



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/002

Région du Québec

**L'état des stocks des sébastes (*Sebastes mentella* et *S. fasciatus*) de l'unité 1 en
2017**

Caroline Senay, Johanne Gauthier, Hugo Bourdages, Claude Brassard, Daniel Duplisea et
Jordan Ouellette-Plante

Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, Route de la Mer, C.P. 1000
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 de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Senay, C., Gauthier, J., Bourdages, H., Brassard, C., Duplisea, D., et Ouellette-Plante, J. 2019. L'état des stocks des sébastes (*Sebastes mentella* et *S. fasciatus*) de l'unité 1 en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/002. viii + 63 p.

Also available in English :

Senay, C., Gauthier, J., Bourdages, H., Brassard, C., Duplisea, D., and Ouellette-Plante, J. 2019. Redfish (*Sebastes mentella* and *S. fasciatus*) stocks status in Unit 1 in 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/002. viii + 61 p.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------|
| TABLE DES MATIÈRES | III |
| LISTE DES TABLEAUX | IV |
| LISTE DES FIGURES | V |
| RÉSUMÉ | VIII |
| INTRODUCTION | 1 |
| INFORMATION GÉNÉRALE | 2 |
| IDENTIFICATION DES ESPÈCES | 2 |
| STRUCTURE GÉNÉTIQUE DES STOCKS | 4 |
| DISTRIBUTION ET HABITAT | 4 |
| CROISSANCE ET REPRODUCTION | 5 |
| RECRUTEMENT | 6 |
| ÉCOSYSTÈME | 6 |
| PÊCHE COMMERCIALE | 7 |
| HISTORIQUE | 7 |
| FRÉQUENCE DE TAILLE | 8 |
| CAPTURE PAR UNITÉ D'EFFORT (CPUE) | 8 |
| PRISES ACCESSOIRES | 9 |
| SÉLECTIVITÉ DES CHALUTS | 10 |
| RELEVÉS DE RECHERCHE DU MPO | 11 |
| DÉTERMINATION DE LA MATURITÉ | 12 |
| INDICE DE BIOMASSE ET FRÉQUENCE DE TAILLE | 13 |
| DISTRIBUTION SPATIALE | 13 |
| PROJECTION DE LA CROISSANCE | 13 |
| EFFET DE LA PROFONDEUR SUR LA DISTRIBUTION | 14 |
| RÉGIME ALIMENTAIRE | 15 |
| PERSPECTIVE | 16 |
| RÉFÉRENCES | 19 |
| TABLEAUX | 22 |
| FIGURES | 32 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Débarquements annuels (1 ^{er} janvier au 31 décembre) et totaux autorisés de captures (TAC) par année de gestion (voir section Historique) de <i>Sebastes</i> spp. (tonne) par division et sous-division de l'OPANO dans l'unité 1 de 1953 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 22 |
| Tableau 2. Pourcentage d'occurrence (%), biomasse (kg), pourcentage des prises qui est rapporté (%) et pourcentage de chaque espèce en fonction de la biomasse des sébastes d'après les données des observateurs en mer dans le cadre de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016. | 24 |
| Tableau 3. Percentile décrivant la distribution en profondeur des sébastes, du flétan du Groenland, de la merluche blanche, de la morue franche et du flétan atlantique d'après les données des observateurs en mer dans le cadre de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016. | 25 |
| Tableau 4. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) testant l'effet d'une interaction triple entre les types de chalut, les unités et les années sur les quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) décrivant la fréquence de taille des sébastes capturés par la pêche commerciale et échantillonnés par les observateurs en mer de 1978 à 2016. Seulement les facteurs significatifs sont présentés. La variance expliquée (AdjR2) et les pourcentages de différence (%) entre les chaluts et les unités sont indiqués. | 26 |
| Tableau 5. Indices d'abondance (1 000 000 individus, A) et de biomasse (1 000 t, B) dans les relevés de recherche du MPO de 1984 à 2017 pour <i>S. mentella</i> , <i>S. fasciatus</i> et <i>Sebastes</i> spp., mesurant entre 0 et 22 cm, plus de 22 cm, plus de 25 cm et total. | 27 |
| Tableau 6. Proportion de l'abondance (A) et de la biomasse (B) de <i>S. mentella</i> pour chaque cohorte (2011, 2012 et 2013) estimée pour différentes classes de taille à différentes années. Par exemple, 0.48, en gras dans le tableau (A), indique que 48 % des poissons de la cohorte de 2011 auront plus de 22 cm en 2018 et que 48 % des poissons de la cohorte de 2012 auront plus de 22 cm en 2019. | 29 |
| Tableau 7. Résultats des modèles mixtes évaluant l'effet de la profondeur (Prof), de l'année et de la strate sur différents quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) décrivant la taille des sébastes d'après les relevés de recherche du MPO de 1984 à 2017. Les effets fixes et aléatoires, les valeurs d'AIC, et les R2 marginaux et conditionnels sont présentés. | 30 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1. Divisions et sous-divisions de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). | 32 |
| Figure 2. Position géographique des (a) 35 échantillons (■) de sébaste adulte (16 <i>S. mentella</i> , n=495; 19 <i>S. fasciatus</i> , n=596) analysés pour décrire la structure des populations, par espèce, dans l'Atlantique du nord-ouest;(b) 970 juvéniles appartenant aux cinq classes d'âge historiques [1973 (⊕), 1980 (▲), 1985 (◆), 1988(✱), 2003(▼)] analysées pour documenter la dynamique et les patrons de recrutement des espèces; ces individus sont regroupés en 18 échantillons (17 <i>S. fasciatus</i> + 1 <i>S. mentella</i>), par classe d'âge et région, dans l'arbre génétique (voir panneau d); (c) 20 échantillons regroupant 770 juvéniles des abondantes classes d'âge de 2011 (★) et 2012 (☆), analysés pour en déterminer la composition spécifique et la population d'origine. Les histogrammes illustrent la proportion de <i>S. fasciatus</i> (■) et de <i>S. mentella</i> (■). En (d) l'arbre du plus proche voisin (neighbour-joining tree) a été construit à partir des distances génétiques calculées entre chaque paire d'échantillons. La séparation entre les espèces est statistiquement supportée à 100 %. Les échantillons d'adultes sont identifiés par une étiquette signalant leur provenance géographique (unité de gestion) et leur nom original; les noms des principales populations identifiées à partir des échantillons d'adultes sont indiqués. Les juvéniles sont identifiés avec des symboles de forme identique à ceux des cartes b et c. Pour toutes les figures, les couleurs illustrent l'identité génétique des échantillons différenciés sur la base des 13 loci microsatellites | 33 |
| Figure 3. Débarquements annuels des sébastes de la pêche commerciale dans l'unité 1 par division et sous-division de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) de 1953 à 2017 (A en milliers de tonnes) et de 1995 à 2017 (B en tonne). Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 34 |
| Figure 4. Distribution spatiale de l'effort de pêche (heure) de la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 au travers des années d'après les fichiers ZIFF. Ces données incluent la pêche dirigée aux sébastes exclusivement. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 35 |
| Figure 5. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par mois de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires..... | 36 |
| Figure 6. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par engin de pêche de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. OTB : chalut de fond, OTM : chalut pélagique, SSC : seine écossaise, GN : filet maillant, HL : ligne à la main, LL : palangre, SDN : seine danoise, SHR : crevettier, TRA : trappe, UNK : inconnu et MIS : divers..... | 37 |
| Figure 7. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par taille de bateau (en pied) de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. UNK : inconnu. | 38 |
| Figure 8. Fréquence de taille des captures commerciales en pourcentage dans l'unité 1 de 1981 à 2017. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 39 |

