jusqu'en 2020. L'indice basé sur l'hypothèse d'une densité de capelan homogène dans la CIF a suivi une tendance similaire (Figure 6).

Dans le relevé du sGSL, le capelan était capturé très rarement et seulement en petites quantités avant 1990 (non représenté), suggérant que le capelan était peu abondant et/ou moins disponible au chalut de fond à cause de la forte abondance de la morue dans 4T durant la période précédant son effondrement au début des années 1990. Ces résultats ne permettent donc pas de statuer sur les variations d'abondance avant 1990. L'indice d'abondance pour les strates principales était stable à de bas niveaux dans les années 1990, a connu un sommet en 1999 pour par la suite diminuer jusqu'au milieu des années 2000 et a augmenté de nouveau pour atteindre les valeurs maximales de la série temporelle en 2010 et 2011 (Figure 6). L'indice d'abondance a par la suite diminué pour demeurer généralement au-dessus de la moyenne à long terme jusqu'en 2020. L'indice basé sur l'hypothèse d'une densité homogène de capelan dans la CIF a suivi une tendance similaire (Figure 6).

Le choix d'estimer les moyennes annuelles des strates plus profondes directement à partir des captures de ces strates ou de supposer que ces moyennes sont égales aux moyennes des strates de l'habitat préférentiel du capelan n'affecte pas la perception des tendances à long terme de l'abondance du capelan. Cependant, la perception des tendances à une échelle plus fine (par exemple semi-décennale) peut être affectée dans une certaine mesure par ce choix.

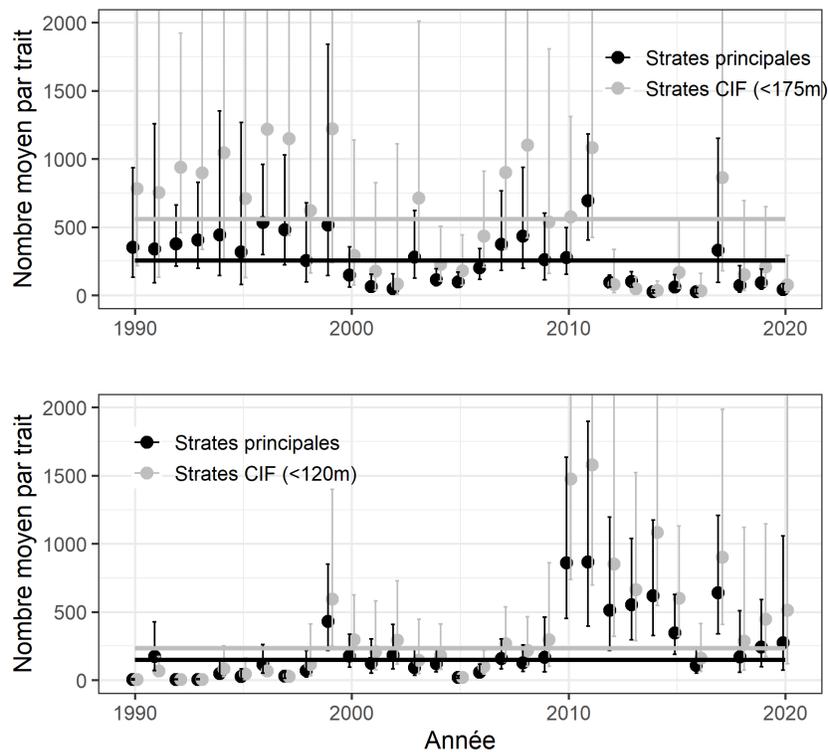


Figure 6. Indices d'abondance du capelan estimés pour les relevés du nord (panneau du haut) et du sud (panneau du bas) du golfe du Saint-Laurent (GSL) calculé à partir des strates principales (noir) et à partir des traits effectués dans l'habitat préférentiel du capelan (strates CIF, gris). Les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95%. Les indices pour le sud du GSL avant 1990 ne sont pas représentés.