| | |
|--|----|
| Figure 9. Captures par unité d'effort standardisées (CPUE moyennes, \pm 95 % d'intervalle de confiance) au chalut de fond dans l'unité 1 pour les activités de pêches commerciales menées entre mai et octobre (1981-1994) et de pêche indicatrice (1998-2017). | 40 |
| Figure 10. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 en fonction de l'espèce pour laquelle la pêche est dirigée de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 41 |
| Figure 11. Débarquements annuels des sébastes et de prise accessoire (en tonnes) dans la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. | 42 |
| Figure 12. Débarquements annuels des prises accessoires (pourcentage de la biomasse) par espèce capturée dans la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. Les stocks sont indiqués entre parenthèses. GLS : golfe du Saint-Laurent, sGLS : sud du golfe du Saint-Laurent, nGSL : nord du golfe du Saint-Laurent..... | 43 |
| Figure 13. Position des 1 633 activités de pêche échantillonnées par les observateurs en mer dans l'unité 1 de 1999 à 2016. | 44 |
| Figure 14. Distribution spatiale des taux de capture (kg/trait) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016..... | 45 |
| Figure 15. Distribution de fréquence cumulée (%) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) en fonction de la profondeur d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016. | 46 |
| Figure 16. Distribution des fréquences de taille (%) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016. Le nombre de poissons mesurés est indiqué (n). | 47 |
| Figure 17. Fréquences de taille (%) des données brutes des captures des sébastes récoltées par les observateurs en mer lors de 7 489 activités de pêche dans les unités 1 et 2 entre 1978 et 2016 à l'aide du chalut pélagique en rouge et du chalut de fond en bleu..... | 48 |
| Figure 18. Illustration du partitionnement de la variation basé sur des ANOVA partielles indiquant la fraction de la variance des quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) des fréquences de taille des sébastes capturés qui est expliquée exclusivement et conjointement par les types de chalut, les unités et les années (AdjR ²). La variance résiduelle est également indiquée (Unexplained)..... | 49 |
| Figure 19. Schéma de stratification utilisée pour le relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. | 50 |
| Figure 20. Ogive de maturité des sébastes par espèce et par sexe tirée de Gascon (2003). La proportion des individus matures en fonction de leur taille, ainsi que les paramètres de la courbe logistique sont indiqués..... | 51 |
| Figure 21. Biomasse minimale chalutable en milliers de tonnes (kt) de <i>S. mentella</i> et <i>S. fasciatus</i> , 0-22 cm (A-B), >22 cm (C-D), et > 25 cm (E-F) dans le relevé de recherche du MPO dans l'unité 1 de 1984 à 2017. Les lignes pleines et les lignes pointillées correspondent à la moyenne de la période de 1984 à 1992 et de 1995 à 2015, respectivement..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Figure 22. Fréquence de taille de <i>S. mentella</i> (A) et <i>S. fasciatus</i> (B) dans les relevés de recherche du MPO dans l'unité 1 de 1984 à 2017..... | 53 |
| Figure 23. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de <i>S. mentella</i> immature dans les relevés des unités 1 et 2. | 54 |
| Figure 24. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de <i>S. mentella</i> mature dans les relevés des unités 1 et 2..... | 55 |
| Figure 25. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de <i>S. fasciatus</i> immature dans les relevés des unités 1 et 2. | 56 |
| Figure 26. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de <i>S. fasciatus</i> mature dans les relevés des unités 1 et 2..... | 57 |
| Figure 27. Courbe de croissance de Von Bertalanffy illustrant la relation entre la longueur (cm) et l'âge (année) des sébastes, et indiquant qu'un individu de 6 ans devrait avoir une longueur de 20 cm (ligne pointillée). | 58 |
| Figure 28. Distribution de <i>S. mentella</i> et <i>S. fasciatus</i> d'après la profondeur dans le relevé du MPO dans l'unité 1 de 1990-2017. Les lignes pleines et pointillés représentent la fréquence cumulée des captures et des traits des relevés, respectivement, en fonction de la profondeur. 59 | |
| Figure 29. Illustration de l'effet de la profondeur sur la taille médiane (Q50) des sébastes capturés lors du relevé du MPO de 1984-2017 dans l'unité 1 (A) et exclusivement en 2017 (B). Toutes les catégories de profondeur (37-90, 91-182, 183-273, 274-365 et >366 mètres) étaient significativement différentes les unes des autres, à l'exception des profondeurs entre 37-90 m et entre 91-182 m qui étaient similaires (p.value > 0,05). Les sébastes de plus grande taille se retrouvaient plus en profondeur. | 60 |
| Figure 30. Distribution des classes de taille (0-22 cm, 22-25 cm, et > 25 cm) des sébastes entre les zones profondes et peu profondes en biomasse (A) et en pourcentage (B) dans le relevé du MPO dans l'unité 1 de 1984-2017..... | 61 |
| Figure 31. Distribution spatiale des 2 172 estomacs des sébastes prélevés au mois d'août de 2015 à 2017 lors du relevé de recherche du MPO dans l'unité 1. | 62 |
| Figure 32. Description du régime alimentaire des sébastes en été dans l'unité 1 d'après la taille des individus, les pourcentages de la masse des proies sont indiqués. | 63 |
| Figure 33. Estimation de la consommation annuelle de crevette nordique par les sébastes de différentes classes de longueur pour les années 2015 à 2017. Les valeurs fournies dans la partie supérieure des panneaux sont la consommation estimée totale pour une année donnée. Un symbole en « x » dénote la récolte de moins de 20 estomacs pour une classe de longueur donnée. L'estimation d'une consommation annuelle pour ces classes de longueur est donc impossible ou non-représentative..... | 64 |

RÉSUMÉ

La pêche aux sébastes dans le golfe du Saint-Laurent (unité 1) vise deux espèces, *Sebastes mentella* et *S. fasciatus*. Entre le milieu des années cinquante et 1993, elle a été marquée par trois épisodes d'exploitation intense qui étaient étroitement liés au recrutement d'une ou quelques fortes classes d'âge. Une chute rapide des débarquements et l'absence de recrutement a entraîné la mise en place d'un moratoire en 1995. La pêche aux sébastes est toujours sous moratoire dans l'unité 1 et une pêche indicatrice y est autorisée depuis 1998. Le total autorisé des captures (TAC) pour cette pêche est de 2 000 tonnes par année de gestion depuis 1999.

Selon les relevés réalisés dans le golfe du Saint-Laurent, les indices d'abondance et de biomasse de *S. mentella* et de *S. fasciatus* étaient bas et stables depuis le milieu des années 90. L'abondance des sébastes juvéniles des cohortes de 2011 à 2013 a augmenté massivement dans les relevés de recherche. Ces cohortes sont les plus abondantes qui aient été observées. Ces individus sont largement dominés par *S. mentella* et portent la signature génétique de la population adulte des unités 1 et 2. À l'été 2017, la taille modale des sébastes des cohortes 2011 à 2013 était de 20 cm. Si la croissance anticipée de ces cohortes se poursuit, près de 50 % des individus (59 % biomasse) de la cohorte de 2011 devraient être de taille supérieure à 22 cm en 2018, soit la taille minimale règlementaire. En 2020, 51 % des individus de cette cohorte (62 % biomasse) devraient être plus grands que 25 cm. Dans l'unité 1, la biomasse totale minimale chalutable des sébastes de plus de 22 cm de longueur a commencé à augmenter en 2017. Elle était estimée à 349 000 tonnes et 89 000 tonnes pour *S. mentella* et *S. fasciatus*, respectivement. Cependant, la biomasse des sébastes de plus de 25 cm de longueur n'a pas encore commencé à augmenter dans le relevé. D'ici 2019, la biomasse des sébastes de plus de 25 cm devrait fortement augmenter. Les perspectives pour les stocks des sébastes sont extrêmement positives. Le fort recrutement et l'augmentation de la biomasse pourraient permettre des prélèvements plus élevés de *S. mentella* dans l'unité 1 dès 2018, tandis qu'il est préférable de demeurer prudent pour *S. fasciatus*.

En appui à l'évaluation des stocks des sébastes (*S. mentella* et *S. fasciatus*) des unités 1 et 2 en 2017, le présent document décrit les données et les méthodes utilisées pour les stocks de l'unité 1 qui sont sous la responsabilité de la Direction des Sciences de la région du Québec de Pêches et Océans Canada.

INTRODUCTION

Deux espèces de sébaste sont présentes dans l'unité 1 soit : le sébaste atlantique (*Sebastes mentella*) et le sébaste acadien (*S. fasciatus*). À l'occasion, on retrouve le sébaste orangé (*S. norvegicus*), mais comme sa présence est rare dans la région (Nozères *et al.* 2010), il ne sera pas abordé dans le présent document. Tous deux membres de la famille des scorpenidés, ce sont des poissons de fond difficiles à différencier morphologiquement. Bien que les objectifs de conservation soient spécifiques aux espèces, règle générale l'industrie de la pêche considère *S. mentella* et *S. fasciatus* comme une seule entité.

À la fin des années 1950, une pêche dirigée aux sébastes s'est développée dans le golfe du Saint-Laurent et dans le chenal Laurentien à l'extérieur du golfe. Avant 1993, la pêche aux sébastes était gérée selon trois unités, basées sur les divisions de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) : les divisions 4RST, la division 3P et les divisions 4VWX. En 1993, ces unités de gestion ont été redéfinies principalement pour tenir compte des nouvelles connaissances et de la migration hivernale des stocks des sébastes du golfe vers la région du détroit de Cabot. Les unités de gestion résultantes se définissent comme suit : unité 1, regroupant les divisions 4RST et comprenant pour la période de janvier à mai les sous-divisions 3Pn4Vn; unité 2, regroupant les divisions 3Ps4Vs, les sous-divisions 4Wfgj et comprenant pour la période de juin à décembre les sous-divisions 3Pn4Vn; et unité 3, regroupant les sous-divisions 4WdehklX (Figure 1). Des études génétiques ont démontré qu'une seule entité biologique de *S. mentella* et de *S. fasciatus* résidait dans les unités 1 et 2 (Roques *et al.* 2002, Valentin *et al.* 2006).

La pêche aux sébastes dans le golfe du Saint-Laurent a été marquée par trois épisodes d'exploitation intense (1954-56, 1965-1976 et 1987-1992). Les chaluts de fond et pélagiques, particulièrement au début des années 1990, étaient les engins de pêche les plus utilisés. Dans l'unité 1, les totaux autorisés de captures (TAC) des stocks des sébastes, établis selon la modalité de gestion définie en 1993, étaient de 60 000 t. Après une chute rapide des débarquements en 1993 et 1994, un moratoire a été décrété en 1995. La pêche indicatrice a débuté en 1998 avec un TAC de 1 000 t. Depuis 1999, le TAC est maintenu à 2 000 t. Présentement, les mesures de conservation incluent : l'application d'un protocole pour la protection des petits poissons (< 22 cm), 100 % de vérification à quai, des appels d'entrée et de sortie obligatoire, l'imposition d'un niveau de couverture par des observateurs en mer et l'application d'un protocole sur les prises accessoires. Des périodes de fermeture ont également été instaurées: 1) pour protéger les périodes de copulation (automne) et d'extrusion larvaire (printemps) des sébastes, 2) pour réduire au minimum les prélèvements des sébastes de l'unité 1 migrant dans les sous-divisions 3Pn4Vn à la fin de l'automne et en hiver et 3) pour protéger la reproduction de la morue (divisions 4RS). De plus, depuis la mise en place de la pêche indicatrice en 1998, la pêche n'est permise qu'entre les longitudes 59° et 65° à des profondeurs supérieures à 182 m (100 brasses) et pour éviter les captures accessoires de flétan du Groenland, une zone est fermée dans la division 4T depuis août 2009.

En 2010, le comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné le sébaste atlantique (*S. mentella*) comme étant en voie de disparition et le sébaste acadien (*S. fasciatus*) comme étant menacé. Les résultats d'une évaluation du potentiel de rétablissement de chacune de ces populations, réalisée en 2011, indiquaient que la biomasse du stock reproducteur de chacune des deux espèces se situait dans la zone critique (MPO 2011). D'après les estimations de 2010, Duplisea *et al.* 2012 ont établi les points de référence et ont conclu que les stocks reproducteurs de *S. mentella* et *S. fasciatus* des unités 1 et 2 étaient dans la zone critique, sous leur point de référence limite respectif.

Le succès du recrutement chez les sébastes est extrêmement variable, d'importantes classes d'âge étant produites à des intervalles irréguliers (5-12 ans). La cohorte de 1980 était la dernière cohorte d'importance dans l'unité 1, jusqu'à l'arrivée de trois cohortes en 2011, 2012 et 2013. Les perspectives des stocks des sébastes de l'unité 1 sont très encourageantes à court terme grâce à ces trois fortes cohortes. Ces poissons commenceraient à considérablement recruter à la pêche de 2018 à 2020, ce qui pourrait mener à une augmentation rapide de la biomasse des sébastes disponibles à la pêche. En effet, l'abondance des sébastes juvéniles, largement dominée par *S. mentella*, a augmenté massivement dans les relevés de recherche à partir de 2013. Dans le nord du golfe du Saint-Laurent en 2017, l'abondance des juvéniles de *S. mentella* et *S. fasciatus* était 230 fois et 4 fois plus élevée que leur abondance moyenne respective pour la période 1993-2012. La première forte cohorte, celle de 2011, avait une taille modale de 17 cm à l'été 2015 et de 20 cm à l'été 2017. Si la croissance anticipée de ces cohortes se poursuit, près de 50 % des individus (59 % biomasse) de la cohorte de 2011 devraient être de taille supérieure à 22 cm en 2018, soit la taille minimale règlementaire. En 2020, 51 % des individus de cette cohorte (62 % biomasse) devraient être plus grands que 25 cm.

La revue par les pairs en lien avec l'évaluation des stocks des sébastes (*S. mentella* et *S. fasciatus*) des unités 1 et 2 en 2017 a eu lieu les 14 et 15 mars 2018. En appui à cet avis (MPO 2018a), et bien que l'évaluation de ces stocks ait été réalisée pour les unités 1 et 2, le présent document décrit les informations de l'unité 1 qui est sous la responsabilité de la Direction régionale des sciences de Pêches et Océans Canada (MPO), région du Québec. Le précédent document de recherche sur ce sujet a été publié en 2017 (Brassard *et al.* 2017).

INFORMATION GÉNÉRALE

IDENTIFICATION DES ESPÈCES

Traditionnellement, *S. mentella* et *S. fasciatus* ont été évaluées en tant que « *Sebastes spp.* » en raison des difficultés posées par leur identification. Dans le cadre du programme de recherche multidisciplinaire sur les sébastes (1995-1998), divers outils méristiques, morphométriques et génétiques ont été évalués pour discriminer les deux espèces, dans un souci de documenter leurs caractéristiques biologiques spécifiques et d'identifier les patrons de distribution et de recrutement propres à chaque espèce (Gascon 2003). Seuls les marqueurs génétiques microsatellites se sont révélés capables de discriminer les espèces sans équivoque, avec un minimum de quatre loci pour assigner les individus à l'espèce (Roques *et al.* 1999). L'analyse des marqueurs microsatellites demeure toutefois coûteuse (une dizaine de dollar par individu) et logistiquement exigeante, ce qui limite leur utilisation à grande échelle pour évaluer la composition spécifique des captures.

Trois caractéristiques peuvent être utilisées pour distinguer *S. mentella* de *S. fasciatus* dans l'Atlantique Nord-Ouest: le nombre de rayons mous de la nageoire anale (RMNA), le point de passage du muscle extrinsèque de la vessie natatoire (MEVN) et le génotype au locus de la malate déshydrogénase (*MDH-A**). En l'absence d'information sur les microsatellites, le génotype *MDH-A** a historiquement été considéré comme le critère génétique de référence. En général, *S. mentella* est caractérisé par le génotype homozygote *MDH-A*11*, un MEVN entre les côtes 2 et 3 et un RMNA ≥ 8 . *S. fasciatus* présente habituellement le génotype homozygote *MDH-A*22*, un MEVN entre les côtes 3 et 4 et un RMNA ≤ 7 (Gascon 2003). L'utilisation de ces trois critères (RMNA, MEVN, and *MDH-A**) a permis de décrire la distribution géographique des espèces à l'échelle de l'Atlantique nord. Dans les unités 1 et 2, il est ressorti que *S. mentella* domine les principaux chenaux, alors que *S. fasciatus* préfère des profondeurs moindres, le long des pentes des chenaux et sur les bancs, à l'exception du cône Laurentien (*i.e.*, vallée

profonde dans la partie sud de l'unité 2), où *S. fasciatus* domine à toutes les profondeurs (Valentin *et al.* 2006). En excluant le secteur du cône Laurentien, les données des relevés d'été des unités 1 et 2 indiquent que la profondeur de transition entre les deux espèces se situe autour de 300 m (MPO 2010).

Il a également été observé que la concordance entre les trois caractéristiques (*MDH-A**, RMNA, MEVN) chez un individu donné est élevée (97 %) dans les régions où vivent des populations allopatriques (régions avec une espèce), mais qu'elle décroît dans les régions où vivent des populations sympatriques (régions avec les deux espèces) comme les unités 1 et 2 (56 et 68 % respectivement; Valentin *et al.* 2006). De plus, dans les unités 1 et 2, on a observé une fréquence accrue d'individus possédant des caractères intermédiaires pour les critères *MDH-A** (ex. génotype hétérozygote *MDH-A*12*) et MEVN (ex. muscle bifide passant entre les côtes 2-3 et 3-4). Valentin *et al.* (2006) ont montré que les distributions géographiques et bathymétriques des hétérozygotes (*MDH-A*12*) ainsi que leurs patrons de RMNA et de MEVN ressemblent à ceux observés pour *S. mentella* (*MDH-A*11*), ce qui a historiquement justifié le choix d'assigner les hétérozygotes (*MDH-A*12*) à l'espèce *S. mentella* en absence d'autre critère de discrimination.

La concordance réduite entre les trois critères et la présence significative d'hétérozygotes *MDH-A*12* et d'individus intermédiaires pour le MEVN dans les unités 1 et 2 sont attribuées à de l'hybridation introgressive entre *S. mentella* et *S. fasciatus* (Rubec *et al.* 1991). Le phénomène d'hybridation introgressive implique un événement (dans un passé plus ou moins proche) de fertilisation croisée entre individus des deux espèces (hybridation) produisant des hybrides viables (F1). Ces hybrides F1 se reproduisent ensuite préférentiellement avec un partenaire de l'une ou l'autre des espèces. Puis, leurs progénitures font de même. Au fil des générations, il en résulte l'intégration des gènes d'une espèce dans le patrimoine génétique de l'autre. Ainsi, l'observation du génotype hétérozygote *MDH-A*12* implique que l'individu est d'origine hybride, mais n'indique pas forcément qu'il est un hybride de première génération (F1). En effet, le génotype hétérozygote peut se maintenir au fil des générations, par transmission mendélienne classique, puisque la moitié des descendants d'un individu hétérozygote sera hétérozygote, quel que soit le génotype de l'autre parent. Les analyses réalisées sur divers marqueurs génétiques montrent des résultats qui concordent avec l'hypothèse d'hybridation introgressive entre les espèces (ex. Desrosiers *et al.* 1999 pour l'ADN ribosomal). Sur la base de 8 loci microsatellites, Roques *et al.* (2001) ont montré la présence, restreinte aux unités 1 et 2, d'un groupe d'individus introgressés chez chacune des espèces, en absence d'hybrides F1. Ils ont suggéré que l'hybridation était rare et suivie d'une introgression récurrente, bidirectionnelle et asymétrique (biaisée en faveur de l'incorporation de gènes de *S. fasciatus* dans le génome de *S. mentella*).

En 2009, l'évaluation des stocks des unités 1 et 2 a pour la première fois été réalisée par espèce. L'identification systématique des espèces a été effectuée sur la base du décompte des RMNA (MPO 2010) pour les relevés de recherche, mais non pas pour les captures de la pêche commerciale. Bien que les RMNA soient imprécis pour l'assignation individuelle, et tout particulièrement en présence d'hybridation introgressive, ils représentent toutefois un critère dont le patron varie entre les deux espèces et qui est facilement identifiable notamment lors des relevés de recherche. Pour cette raison, ce critère a été choisi comme alternative pratique et économique aux analyses génétiques pour estimer la composition spécifique des captures. La méthode développée par le MPO est basée sur une approche trait par trait; elle prend ainsi en considération la tendance des sébastes à être distribués sous forme d'agrégations. Pour chaque trait, le décompte des RMNA est réalisé sur un sous-échantillon de 30 poissons, afin d'obtenir une distribution observée des RMNA. La forme de cette distribution est dépendante de la proportion des deux espèces dans l'échantillon. Pour déterminer cette proportion, on utilise la

distribution théorique des RMNA, calculée par espèce, dans les unités 1 et 2. Ces distributions théoriques ont été déterminées, au préalable, sur la base de 4 342 individus récoltés durant le programme multidisciplinaire sur les sébastes (Gascon 2003) dans l'unité 1 (en août, de 1994 à 1997, n = 1 562) et dans l'unité 2 (en juillet-novembre, de 1995 à 1998, n = 2 780). Les 4 342 individus ont d'abord été assignés à l'espèce sur la base du génotype du locus *MDH-A**, en considérant les hétérozygotes comme appartenant à *S. mentella*. Ensuite, pour chacune des espèces, les individus appartenant à chaque classe de RMNA ont été dénombrés pour établir la distribution théorique des RMNA par espèce. Ainsi, la composition spécifique du sous-échantillon de 30 poissons est estimée en déterminant (avec un test du Chi carré) la proportion des deux espèces nécessaire pour minimiser l'écart entre la distribution observée et la distribution théorique des RMNA pour cette proportion.