Estimation de l'ordre de grandeur de la mortalité par la pêche

L'ordre de grandeur de la mortalité par la pêche pour l'ensemble du stock (4RST) a été estimé à l'aide des données des relevés au chalut de fond, de coefficients de capturabilité (q) tirés de la littérature pour les petits pélagiques dans ce type de relevé et des débarquements moyens des 3 dernières années (2018-2020). En considérant seulement la biomasse chalutable, les estimations des taux d'exploitation variaient entre 16 et 36 % (respectivement $F = 0,17$ et $F = 0,44$) selon le choix de l'indice d'abondance et leur variation interannuelle. En considérant une estimation de l'ordre de grandeur de la biomasse totale calculée à partir de la biomasse chalutable et d'une valeur maximale de q recensée dans la littérature ($q = 0,0045$, hareng dans le relevé du sGSL, Benoît et Swain 2008), les taux d'exploitations estimés variaient entre 0,07 et 0,16 % (respectivement $F = 0,0007$ et $F = 0,0016$). En comparaison, la mortalité naturelle estimée à partir de l'âge maximal du capelan varierait entre 46 et 56 % (respectivement $M = 0,62$ et $M = 0,82$) selon des estimés conservateurs (Tableau 2). Les niveaux plausibles du taux d'exploitation inféré de la pêche sont considérés comme faibles lorsque comparés à ceux d'autres stocks de petits pélagiques gérés de manière prudente. Par exemple, Patterson (1992) a compilé des données pour 28 stocks de 11 espèces de petits pélagiques et a conclu qu'un F plus petit ou égal à $2/3 M$ préviendrait un déclin de la biomasse. Les estimations de l'ordre de grandeur de la mortalité par la pêche du capelan pour les années 2018–2020 étaient inférieures d'au moins un ordre de grandeur aux taux présumés de mortalité naturelle.

Tableau 2. Estimations de la mortalité naturelle du capelan selon différentes méthodes en se basant sur un âge maximal de 7 ans (estimés conservateurs). *M* : taux instantané de mortalité par la pêche.

<i>M</i>	Référence
0,62	Hoenig (1983)
0,77	Hamel (2015)
0,82	Then <i>et al.</i> (2014)

Approche écosystémique

Estimations préliminaires de consommation de capelan par deux prédateurs démersaux

La consommation de capelan par deux prédateurs importants dans le nGSL, la morue franche (*Gadus morhua*) et le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*), a été considérée sous deux angles. Premièrement, la variation interannuelle de la proportion de capelan dans l'alimentation de ces prédateurs a été considérée comme un indice potentiel de l'abondance du capelan avec la prémisse que ces prédateurs consommeraient le capelan proportionnellement à sa disponibilité dans l'écosystème. Selon cette prémisse, la proportion moyenne de capelan dans le régime alimentaire des prédateurs estimée à partir de l'échantillonnage réalisé lors des relevés au chalut de fond du nGSL devrait refléter leur abondance relative. Deuxièmement, la consommation annuelle totale de capelan par ces deux prédateurs a été estimée et considérée comme représentant la limite inférieure de consommation totale par tous les prédateurs dans le nGSL. En comparant ces estimations aux prélèvements par la pêche, on peut déterminer une limite supérieure du rapport de la mortalité par la pêche à la mortalité naturelle, qui à son tour peut être utilisée comme indicateur de la durabilité de la pêche. Les variations interannuelles de la proportion de capelan dans l'alimentation des prédateurs correspondaient généralement à celles des débarquements, suggérant des changements communs de disponibilité du capelan tant pour les prédateurs que pour la pêche commerciale. De plus, les résultats préliminaires montrent que le total de la consommation annuelle de capelan par la morue franche et le flétan du Groenland serait en moyenne 8 fois plus élevée que les débarquements de la pêche commerciale. Étant donné que la consommation de capelan par ces deux prédateurs ne représente qu'une partie de ce qui est consommé annuellement dans le nGSL, la mortalité par la pêche ne représenterait donc qu'une faible proportion de la mortalité totale.

Relation entre les variations interannuelles des indices d'abondance du capelan et les indicateurs environnementaux de la régulation ascendante de la survie et de la force des cohortes

Les variations interannuelles de la biomasse de capelan de 2 ans au printemps (t_0) dans les divisions OPANO 3KL sont déterminées par l'abondance des larves produites 2 ans plus tôt (âge 0, $t-2$) et par la survie hivernale et printanière durant la seconde année de vie approximée par la condition corporelle (K_n) automnale des capelans (âge 1, $t-1$) et le moment du retrait de la glace le printemps suivant (âge 2, t_0) (Buren *et al.* 2014, Lewis *et al.* 2019). Ce modèle empirique de la survie du capelan dans 3KL considère de manière implicite l'effet de processus ascendants associant les conditions environnementales, la disponibilité des proies du capelan, son K_n et sa survie. Un modèle conceptuel similaire a été appliqué au capelan de 4RST en utilisant les nouveaux indices d'abondance élaborés à partir des relevés de chalut de fond du MPO et les conditions environnementales spécifiques observées dans le nord-est du GSL (neGSL), le nord-ouest du GSL (noGSL) et le sGSL.