STRUCTURE GÉNÉTIQUE DES STOCKS

Une analyse de la variation génétique à 13 loci microsatellites a été réalisée sur un total de 1 091 individus adultes (16 échantillons de *S. mentella* et 19 échantillons de *S. fasciatus*) récoltés dans le nord-ouest Atlantique (Figure 2). Les résultats suggèrent que les unités 1 et 2 correspondent à une seule population de *S. mentella* (étiquettes rouges, Figure 2), caractérisée par de l'introggression en provenance de l'autre espèce (non montré, mais disponible dans Valentin *et al.* 2014). Cette population est elle-même distincte des autres populations de *S. mentella* distribuées dans nord-ouest Atlantique (étiquettes noires, Figure 2). Pour *S. fasciatus*, les résultats suggèrent la présence de cinq populations dans le nord-ouest Atlantique. Une première population de *S. fasciatus* est observée dans la région correspondante aux unités 1 et 2, à l'exclusion de la marge sud de l'unité 2 (étiquettes orange, Figure 2). Cette population est caractérisée par de l'introggression en provenance de l'autre espèce (non montré, mais disponible dans Valentin *et al.* 2014). Les échantillons *S. fasciatus* récoltés à la marge sud de l'unité 2, incluant l'embouchure du chenal Laurentien, appartiennent à une deuxième population de *S. fasciatus*. Sa distribution s'étend le long de la pente du talus continental (étiquettes vertes, Figure 2), depuis les Grands Bancs de Terre-Neuve (3LNO) jusqu'à la Nouvelle-Écosse (4W) que nous appellerons « la population atlantique de la pente du talus continental ». Une troisième population de *S. fasciatus* a été mise en évidence dans le bras est du fjord de Bonne Bay, sur la côte ouest de Terre-Neuve (étiquette turquoise, Figure 2). Les microsatellites ont également révélé la présence d'un quatrième groupe génétique chez *S. fasciatus*. Il regroupe trois échantillons (un dans chacune des unités 1 et 2 et un dans l'unité 3; étiquettes roses, Figure 2) qui, contrairement aux autres, ne correspondent pas à une population spatialement bien définie à une échelle régionale. L'analyse d'échantillons additionnels serait nécessaire pour documenter ce groupe. Les échantillons récoltés dans le golfe du Maine suggèrent la présence d'une cinquième population génétiquement distincte dans cette région. Une discussion détaillée est disponible dans Valentin *et al.* (2014).

DISTRIBUTION ET HABITAT

Les sébastes vivent dans les eaux froides le long des talus des bancs et des chenaux profonds à des profondeurs variant de 100 à 700 m. *S. mentella* est habituellement observé dans des eaux plus profondes que *S. fasciatus*. Dans la région du golfe du Saint-Laurent et du chenal Laurentien, *S. mentella* est prédominant dans les principaux chenaux, à des profondeurs allant de 350 à 500 m. Par contre, *S. fasciatus* domine à des profondeurs inférieures à 300 m, le long des pentes des chenaux et sur les bancs, sauf dans le secteur de l'embouchure du chenal Laurentien (cône Laurentien) où il se retrouve en eaux plus profondes. Les sébastes vivent en général près du fond. Différentes études ont démontré que ces espèces entreprennent des migrations verticales diurnes, quittant le fond la nuit pour suivre la migration de leurs proies. Les jeunes sébastes se nourrissent principalement de diverses espèces de crustacés incluant

plusieurs espèces de crevettes, alors que leur régime alimentaire se diversifie en faveur des poissons à l'âge adulte. La migration verticale semble constituer une stratégie d'alimentation au cours de laquelle les sébastes suivent la migration de leur proie comme le krill. Des migrations annuelles sont aussi observées. Les données des journaux de bord suggèrent des migrations des sébastes, du golfe vers le détroit de Cabot, et inversement. Ces migrations semblent commencer à la mi-novembre en direction du sud et à la mi-avril en direction du nord. Les sébastes se regroupent pour former une concentration de plus en plus dense à la limite de 4Vn et 4Vs tout au long d'avril, environ en même temps que la migration vers le nord en direction du golfe. Cette concentration persiste à une densité élevée jusqu'à la fin de juin. Une autre agrégation se forme à la limite de 3Pn et 3Ps à la mi-septembre; elle se disperse dès la mi-octobre, soit juste avant la migration vers le sud en direction du détroit de Cabot (Gascon 2003, Figure 1).

CROISSANCE ET REPRODUCTION

Les sébastes sont des espèces à croissance lente et à longévité élevée. En effet, les sébastes peuvent facilement atteindre 40 ans et dépasser 75 ans, ils mesurent alors environ 42 cm. En moyenne, les sébastes prennent de sept à huit ans pour atteindre la taille réglementaire minimale de capture, actuellement de 22 cm. La croissance de *S. mentella* est plus rapide que celle de *S. fasciatus*, bien que cette différence dans les taux de croissance ne devienne évidente qu'après l'âge de dix ans. Chez les deux espèces, les femelles grandissent plus rapidement que les mâles après l'âge d'environ dix ans. Les mâles *S. mentella* sont matures à 9 ans (L50 : 22,8 cm) et les femelles à 10 ans (L50 : 25,4 cm), tandis que les mâles *S. fasciatus* sont matures à 7 ans (L50 : 19,6 cm) et les femelles à 9 ans (L50 : 24,1 cm).

Les sébastes sont ovovivipares, ils effectuent une fécondation et une fertilisation internes, résultant en larves lécithotrophes, c'est-à-dire qu'elles se nourrissent exclusivement du vitellus de l'œuf. La copulation a lieu à l'automne, fort probablement entre septembre et décembre. Les spermatozoïdes sont alors maintenus à l'état de repos physiologique à l'intérieur des femelles jusqu'à la maturité des ovaires en février-mars (Hamon 1972). L'extrusion larvaire a lieu d'avril à juillet selon les zones et selon l'espèce, au stade de larves capables de nager (Ni et Templeman 1985). La fécondité absolue des femelles varie de 3 330 à 107 000 larves par femelle et augmente en fonction de la taille de l'individu (Gascon 2003). Selon l'espèce et l'endroit, le moment de la copulation et de l'extrusion larvaire peuvent varier. En effet, dans le golfe du Saint-Laurent, *S. mentella* libère ses larves environ 3 à 4 semaines plus tôt que *S. fasciatus*. Les larves se développent dans les eaux de surface et les jeunes migrent graduellement vers des profondeurs plus élevées au cours de leur développement. Les larves se retrouvent généralement dans la couche de surface et leur croissance est optimale à des températures de 4 à 11°C. Elles effectuent des migrations verticales journalières (10 à 30 m le jour et moins de 10 m la nuit). Les juvéniles utilisent davantage des milieux plus profonds (températures de 5 à 10°C) sous la couche intermédiaire froide (Gascon 2003) bien que moins profonds que les adultes. Les sébastes migrent dans la région du détroit de Cabot en hiver et reviennent dans le golfe au printemps. La migration peut débuter aussi tôt que novembre (Atkinson et Power 1991, Morin *et al.* 1994, Power 2003).

Le succès du recrutement chez les sébastes est extrêmement variable, d'importantes classes d'âge étant produites à des intervalles irréguliers, par exemple dans l'unité 1 : 1946, 1956-1958, 1970, 1980, 1985, 1988, 2003 et 2011-2013. En outre, les classes d'âge de 1985, 1988 et 2003, qui étaient très abondantes aux âges 2 à 4 d'après les données de relevés de recherche, n'ont pas été décelées par la suite et n'ont jamais grandement contribué à la pêche, potentiellement car elles portaient la signature génétique des populations des Grands Bancs de Terre-Neuve qu'elles ont rejoint ultérieurement. Si nous supposons que les quantités de larves

libérées sont semblables d'une année à l'autre, une mortalité différentielle doit donc se produire entre leur extrusion et le moment où elles ont un an. Sur le Bonnet Flamand (zone d'environ 140 m de profondeur dans la division OPANO 3M), les larves des sébastes se nourrissent surtout des stades immatures du copépode, *Calanus finmarchicus* (Runge et de Lafontaine 1996). Leur croissance a été plus rapide et leur métamorphose plus hâtive en 1980, lorsque l'expulsion des larves des sébastes et la ponte de *Calanus finmarchicus* ont presque coïncidé, comparativement à 1981, alors que les œufs de *Calanus* ont éclos sept semaines plus tôt (Anderson 1994). La production d'une classe d'âge abondante pourrait dépendre d'une correspondance étroite entre le prédateur et sa proie. Les autres facteurs qui peuvent avoir une incidence sur la survie des larves pélagiques sont encore méconnus. Par exemple, la présence d'abondantes classes d'âge des sébastes pourrait coïncider avec des conditions climatiques particulières, qui peuvent agir non seulement sur les conditions physiques du milieu où les larves sont libérées, mais aussi sur la quantité et la qualité de leurs proies préférées.

RECRUTEMENT

Dans l'Atlantique nord-ouest, les sébastes sont caractérisés par l'importante variabilité de leur recrutement. Des résultats d'analyses génétiques ont permis de conclure que les unités 1 et 2 avaient produit dans les années 1980, la dernière forte classe d'âge de *S. mentella* ayant grandement contribué à la pêche par la suite. Jusqu'en 2011, toutes les autres fortes classes d'âge retrouvées dans l'unité 1 et/ou 2 (1974, 1985, 1988 et 2003) ont été identifiées comme étant *S. fasciatus* avec la signature génétique de la population Atlantique de la pente du talus continental. Ces classes d'âge de *S. fasciatus* qui semblaient fortes à un jeune âge, en particulier dans l'unité 1, ont diminué considérablement en l'espace de quelques années sans contribuer significativement aux populations adultes et à la pêche. Les courants marins et les patrons spatio-temporels d'abondance en fonction de l'âge suggèrent que cette dernière population, *S. fasciatus* de la population Atlantique de la pente du talus continental, utilise le golfe du Saint-Laurent comme pouponnière. Les larves/juveniles dériveraient vers le golfe du Saint-Laurent puis, 5 à 6 ans plus tard, les juvéniles plus âgés retourneraient avec la population Atlantique, le long de la pente du talus continental.

Dans l'unité 1, les plus récents relevés de recherche du MPO indiquent la présence de trois abondantes classes d'âge de sébaste, soit les cohortes de 2011, 2012 et 2013. Les analyses de groupement réalisées sur les données génétiques des cohortes 2011 et 2012, indiquent que 91 % de ces poissons appartiennent à *S. mentella* de la population adulte des unités 1 et 2. Ces informations laissent présager que ces sébastes resteront dans la région et pourraient donc favoriser le rétablissement de *S. mentella* dans les unités 1 et 2. L'abondance des sébastes juvéniles des cohortes de 2011 à 2013 a augmenté massivement dans les relevés de recherche du MPO (unité 1) et du Groundfish Enterprise Allocation Council (unité 2). Ces cohortes sont les plus abondantes qui aient été observées dans les relevés de recherche dans les unités 1 et 2.