Une première étape d'analyse consistait à tester l'hypothèse des liens ascendants entre les conditions environnementales et le Kn du capelan. Des corrélations entre le moment du retrait des glaces et de la floraison printanière du phytoplancton ont été identifiées dans le neGSL, le noGSL et le sGSL. L'abondance et le début du développement en surface du copépode d'origine arctique et de grande taille *Calanus hyperboreus* étaient généralement liés à ces variables, alors que l'abondance et le début du développement du copépode subarctique *C. finmarchicus* étaient principalement associés aux variations de la température des eaux de surface au printemps. Le Kn du capelan au printemps et à la fin de l'été était associé au moment du retrait des glaces, à la température des eaux de surface et à la phénologie des *Calanus*, ce qui supporte l'hypothèse du contrôle ascendant de la condition corporelle du capelan (Lewis *et al.* 2019).

La seconde étape d'analyse visait à tester l'hypothèse de régulation de l'abondance du capelan par les processus ascendants décrits ci-dessus. Les variations de Kn (ou de ses proxys environnementaux) expliquaient un fort pourcentage (49 % dans le neGSL, 51 % dans le noGSL et 61 % dans le sGSL) des variations interannuelles des nouveaux indices d'abondance dans le GSL. Dans le neGSL, le Kn des capelans de 2 ans (t-1) avait un effet positif sur l'indice d'abondance (âge 3, t0) et le moment du retrait de la glace (âge 1, t-2) avait un effet en forme de cloche suggérant l'existence d'une fenêtre optimale de moment du retrait de la glace et de la disponibilité des proies dans cette région (Figure 7, panneau du haut). Dans le noGSL, le Kn des capelans de 2 ans (t-1) avait un effet généralement positif sur l'abondance (âge 3, t0) (Figure 7, deuxième panneau). Dans le sGSL, le moment du retrait de la glace à 2 ans (t0) et la température de surface en été à 1 an (t-1) avaient respectivement un effet négatif et positif sur l'indice d'abondance du capelan (âge 2, t0) (Figure 7, panneau du bas). Les modèles prédisaient bien l'augmentation d'abondance observée durant les années 2000 et la diminution de l'abondance par la suite (Figure 7, panneaux de gauche). Les patrons des indices d'abondance estimés à partir des relevés au chalut de fond dans le GSL de 1990 à 2020 sont donc en partie cohérents avec ceux qui seraient attendus en réponse aux variations environnementales connues pour réguler la force des cohortes de cette espèce dans 3KL (Lewis *et al.* 2019).

Modélisation qualitative de réseau

La modélisation qualitative de réseau a été appliquée au capelan dans l'objectif d'évaluer l'importance relative des effets écosystémiques descendants (*top-down*) et ascendants (*bottom-up*) sur la productivité du stock. Un modèle conceptuel (réseau) permettant de situer le capelan dans l'écosystème de l'estuaire et du GSL a été défini à partir des connaissances disponibles dans la littérature scientifique et en concertation avec les experts (Figure 8). L'élaboration d'un réseau consiste à identifier les variables d'intérêt et/ou d'importance, ainsi qu'à définir la direction (positive, négative ou neutre) des liens (effets) entre les variables. Le réseau capelan GSL est constitué de 25 variables classées en 6 catégories incluant entre autres des paramètres de productivité du stock, les variables environnementales, les principaux compétiteurs et prédateurs du capelan ainsi que les activités de pêche (Figure 8). La modélisation qualitative consiste à traduire ce réseau en une matrice constituée de coefficients d'interactions pour chaque paire de variables. L'effet d'un changement soutenu (perturbation) dans une ou plusieurs composantes du réseau est évalué sur les variables d'intérêt (ex : abondance de capelan). Plus de quarante scénarios de perturbations chacun basé sur un grand nombre de simulations ont été réalisés afin d'évaluer les effets potentiels de changements observés dans l'écosystème du GSL sur la productivité du stock de capelan, en combinaison avec une augmentation ou une diminution de la pêche dirigée. Ces changements écosystémiques incluent, entre autres, l'augmentation de la température de l'eau, la diminution

Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (4RST) en 2020

Région du Québec

et le retrait hâtif du couvert de glace, l'augmentation de la biomasse des sébastes (*Sebastes spp.*) et des phoques gris (*Halichoerus grypus*) et la diminution de la biomasse de maquereau (*Scomber scombrus*) et de flétan du Groenland.