ÉCOSYSTÈME

Pêches et Océans Canada évalue annuellement les conditions océanographiques physiques qui prévalent dans le golfe du Saint-Laurent avec le Programme de surveillance de la zone atlantique (PMZA). Les conditions rencontrées dans le nord du golfe de 2011 à 2017 étaient généralement plus chaudes que les moyennes historiques, en particulier pour les températures de surface et des eaux profondes. Les températures des eaux profondes dans le golfe ont augmenté au cours des dernières années. Dans l'ensemble, les températures à 250 m et 300 m de profondeur ont atteint des sommets depuis 1915. En 2016, la surface du fond marin couverte par des températures supérieures à 6°C a diminué dans le chenal Anticosti et le chenal

Esquiman, mais a augmenté notablement dans le centre du golfe et fait une première apparition dans le nord-ouest du golfe (Galbraith *et al.* 2017).

L'écosystème du golfe du Saint-Laurent est composé d'une communauté de poissons diversifiée dont l'abondance varie dans le temps et l'espace. Par exemple, les différents stocks de hareng sont en déclin (MPO 2016a, MPO 2017a) et le stock de maquereau est à un faible niveau record (MPO 2017b). Les indicateurs du stock de flétan du Groenland (4RST) ont diminué en 2017 (MPO 2018b), tandis que le flétan atlantique (4RST) est à son plus haut niveau historique et stable depuis 2013 (MPO 2018c). Le stock de morue franche du sud du golfe du Saint-Laurent (4T) est très faible, mais stable (MPO 2016b), tandis que celui du nord du golfe (3Pn, 4RS) est également faible, mais augmente légèrement (MPO 2017c). Le stock de crevette nordique de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, dans la zone saine depuis plusieurs années, est en déclin depuis 2010 (MPO 2018d).

PÊCHE COMMERCIALE

HISTORIQUE

La pêche aux sébastes dans le golfe du Saint-Laurent est caractérisée par trois épisodes d'exploitation intense, soit de 1954 à 1956, de 1965 à 1976 et de 1987 à 1992 (Tableau 1 et Figure 3). L'historique de la pêche aux sébastes est décrites d'après les données des fichiers informatisés sur les échanges entre les zones (ZIFF) et considère l'ensemble des pêcheries dirigées ou non aux sébastes. De 2000 à 2017, 91 % des prises déclarées des sébastes provenaient de la pêche dirigée aux sébastes. Les débarquements annuels moyens étaient de 43 000, 79 000 et 59 000 t pour chacune de ces périodes respectives, tandis que les TAC variaient entre 16 000 et 60 000 t (premier TAC a été mis en place en 1976). Le débarquement annuel maximal a été observé en 1973, lorsque 136 101 t de sébaste ont été débarquées (Tableau 1 et Figure 3). Ces débarquements représentent la somme des captures déclarées des sébastes dans tous les types de pêche, qu'elle soit dirigée ou non vers les sébastes. Avant 1999, le cycle de gestion pour le sébaste s'étendait du 1 janvier au 31 décembre et le TAC était alloué pour cette période. En 1999, le cycle de gestion s'est poursuivi jusqu'au 14 mai 2000 et depuis il est du 15 mai de l'année courante au 14 mai de l'année suivante. Le TAC est établi pour un cycle de gestion.

En 1995, un moratoire sur la pêche aux sébastes de l'unité 1 a été instauré en raison de la faible abondance du stock et de l'absence de recrutement suffisant. De 1995 à 1997, les débarquements de sébastes étaient réduits et provenant de pêches dirigées à d'autres espèces. Une pêche indicatrice a débuté en 1998 avec un TAC de 1 000 t qui a été augmenté à 2 000 t en 1999. Cette pêche indicatrice se déroule du 15 juin au 31 octobre pour un cycle de gestion qui s'échelonne du 15 mai au 14 mai de l'année suivante. Elle est effectuée sur des sites traditionnels de pêche à l'aide principalement de chaluts de fonds semblables à ceux utilisés avant le moratoire, entre les longitudes 59° et 65°, à des profondeurs supérieures à 182 mètres (100 brasses) et avec un maillage minimal de 90 mm (Brassard *et al.* 2017). De 1999 jusqu'à ce jour, le TAC de cette pêche a été maintenu à 2 000 t par année de gestion. Ceci étant dit, les TAC de l'unité 1 ne sont pas entièrement prélevés. En moyenne, depuis 2003, 550 t de sébaste sont capturées annuellement (Tableau 1).

De 1953 à 1990 (avant le moratoire), les débarquements provenaient principalement des divisions 4R et 4S (Tableau 1 et Figure 3). De 1999 à 2005, la majeure partie de l'effort a été déployée dans les divisions 4T et 4R, le long des pentes du chenal Laurentien, au nord du détroit de Cabot. En plus de ces sites de pêche, des efforts limités ont été déployés dans la division 4S du chenal Laurentien. Depuis 2006, la majeure partie de l'effort de la pêche

indicatrice a été concentrée dans la division 4T (Tableau 1 et Figure 4). Depuis 2012, une diminution des débarquements annuels des sébastes est observée atteignant seulement 192 t en 2017 (données préliminaires, Tableau 1 et Figure 3).

Traditionnellement, des débarquements substantiels de sébaste ont été effectués durant toute l'année (Figure 5). De 1985 à 1992, il y a eu une augmentation des débarquements en hiver (mois de janvier à mars) passant de 5 % en 1985 à 45 % en 1992 (Figure 5). Ces captures provenaient principalement des divisions 3Pn et 4R. Depuis le moratoire, la majorité des sébastes est capturée en été durant la pêche indicatrice qui se déroule du 15 juin au 31 octobre. De petites captures de sébaste sont également effectuées à l'extérieur de la saison de la pêche indicatrice, comme prises accessoires de pêches dirigées à d'autres espèces.

Durant la période 1985 à 1994, les sébastes étaient principalement capturés à l'aide de chaluts de fond et de chaluts pélagiques. Plusieurs de ces bateaux utilisaient le chalut pélagique Diamond à 6 faces, équipé de panneaux pélagiques Suberkrüb et tressé en nylon. Depuis le moratoire de 1995, la flottille utilisant les chaluts pélagiques n'est plus présente dans le golfe et ne participe donc pas à la pêche indicatrice. De 1998 à 2006, la majorité des efforts de pêche était effectuée à l'aide de chaluts de fond et depuis 2007, on note une forte augmentation de la proportion des captures par la seine écossaise (Figure 6). Ces deux engins ont un maillage minimal de 90 mm. En 2017, certains projets de recherche ont vu le jour afin de réintroduire le chalut pélagique dans la pêche aux sébastes de l'unité 1. Cet engin est considéré comme peu invasif pour l'habitat des poissons, puisqu'il n'y a pas ou peu de contact avec les fonds marins.

De 1985 à 1994, environ 80 % des captures était effectué à l'aide de grands bateaux mesurant plus de 100 pieds (Figure 7). Après le moratoire, des bateaux entre 65 et 100 pieds prélevaient en moyenne la majorité des captures. Durant cette période, les bateaux de moins de 65 pieds ont fait leur apparition dans l'unité 1. Depuis les années 2000, ce sont les bateaux de 65 à 100 pieds qui ont gagné de l'importance dans la pêche aux sébastes (Figure 7).

FRÉQUENCE DE TAILLE

De 1981 à 1988, la fréquence de taille des prises commerciales dans l'unité 1 indiquait que les captures étaient surtout composées des sébastes nés au début des années 1970. De 1988 à 1994, les sébastes nés au début des années 1980 ont constitué les prises dominantes de la pêche (Figure 8). De 1999 à 2016, la majorité des sébastes capturés sont de taille supérieure à 30 cm. Depuis 1999, la fréquence de taille des captures est plus difficile à établir en raison des activités de pêche réduites (notamment à partir de 2006) qui résulte en un nombre plus faible de sébaste mesuré par les observateurs en mer et les programmes d'échantillonnage du MPO. Il apparaît toutefois que la classe d'âge de 1980 a commencé à être capturée par la pêche en 1987 et s'est maintenue dans les captures jusqu'à ce jour.

CAPTURE PAR UNITÉ D'EFFORT (CPUE)

Suite à une recommandation du Conseil pour la conservation des ressources halieutiques visant à pallier au manque de données sur les sébastes lors du moratoire de 1995, une pêche indicatrice a été mise en place en 1998. Les informations obtenues dans le cadre de cette pêche par les journaux de bord colligés par les pêcheurs, le programme d'observateurs en mer et le programme d'échantillonnage des captures commerciales comprennent des données sur les débarquements, l'effort de pêche, les prises accessoires et la fréquence de taille des sébastes capturés. Lors de ses débuts en 1998, la pêche indicatrice était réalisée par deux groupes de navires utilisant des chaluts de fond; soit des bateaux de plus de 100 pieds et des bateaux de moins de 65 pieds. Le nombre de participants dans chacun de ces groupes a varié au cours des années. Avant 2007, de 1 à 5 bateaux de plus de 100 pieds ont participé à la

pêche indicatrice. Par la suite, aucun bateau de ce groupe n'a participé à l'exception d'un seul en 2010. Pour les bateaux du groupe des moins de 65 pieds, entre 6 et 13 bateaux ont pris part annuellement à cette pêche, à l'exception de 2007 où on ne comptait qu'un seul bateau (Brassard *et al.* 2017). Cette faible participation a été générée suite à une problématique externe, les données de 2007 ne sont donc pas incluses dans l'indice.

Les taux de captures de la pêche commerciale (avant le moratoire) ainsi que ceux de la pêche indicatrice ont été standardisés à l'aide du modèle multiplicatif (Gavaris 1980), afin de produire un indice représentant la performance de la pêche avant et après le moratoire. Les activités retenues pour ces analyses sont celles réalisées au chalut de fond entre mai et octobre. Les données utilisées représentent en moyenne plus de 85 % des débarquements réalisés au chalut de fond dans la pêche dirigée aux sébastes de l'unité 1. Cette standardisation tient compte des changements de la saison de pêche (mois), des divisions OPANO et de la taille des navires. Ce modèle pondère l'effet de ces facteurs rendant les CPUE comparables entre les années. Cet indice montre des CPUE élevées avant le moratoire, suivi par une diminution marquée en 1994 (Figure 9). Entre 1999 et 2003, l'indice était inférieur à la moyenne de la série (1981-2017). De 2003 à 2014, les CPUE étaient passablement stables et comparables à la moyenne. D'après l'avis des principaux intervenants, les mesures de gestion, les conditions du marché, la petite taille des sébastes et l'impact du moratoire ont limité l'effort de pêche des dernières années dans l'unité 1.

PRISES ACCESSOIRES

Bien que la pêche commerciale tente de maximiser la capture de l'espèce visée, il arrive bien souvent que des prises accessoires, soit d'autres espèces que celle qui est visée, soient capturées également. Deux sources de données ont été combinées pour établir un portrait global des prises accessoires soit : les ZIFF et le programme des observateurs en mer. Les ZIFF fournissent l'information complète sur les débarquements totaux déclarés. Le programme des observateurs en mer couvre un certain pourcentage des voyages de pêche et fournit donc une information partielle sur les prises accessoires. Cependant, ce programme est la seule source de données sur les captures qui sont rejetées en mer et qui ne sont donc pas comptabilisées dans les fichiers ZIFF. De plus, ce programme fournit des informations sur la taille des poissons capturés et les données sont associées à des activités de pêche spécifiques, soit un trait de chalut ou la levée d'un engin fixe.

D'une part, d'après les ZIFF, les prises déclarées des sébastes dans les pêcheries dirigées à d'autres espèces commerciales menées dans l'unité 1 entre 2000 et 2017 ont été examinées en utilisant les données des échantillonneurs à quai. Cette analyse a révélé que 91 % des prises déclarées des sébastes provenaient de la pêche dirigée aux sébastes. Les pêcheries dirigées au flétan du Groenland et à la morue franche étaient responsables respectivement de 3 % et 2 % des débarquements des sébastes (Figure 10). D'autre part, de 2000 à 2017, les débarquements de prises accessoires dans la pêche dirigée aux sébastes à l'aide d'engins de fond mobiles représentaient 9 % des débarquements des sébastes (Figures 11). Les prises accessoires les plus courantes étaient le flétan du Groenland, la merluche blanche et la morue franche (Figure 12).

De 1999 à 2016, 1 633 activités de pêche ont été échantillonnées par le programme des observateurs en mer (Figure 13). Les espèces accessoires les plus fréquemment capturées étaient le flétan du Groenland (capturé dans 73 % des activités de pêche dirigée aux sébastes), la merluche blanche (58 %), la plie grise (41 %) et la morue franche (38 %, Tableau 2). Entre 84 et 100 % des captures de ces espèces ont été débarquées. Pour chaque espèce de prises accessoires, les captures représentaient moins de 5 % des captures des sébastes (Tableau 2). Connaître la distribution spatio-temporelle et la préférence de profondeur de ces espèces, ainsi

qu'améliorer la sélectivité des engins, peuvent aider à réduire l'occurrence des prises accessoires dans la pêche aux sébastes.

La distribution spatiale des taux de capture des sébastes et des principales prises accessoires dans la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016 a été cartographiée (Figure 14). Ces cartes pourraient servir à identifier des endroits à éviter afin de minimiser la capture des espèces de prises accessoires dans la pêche dirigée aux sébastes. Par exemple, à l'ouest du 64° parallèle, les taux de capture de flétan du Groenland et de flétan atlantique sont élevés, tandis que les taux de capture des sébastes sont parmi les plus faibles. Certaines profondeurs peuvent également être préconisées afin de cibler et éviter certaines espèces. Notamment, la merluche blanche et la morue franche sont capturées à une profondeur moindre que les sébastes (Figure 15 et Tableau 3). Les observateurs en mer mesurent également la taille des poissons capturés lors de la pêche dirigée aux sébastes. De 1999 à 2016, les sébastes capturés mesuraient entre 15 et 50 cm (mode = 30 cm), le flétan du Groenland entre 25 et 65 cm (mode = 40 cm), la merluche blanche entre 25 et 75 cm, la morue franche entre 25 à 80 cm (mode = 40 cm) et le flétan atlantique entre 15 et 165 cm (Figure 16).

SÉLECTIVITÉ DES CHALUTS

La sélectivité des engins de pêche est une caractéristique importante puisqu'elle contribue substantiellement à cibler certaines espèces et tailles d'organismes. La sélectivité des chaluts peut être influencée par plusieurs critères, dont la position de l'engin dans la colonne d'eau, la taille et la forme des mailles, les matériaux utilisés ou la présence de grille séparatrice. Ce qui sera effectivement récolté par un engin de pêche est également tributaire des organismes disponibles à la pêche à un endroit et un moment donnés. De 1987 à 1994, le chalut pélagique a été beaucoup employé pour la pêche aux sébastes, puis laissé de côté suite au moratoire, contrairement au chalut de fond qui a persisté dans le temps. Ces deux engins disposaient d'un maillage minimal de 90 mm dans le cul du chalut. Récemment, l'intérêt pour le chalut pélagique a été renouvelé, principalement car il n'y a pas (ou très peu) de contact de l'engin de pêche avec le fond marin et l'engin de pêche ce qui en fait une méthode de choix permettant de minimiser l'impact sur l'habitat et les organismes benthiques.

Afin d'évaluer la sélectivité de ces deux types de chaluts en ce qui concerne la taille des sébastes capturés, des données de fréquence de taille récoltées par les observateurs en mer lors de 7 489 activités de pêche dans les unités 1 et 2 entre 1978 et 2016 ont été analysées. Les données brutes sont présentées dans la Figure 17 et suggèrent que, d'après les modes des deux distributions de fréquence de taille, le chalut de fond prélèverait des individus de taille supérieure au chalut pélagique. Les fréquences de taille des sébastes capturés ont été quantifiées à l'aide de cinq quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90). Les distributions des quantiles étaient distribuées normalement et homoscédastiques, une analyse de variance (ANOVA) a donc été utilisée (Scherrer 2007). L'effet d'une interaction triple entre le type de chalut, l'unité et l'année a été testé pour chacun des quantiles. Une sélection descendante des facteurs de l'ANOVA a été effectuée en excluant les facteurs non-significatifs un à la fois afin de retenir seulement les facteurs significatifs dans l'ANOVA. Les pourcentages de différence entre les types de chalut et les unités ont été calculés (*i.e.*, ratios entre les coefficients de l'ANOVA des chaluts, pélagique versus fond, et des unités, unité 1 versus unité 2; Tableau 4). Les modèles obtenus pour chaque quantile étaient hautement significatifs (p .value = 2,2E-16) et expliquant entre 22 et 25 % de la variance. Des interactions significatives ont été identifiées dans tous les cas, suggérant que l'effet du type de chalut sur la fréquence de taille des sébastes capturés variait selon les unités et/ou les années. L'effet des types de chalut n'était pas le même pour tous les quantiles, indiquant que les sébastes capturés à l'aide du chalut pélagique avaient tendance à être plus grands pour les petites tailles (Q10, Q25 et Q50), tandis

qu'ils étaient plus petits pour les grandes tailles (Q75 et Q90) comparativement au chalut de fond. Les différences entre les types de chalut étaient de faible amplitude, variant de 0,3 à 5 %, ce qui suggère peu d'effet d'engin sur les tailles capturées une fois que les différences entre les unités et les années étaient considérées. L'effet des unités était également différent en fonction des quantiles. Les sébastes capturés dans l'unité 1 étaient plus petits pour les petites tailles (Q10 et Q25) et plus grands pour les grandes tailles (Q50, Q75 et Q90). Encore une fois, l'amplitude de ces différences était faible (0,4 - 2 %). Les différences entre les années contribuaient le plus aux variations de taille des poissons capturés.

Un partitionnement de la variation basé sur des ANOVA partielles (Legendre et Legendre 2012) entre les types de chalut, les unités et les années a indiqué, qu'à lui seul, l'effet année, indépendamment du type de chalut et des unités, expliquait entre 16 et 21 % de la variance des quantiles (Figure 18). Le recrutement de différentes cohortes soutenant la pêche commerciale au fil du temps peut expliquer ces variations temporelles. En effet, de 1981 à 1988 dans l'unité 1, la fréquence de taille des prises commerciales indique que les captures étaient surtout composées des sébastes nés au début des années 1970. De 1989 à 1994, les sébastes nés au début des années 1980 constituaient les prises dominantes de la pêche. De 1999 à 2015, la majorité des sébastes capturés étaient de tailles supérieures à 30 cm. Depuis 1999, la fréquence de taille des captures est plus difficile à établir parce que la pêche est très réduite (notamment à partir de 2006) et par conséquent, un nombre plus faible de sébastes était mesuré par les observateurs en mer. Il apparaît toutefois que la classe d'âge de 1980, constituée principalement de *S. mentella*, a commencé à être recrutée à la pêche en 1987 et s'est maintenue dans les captures jusqu'à ce jour. De 2006 à 2017, la contribution à la pêche des classes d'âge plus récentes est indiquée par la présence de sébaste entre 25 et 35 cm (Figure 8; Brassard *et al.* 2017). Somme toute, ces résultats suggèrent que, dans le cas précis de la pêche aux sébastes, des poissons de taille similaire peuvent être capturés à l'aide des chaluts de fond et pélagiques, peu importe l'unité, en fonction des classes de taille des sébastes disponibles à la pêche durant une période donnée.