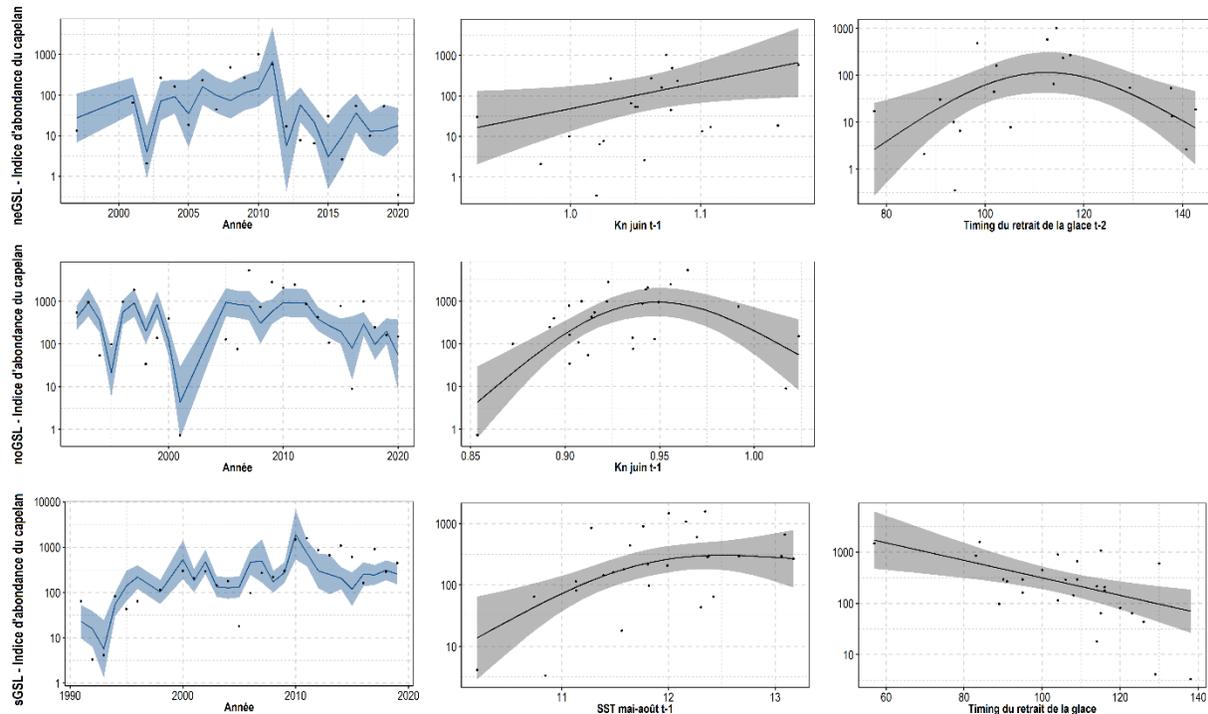


Figure 7. Modèles sélectionnés reliant les indices d'abondance du capelan aux facteurs influençant leur survie pour le nord-est du golfe du Saint-Laurent (GSL; panneau du haut), le nord-ouest du GSL (panneau du milieu) et le sud du GSL (panneau du bas). Les figures à gauche montrent l'indice d'abondance prédit (ligne bleue) et les intervalles de confiance à 95 % (zone bleue) pour chaque région. Les points noirs représentent les valeurs des indices pour tous les panneaux. Les panneaux de droite représentent la calibration du modèle (ligne noire) et les intervalles de confiance à 95 % (zone grise) pour chaque variable sélectionnée.