RELEVÉS DE RECHERCHE DU MPO

Depuis 1984, le MPO effectue un relevé de recherche multidisciplinaire (poissons de fond et crevettes) sur l'ensemble du nord du golfe du Saint-Laurent à l'aide d'un chalut de fond. Le relevé couvre les eaux du chenal Laurentien et au nord de celui-ci, de l'estuaire maritime à l'ouest jusqu'aux détroits de Belle-Isle et de Cabot à l'est de la zone, soit les divisions 4R, 4S et la partie septentrionale de 4T de l'OPANO (Figure 1). La superficie de la zone d'étude est de 116 115 km². Au fil des années, différents navires et engins de pêche ont été utilisés. De 1984 à 1990, les relevés de recherche étaient effectués à bord du navire NGCC Lady Hammond en utilisant un chalut de fond Western IIA. De 1990 à 2005, le navire NGCC Alfred Needler et un chalut URI 81'/114' étaient utilisés. Finalement, de 2004 à 2017, c'est le navire NGCC Teleost et un chalut Campelen 1800 qui servent aux relevés. L'ensemble de ces données (NGCC Lady Hammond, NGCC Alfred Needler et NGCC Teleost) ont été comparées afin d'établir les facteurs de conversion et ainsi étendre la série historique des indices d'abondance et de biomasse des sébastes à la période 1984 à 2017 (Bourdages *et al.* 2007). Ce relevé de recherche utilise un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié. Cette technique consiste à subdiviser la zone d'étude en strates plus homogènes. La zone d'étude est divisée en 54 strates dont 52 ont été visitées à chaque année. Le découpage de celles-ci a été fait en se basant sur la profondeur, les divisions de l'OPANO et le type de substrat (Figure 19). Pour ce relevé, une allocation initiale de 200 traits de chalutage a été répartie proportionnellement à la surface des strates, avec un minimum de deux traits par strate. Les positions des traits ont été déterminées aléatoirement à l'intérieur de chacune des strates. À chacun des traits de pêche, la

capture a été triée et pesée par taxon et des données biologiques ont été récoltées sur un échantillon des sébastes : taille, sexe, nombre de rayons mous de la nageoire anale, estomac, otolithes et échantillons de tissus. Une description détaillée du protocole de pêche et d'échantillonnage ainsi que les méthodes de calculs sont présentées dans Bourdages *et al.* (2018).

En 2017, le relevé s'est déroulé du 2 août au 2 septembre à bord du navire NGCC Teleost. Lors de cette mission, 170 traits de chalut ont été réussis, soit 47 dans 4R, 83 dans 4S et 40 dans 4T. La couverture de la zone d'étude a été très bonne, seulement deux strates n'ont pas été échantillonnées avec un minimum de deux traits (Bourdages *et al.* 2018). Il est à noter que ce plan d'échantillonnage inclut l'aire de répartition des sébastes comprise dans les divisions 4RST, ce qui correspond à l'unité 1. Les résultats sont présentés par espèce, *S. mentella* et *S. fasciatus*, pour les individus matures et immatures ou de différentes classes de taille.

DÉTERMINATION DE LA MATURITÉ

La relation entre la maturité et la longueur d'un individu a été établie d'après les données présentées dans Gascon (2003), où 434 individus de l'unité 1 et 983 individus de l'unité 2 ont été récoltés entre 1996 et 1999. L'espèce, l'âge, le stade de maturité et la longueur ont été évalués. La détermination du nombre d'individus matures d'une espèce donnée est basée sur la proportion mature à la longueur par sexe selon une courbe logistique. Chez les femelles matures des deux espèces, la plus faible longueur à maturité se situait autour de 23 à 24 cm. La gamme de longueurs des reproducteurs femelles pour la période 1996-1999 était beaucoup plus grande dans le cas de *S. mentella* que de *S. fasciatus*. En effet, alors que les femelles de *S. mentella* mesuraient de 24 à 47 cm de longueur, très peu de femelles de *S. fasciatus* mesuraient plus de 35 cm. Règle générale, les mâles atteignent la maturité sexuelle un à deux ans avant les femelles. Les mâles *S. mentella* sont matures à 9 ans (L50 : 22,8 cm) et les femelles à 10 ans (L50 : 25,4 cm), tandis que les mâles *S. fasciatus* sont matures à 7 ans (L50 : 19,6 cm) et les femelles à 9 ans (L50 : 24,1 cm).

Lors des relevés du MPO, un échantillon des individus sont mesurés (maximum 200 individus), sexés (30 individus) et l'identification à l'espèce est effectuée d'après le nombre de rayons mous de la nageoire anale (voir section Identification des espèces pour plus de détails). La proportion des individus matures par espèce et par sexe est déterminée à partir de l'échantillon et extrapolée à la capture entière.

L'équation de la courbe logistique est sous la forme :

$$\text{Proportion mature} = (e^{a+b*L50}) / (1 + e^{a+b*L50})$$

Les constances sont :

| | | | | |
|---------------------|---------|---------------|-------------|--------------|
| <i>S. fasciatus</i> | femelle | $a = -10,605$ | $b = 0,441$ | $L50 = 24,1$ |
| <i>S. fasciatus</i> | mâle | $a = -10,687$ | $b = 0,545$ | $L50 = 19,6$ |
| <i>S. mentella</i> | femelle | $a = -9,550$ | $b = 0,377$ | $L50 = 25,4$ |
| <i>S. mentella</i> | mâle | $a = -7,521$ | $b = 0,330$ | $L50 = 22,8$ |

Ces équations permettent de déterminer la fraction du stock qui est mature en fonction de la longueur des individus qui le composent et ainsi définir par exemple, les points de référence de l'approche de précaution. Il serait judicieux d'actualiser ces équations puisque les données utilisées datent des années 1990 et que des proportions matures non nulles sont prédites pour des individus de taille inférieure à la taille minimale où des individus matures ont été observés (Figure 20). Évidemment, toutes modifications de ces équations pourraient engendrer des variations des estimés de la biomasse mature et de l'état du stock relativement aux points de référence. C'est pourquoi, des estimés par classes de taille sont également présentés.

INDICE DE BIOMASSE ET FRÉQUENCE DE TAILLE

D'après le relevé de recherche du MPO dans l'unité 1, l'abondance et la biomasse de *S. mentella* et de *S. fasciatus* ont fortement diminué de la fin des années 1980 à 1994 (Figure 21 et Tableau 5). Par la suite, les indices des petits et des grands sébastes sont restés faibles et stables. Les nouvelles cohortes (2011-2013), principalement dominées par la classe d'âge de 2011, ont commencé à être capturées par le chalut utilisé pour les relevés de recherche en 2013, et la biomasse des sébastes juvéniles (0-22 cm) a augmenté massivement depuis lors. Ces juvéniles étaient largement dominés par *S. mentella* et portaient la signature génétique de la population adulte du nord du golfe du Saint-Laurent. En 2017, la biomasse minimale totale chalutable a été estimée à 2 166 000 t pour *S. mentella*, la valeur la plus élevée observée depuis 1984. La biomasse totale de *S. fasciatus* estimée à 346 000 t est du même ordre de grandeur que la valeur la plus élevée depuis 1984. La biomasse des juvéniles *S. mentella* et *S. fasciatus* était respectivement 60 et 10 fois plus élevée que leur biomasse moyenne pour la période de 1995-2015. La biomasse minimale chalutable des sébastes de plus de 22 cm de longueur a commencé à augmenter en 2017. Elle a été estimée à 349 000 t et 89 000 t pour *S. mentella* et *S. fasciatus*, respectivement. Cependant, la biomasse des sébastes de plus de 25 cm n'a pas encore commencé à augmenter dans le relevé. D'ici 2019, la biomasse des sébastes de plus de 25 cm devrait augmenter considérablement. À l'été 2017, la taille modale des cohortes des sébastes était de 20 cm (Figure 22).

DISTRIBUTION SPATIALE

Les cartes de distribution spatiale de la biomasse des sébastes (kg/trait) montrent une répartition continue des sébastes entre les unités 1 et 2 le long du chenal Laurentien jusqu'à la tête des chenaux Esquiman, Anticosti et Laurentien dans le golfe du Saint-Laurent (Figures 23-26). Ces cartes indiquent que *S. fasciatus* occupe des eaux moins profondes que *S. mentella*, à l'exception du cône Laurentien, où *S. fasciatus* habite des eaux plus profondes. La distribution spatiale des taux de capture des sébastes dans le relevé du MPO indiquait qu'entre 1984 et 1995, les chenaux Laurentien, Esquiman et Anticosti étaient densément peuplés par les deux espèces (Figures 23-26). Par la suite, il y a eu une diminution substantielle de la densité des individus matures des deux espèces de sébaste, en particulier à l'ouest de l'île d'Anticosti et au nord d'Esquiman (Figures 24 et 26). Les immatures *S. mentella* ont augmenté en densité entre 2011 et 2017, en particulier dans les chenaux Esquiman, Anticosti et Laurentien et dans la bordure sud-ouest du détroit de Cabot. Les immatures *S. fasciatus* ont également récemment augmenté en densité (2011-2017), quoique dans une proportion moindre que *S. mentella*.

PROJECTION DE LA CROISSANCE

L'évaluation actuelle n'est pas fondée sur un modèle de population, ce qui complique la projection de la force des classes d'âge pour les années à venir. Les indices dérivés du relevé montrent un recrutement massif composé des classes d'âge de 2011, de 2012 et de 2013. En conséquence, il est attendu que ces classes d'âge aient de fortes répercussions sur l'abondance et la biomasse des individus matures au cours des prochaines années. Nous avons donc effectué une analyse fondée sur la croissance individuelle et ses variations, mais pas sur la force des classes d'âge, afin d'indiquer le moment où ces classes d'âge pourraient être recrutées à la pêche. Ainsi, il est possible de savoir à quel moment ces poissons deviendront les plus importants pour la pêche, mais il est impossible d'en prédire les nombres.

Une courbe de croissance unique a été élaborée pour *S. mentella* afin de déterminer si une cohorte pourrait être recrutée à une catégorie de taille donnée. Les principaux paramètres de croissance ont été prélevés à partir d'estimations de la taille modale de la cohorte de 1980 de l'unité 1 et soumis à une contrainte de taille maximale (L_{∞}) de 42 cm (Figure 27). Même s'il

n'y avait pas d'estimation modale de cette cohorte à cette taille, il existe de nombreux registres des pêches de poissons de ce stock affichant une taille supérieure à 42 cm. Afin de tenir compte de l'incertitude entourant la longueur selon l'âge, une série de courbes différentes ont été utilisées. Ces courbes reflètent les ajustements libres et limités apportés à la cohorte de 1980 ainsi que les ajustements découlant d'autres études. La plupart de ces études ont été menées dans l'Atlantique Nord-Ouest. L'utilisation d'autres études visait à intégrer l'incertitude entourant la taille selon l'âge dans un contexte plus large que l'incertitude produite par le paramétrage. Étant donné que les cohortes évoluent peut-être de manière différente, le fait d'utiliser un coefficient de variation de la longueur selon l'âge tiré de plusieurs études, périodes et zones adjacentes permet d'obtenir une plus vaste plage d'incertitude entourant la croissance pour les nouvelles cohortes. Par conséquent, aux fins de la présente analyse, les paramètres de la courbe de croissance ont été créés à partir des données pour ce stock en particulier tandis que l'incertitude entourant la longueur selon l'âge était dérivée de plusieurs études.