Les résultats obtenus indiquent un effet positif d'une augmentation de la température de l'eau couplée à une diminution du couvert de glace sur l'abondance du capelan. Même lorsque combinés aux changements dans les proies, les compétiteurs et/ou les prédateurs du capelan, l'augmentation de la température de l'eau et la diminution du couvert de glace génèrent une augmentation de l'abondance du capelan dans une majorité des simulations. Seule une augmentation de la pêche dirigée diminue légèrement la probabilité d'augmentation de l'abondance du capelan, mais l'effet positif des variables environnementales demeure prédominant.

Ces résultats requièrent d'être corroborés par des analyses de sensibilité et des tests de robustesse. La modélisation qualitative permet d'explorer les issues potentielles d'hypothèses écosystémiques dans un contexte multivarié, en tenant compte de la complexité des liens et interactions qui relient les stocks à leur environnement.

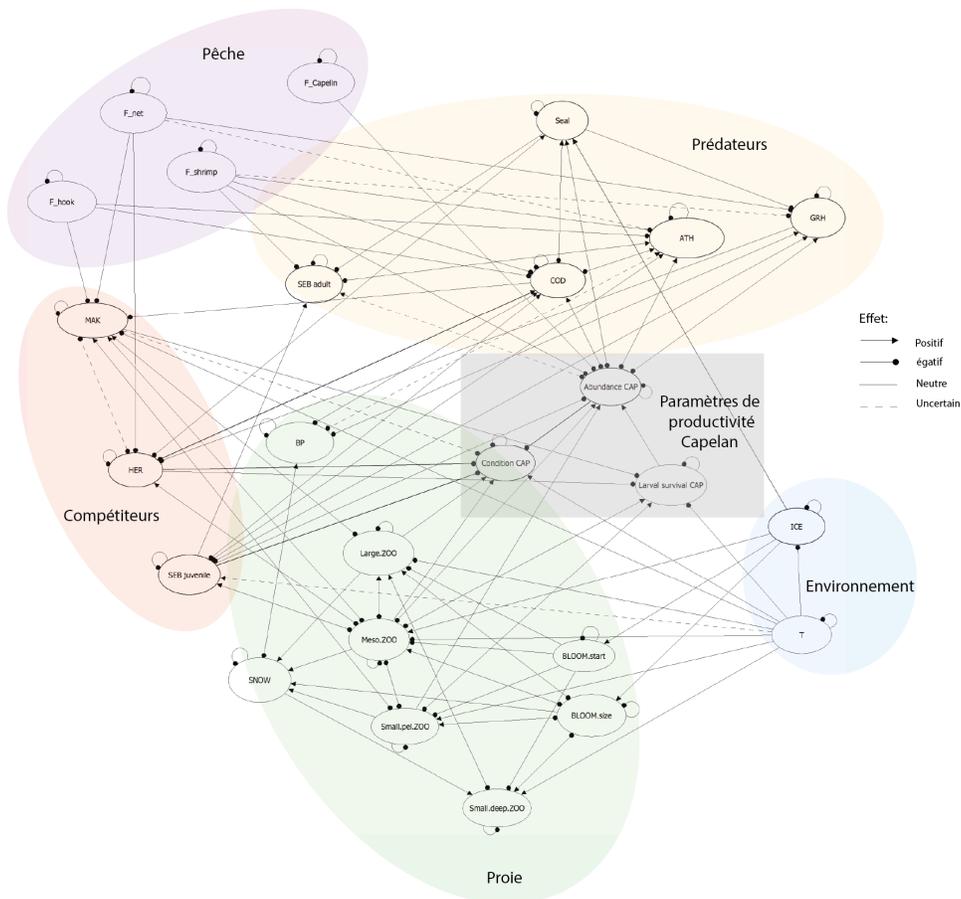


Figure 8. Modèle conceptuel du capelan dans l'écosystème du GSL, incluant les paramètres de productivité du stock (boîte grise), les variables environnementales (bulle bleue), les niveaux trophiques inférieurs du GSL (bulle verte), un ensemble de compétiteurs et prédateurs clés (bulles orange et jaune, respectivement) et les activités de pêche (bulle violette). Les flèches indiquent les liens positifs et les points, les liens négatifs. Les liens incertains correspondent à des liens aléatoirement inclus ou exclus des matrices d'interactions lors des simulations. CAP : capelan; Larval survival CAP : Survie des larves de capelan; T: Température de l'eau en surface; ICE : Couvert de glace: ampleur et date du retrait printanier; BLOOM.start : Date de début du bloom planctonique; BLOOM.size: Amplitude du bloom/abondance du phytoplancton; Small.pel.ZOO : Zooplancton de petite taille/forme pélagique (petits calanoïdes incluant pseudocalanus spp., Acartia spp., Temora longicornis); Small.deep.ZOO : Zooplancton de petite taille/forme démersale (incluant Microcalanus spp., Scolecithricella sp., cycloipoids (Oithona spp. and Triconia spp.)); Meso.ZOO : Zooplancton de taille moyenne (gros calanoïdes (Calanus spp. and Metridia spp.); Large.ZOO : Macrozooplancton (euphausiids, amphipodes hyperiid, chaetognaths, cnidarians, etc.); SNOW : Matière organique en sédimentation, incluant les petites (neige marine/agrégats organiques d'origines variées) et grandes (carcasses, fèces, débris terrigènes, etc.) particules; BP : Proies benthiques; Seal : Phoque gris; COD :Morue franche; SEB adult :Sébaste adulte; ATH :Flétan atlantique (Hippoglossus hippoglossus); GRH : Flétan du Groenland; MAK : Maquereau atlantique; HER : Hareng atlantique (Clupea harengus); SEB juvenile : Sébastes spp. juvénile; F_Capelin : Pêche dirigée capelan; F_shrimp : Pêche dirigée crevette (Pandalus borealis) chalut de fond; F_hook : Activités de pêche à la palangre; F_net : Activités de pêche au filet et/ou à la seine (excluant la pêche dirigée capelan).

Sources d'incertitude

Le développement d'indices d'abondance à partir des relevés scientifiques au chalut de fond représente une avancée par rapport aux évaluations précédentes, mais plusieurs sources d'incertitude associées aux indices présentés devront être adressées dans le futur. Notamment, il existe une incertitude à savoir si la densité du capelan est homogène horizontalement dans la CIF, ou si les densités dans cet habitat sont plus faibles lorsque la CIF se retrouve au-dessus de fonds plus profonds. La résolution de ce problème éclairerait les hypothèses formulées lors de l'élaboration d'un indice d'abondance. Un examen des données de mensuration du chalut utilisé dans les relevés pour déterminer comment l'ouverture du chalut est réduite lorsque le chalut se déplace dans la colonne d'eau pendant la remontée pourrait réduire cette incertitude. L'analyse approfondie des données acoustiques récoltées lors des relevés au chalut de fond pourrait aussi être utile pour valider l'hypothèse de densité horizontale homogène dans la CIF et éventuellement mener au développement d'un indice d'abondance acoustique.

La capturabilité du capelan ne semblait pas grandement affectée par des indices de prédation ou des caractéristiques de l'habitat échantillonné dans le sGSL, mais les analyses n'ont pas permis de quantifier cet effet pour le relevé du nGSL (violation des prémisses du modèle). Également, les changements dans les caractéristiques de la CIF n'ont pas été mis en relation avec la capturabilité du capelan dans les relevés et pourraient venir biaiser les indices d'abondance. Des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour examiner l'effet de ces changements et réduire les incertitudes associées aux possibles variations de capturabilité du capelan dans les relevés.

Finalement, une autre source d'incertitude est liée au fait que la pêche, concentrée sur la côte ouest de Terre-Neuve, a été mise en relation avec des indices d'abondance à l'échelle du GSL. Il existe donc un risque de déplétion locale et cette incertitude n'a pas été abordée pour le moment.

CONCLUSIONS ET AVIS

Les indices d'abondance du relevé du sGSL étaient légèrement en haut de la moyenne pour les années 2018 à 2020. Les indices d'abondance du nGSL étaient quant à eux à des niveaux faibles et sous la moyenne pour ces 3 dernières années.

Comme le capelan a une courte longévité et que les populations sont composées de seulement quelques groupes d'âge, son abondance est sujette à de grandes fluctuations. Ces variations étant principalement régulées par des facteurs environnementaux, il est actuellement difficile d'estimer précisément l'incidence de la pêche sur le capelan du GSL. Toutefois, les niveaux plausibles du taux d'exploitation inféré de la pêche étaient inférieurs d'au moins un ordre de grandeur à la mortalité naturelle (M) calculée en fonction des traits d'histoire de vie et au moins 8 fois inférieure à la mortalité naturelle causée par la prédation. Il est donc peu probable que la mortalité par la pêche actuelle ait des effets néfastes sur le stock de capelan des divisions OPANO 4RST.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Adamack, Aaron	MPO Sciences
Anderson, Samuel	FFAW
Barry, David	Groupe Barry
Barry, Joe	Groupe Barry
Barry, William	Groupe Barry
Belley, Rénauld	MPO Sciences
Benoît, Hugues	MPO Sciences
Boudreau, Mathieu	MPO Sciences
Boudreau, Mélanie	MPO Sciences
Bourbonnière, Jean-Patrick	MPO Sciences
Bourdages, Hugo	MPO Sciences
Brassard, Claude	MPO Sciences
Castonguay, Martin	MPO Sciences
Chabot, Denis	MPO Sciences
Chamberland, Jean-Martin	MPO Sciences
Cogliati, Karen	MPO Sciences
Cyr, Charley	MPO Sciences
Dennis, Bill	Gouvernement, T.-N.-L.
Desgagnés, Mathieu	MPO Sciences
Dooley, Kelly	MPO Gestion des pêches, T.-N.-L.
Dubé, Sonia	MPO Sciences
Dunne, Erin	MPO Gestion des pêches, T.-N.-L.
Elzein, Tasneem	MPO Sciences
Emond, Kim	MPO Sciences
Girard, Linda	MPO Sciences
Hawkins, Laurie	MPO Gestion des pêches, T.-N.-L.
Joyce, Michael	FFAW
Lehoux, Caroline	MPO Sciences
Lewis, Keith	MPO Sciences
McQuinn, Ian	MPO Sciences
Mowbray, Fran	MPO Sciences
Murphy, Hannah	MPO Sciences
Otis, Nancy	MPO Sciences
Ouellette-Plante, Jordan	MPO Sciences
Paquet, Frédéric	MPO Sciences
Plourde, Stéphane	MPO Sciences
Power, Riggs, Jodi	MPO Gestion des pêches, T.-N.-L.
Rivierre, Antoine	MPO Gestion des pêches, Québec
Rousseau, Shani	MPO Sciences
Roux, Marie-Julie	MPO Sciences
Scarratt, Michael	MPO Sciences
Sean, Anne-Sara	MPO Sciences
Senay, Caroline	MPO Sciences
Smith, Andrew	MPO Sciences
Spingle, Jason	FFAW
Thibault, Cynthia	Comité ZIP Côte-Nord
Young, Todd	3T's Limited

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion sur les avis scientifiques régional(e) du 18 au 19 mars 2021 sur l'Évaluation du capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (4RST) en 2020. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

- 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(10): 2088-2104.
- Buren, A. D., Koen-Alonso, M., Pepin, P., Mowbray, F., Nakashima, B., Stenson, G., Ollerhead, N. et Montevecchi, W. A. 2014. Bottom-up regulation of capelin, a keystone forage species. *PLoS ONE*, 9(2): e87589.
- Grégoire, F., Girard, L., Beaulieu, J.-L., Lussier, J.-F. et Bruneau, B. 2013. [Le capelan \(*Mallotus villosus*\) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(Divisions 4RST de l'OPANO\) en 2012](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2013/023. vi + 91 p.
- Hamel, O. S. 2014. A method for calculating a meta-analytical prior for the natural mortality rate using multiple life history correlates. *ICES J. Mar. Sci.* 72(1): 62-69.
- Hoenig, J. M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* 82(1):898-903.
- 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.
- 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. ISBN: ISBN 978-9935-431-69-1.
- MPO. 2018. [Évaluation du stock de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent \(Divisions 4RST\) en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/037.
- Patterson, K. 1992. Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2(4): 321 –338.
- Then, A.Y., Hoenig, J.M., Hall, N.G., et Hewitt, D.A. 2014. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 72(1) : 82-92.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Québec
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850 Route de la mer
Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

Téléphone : (418) 775-0825

Courriel : bras@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-39988-1 Cat. No. Fs70-6/2021-027F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021



La présente publication doit être citée comme suit :

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.

Also available in English:

DFO. 2021. *Assessment of the Estuary and Gulf of St. Lawrence (Divisions 4RST) Capelin Stock in 2020. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2021/027.*