Le tableau 6 montre la proportion d'une cohorte qui pourrait être recrutée à différentes longueurs selon l'âge en fonction d'une courbe de croissance de Von Bertalanffy et d'un coefficient de variation de la longueur selon l'âge. À l'été 2017, la taille modale des sébastes des cohortes 2011 à 2013 était de 20 cm. Si la croissance anticipée de ces cohortes se poursuit (Figure 27), près de 50 % des individus (59 % biomasse) de la cohorte de 2011 devraient être de taille supérieure à 22 cm en 2018, soit la taille minimale réglementaire. En 2020, 51 % des individus de cette cohorte (62 % biomasse) devraient être plus grands que 25 cm (Tableau 6).

La présente analyse met principalement l'accent sur la classe d'âge la plus abondante, soit la cohorte de *S. mentella* de 2011. Les paramètres de croissance ne sont pas nettement différents entre ces deux espèces et, par conséquent, étant donné la nature générale de ces calculs, ils devraient pouvoir s'appliquer aussi à *S. fasciatus*. Certaines prémisses de cette analyse doivent être considérées, comme la constance du taux de mortalité pour l'ensemble des classes d'âge et des périodes, et des changements dans la répartition de la taille de la population qui pourraient découler de la pêche ne sont pas considérés.

EFFET DE LA PROFONDEUR SUR LA DISTRIBUTION

D'après le relevé de recherche effectué en août par le MPO dans l'unité 1, les deux espèces de sébaste sont réparties différemment en fonction de la profondeur. Bien que les distributions en profondeur des deux espèces se chevauchent, *S. mentella* se trouve plus profondément (200-400 m) que *S. fasciatus* (150-300 m) (Figure 28).

De plus, il est admis que les sébastes de plus grande taille ont tendance à se retrouver plus profondément en comparaison à ceux de plus petite taille. Cette relation a été explicitement testée à l'aide des données de fréquences de taille des sébastes retrouvés dans des strates de différentes profondeurs lors des relevés du MPO de 1984 à 2017. La fréquence de taille des captures de chacune des strates ont été quantifiée à l'aide de cinq quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90). Ces quantiles ont été analysés à l'aide de différents modèles mixtes, contrôlant pour le temps et/ou l'espace (Tableau 7). La performance des modèles a été comparée selon le critère d'information d'Akaike (AIC). Les valeurs d'AIC doivent être minimisées afin de trouver le modèle le plus parcimonieux, expliquant une grande fraction de la variation tout en utilisant le moins de variables possible. Dans ces modèles, les cinq quantiles, représentant les fréquences de taille, correspondaient aux variables réponses. Les modèles mixtes comprennent deux types de variables explicatives, les effets fixes, ceux dont l'impact sur la variable réponse est d'intérêt et testé, et les effets aléatoires, correspondant à des facteurs de regroupement pour lesquels on souhaite contrôler l'effet dans un modèle sans s'intéresser à leur effet spécifique sur la variable réponse (Zuur *et al.* 2009).

Des modèles ont été développés avec aucun effet fixe (~1), tandis que d'autres modèles incluaient la profondeur et/ou l'année (Tableau 7). La variable profondeur correspondait à cinq catégories de profondeur, soit de 37 à 90 m, de 91 à 182 m, de 183 à 273 m, de 274 à 365 m et de 366 m et plus. Différents effets aléatoires ont également été testés, soit l'année et/ou la strate. Pour tous les quantiles, le meilleur modèle (plus petit AIC) incluait la profondeur et l'année en effets fixes, et les strates en effet aléatoire. Les conditions d'application des modèles mixtes ont été vérifiées, soit l'obtention d'une distribution normale des résidus, et l'absence de relation entre les valeurs prédites et les résidus (Zuur *et al.* 2009). Le R^2 Marginal quantifie la variation de la variable réponse qui est expliquée par les effets fixes. La profondeur et l'année expliquaient respectivement de 34 à 41 % et de 8 à 11 % de la variation des cinq quantiles. Le R^2 Conditionnel quantifie la variation expliquée par les effets fixes et aléatoires. Ainsi, la soustraction des R^2 , permet de quantifier la variation prise en compte par les effets aléatoires. De 11 à 12 % de la variation est attribuable aux strates, indépendamment de la profondeur (Tableau 7). Il est possible que des différences entre les strates, comme la température, les ressources alimentaires ou la présence de compétiteurs, affectent la taille des sébastes présents. La Figure 29 illustre l'effet des catégories de profondeur sur la taille médiane (Q50) des sébastes. Les autres quantiles ne sont pas présentés, mais montraient un patron similaire. Un test *a posteriori*, comparant une à une les catégories de profondeur, a indiqué que toutes les catégories de profondeur étaient significativement différentes les unes des autres, à l'exception des profondeurs entre 37 et 90 m, et entre 91 et 182 m qui étaient similaires (p. value > 0,05), et qu'effectivement des sébastes de plus grande taille se retrouvaient plus en profondeur (Figure 29 A). Ces résultats suggèrent qu'en pêchant dans des endroits plus profonds, la probabilité de capturer des sébastes de grande taille soit plus élevée. Par contre, les données de 2017 indiquent des tailles médianes inférieures à celles de l'ensemble de la série chronologique (Figure 29 B).

La biomasse des sébastes a été calculée pour trois classes de taille (0-22 cm, 22-25 cm et > 25 cm) en fonction de la profondeur d'après les relevés de 1984 à 2017. Les zones identifiées comme «Profond» comprenaient les strates de plus de 274 mètres et situées entre les 59° et 65° parallèles (où la pêche indicatrice est autorisée), tandis que les zones «Pas profond» incluaient le reste de la zone d'étude. De 1984 à 1994, 83 % de la biomasse correspondait à des individus de plus de 25 cm répartis uniformément entre les zones profondes et peu profondes. Entre 1995 et 2012, la biomasse des sébastes a considérablement diminué et le stock était alors composé de grands sébastes concentrés dans les zones profondes. Depuis 2013, l'arrivée de nouvelles cohortes a augmenté la biomasse des sébastes de moins de 22 cm, principalement dans les zones peu profondes. En 2017, le fort recrutement de nouvelles cohortes signifie que la biomasse des individus de moins de 22 cm domine à toutes les profondeurs (Figure 30).

RÉGIME ALIMENTAIRE

L'arrivée massive des cohortes des sébastes de 2011 à 2013 implique de nombreuses conséquences sur l'écosystème et la communauté du golfe du Saint-Laurent, dont une augmentation de la prédation de plusieurs organismes. Afin de préciser les espèces sujettes à cette prédation, le régime alimentaire des sébastes a été quantifié. De 2015 à 2017, lors du relevé d'août du MPO dans l'unité 1, 2 172 estomacs des sébastes de 5 à 50 cm ont été prélevés (Figure 31) et les pourcentages de la masse des proies ont été quantifiés. Les estomacs ont été disséqués en laboratoire. Chaque proie retrouvée dans un estomac a été identifiée au niveau taxonomique le plus précis possible et l'état de digestion a été évalué. Les analyses se sont limitées aux proies qui pouvaient être identifiées en excluant par exemple, des proies trop digérées pour permettre leur identification, des parasites ou du sable. Ensuite, le pourcentage de la masse de différentes catégories de proies présentes dans les estomacs a

été calculé. Les pourcentages des différents types de proies sont présentés en fonction de la taille des sébastes (Figure 32). Le régime alimentaire d'été des sébastes de l'unité 1 varie en fonction de la taille des poissons. Les sébastes de moins de 20 cm consomment principalement du zooplancton, et surtout des crevettes (crevette nordique et crevette blanche) lorsqu'ils atteignent une taille de plus de 20 cm. Lorsque les sébastes atteignent une taille de 25 cm, ils commencent à consommer du poisson, dont des sébastes. L'augmentation massive des sébastes a d'importantes répercussions sur l'écosystème. Par exemple, la prédation croissante contribue au déclin de la crevette nordique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

La prédation des sébastes sur la crevette nordique suscite un grand intérêt, étant donné la valeur de cette pêcherie et son déclin apparent ces dernières années. C'est pourquoi des modèles écosystémiques ont été utilisés afin de quantifier la consommation annuelle de crevette en fonction de la taille des sébastes. La proportion de crevette dans le régime alimentaire (P) et la biomasse des sébastes (B) ont permis d'estimer la consommation annuelle de crevette nordique par les sébastes (Q), d'après l'équation suivante :

$$Q=B*P*Q/B$$

où Q/B représente un ratio théorique provenant des modèles écosystémiques disponibles pour le nord du golfe du Saint-Laurent pour différentes périodes (Savenkoff *et al.* 2004, Savenkoff et Rioual (MPO, Mont-Joli, données non-publiées)). Ces analyses ont démontré que les valeurs estimées de consommation de crevette nordique par les sébastes commencent à s'accroître fortement à mesure que les juvéniles croissent en longueur (Figure 33). En moyenne, 86 000 t de crevette nordique ont été consommées annuellement par les sébastes de 2015 à 2017. La consommation a doublé année après année, ce qui semble refléter la croissance en longueur des fortes cohortes des sébastes et l'augmentation de l'utilisation de la crevette nordique comme proie d'importance.

D'après les relevés du MPO dans l'unité 1 en 2017, la classe modale des sébastes était de 20 cm, soit une taille où le régime alimentaire est principalement constitué de zooplancton et de petits crustacés. D'après les projections de la croissance, 62 % de la biomasse de la cohorte de 2011 devrait mesurer 25 cm ou plus d'ici 2020, et d'ici 2022, 92 % de la biomasse de la cohorte de 2011 mesurera plus de 25 cm (Tableau 6 B). D'ici là, un changement de régime alimentaire devrait avoir lieu, où le cannibalisme de petits sébastes et la prédation sur les crevettes devraient s'amplifier, si ces proies sont toujours disponibles. En effet, le régime alimentaire des sébastes pourrait se modifier, si par exemple, une absence de nouvelle cohorte de sébaste implique qu'il n'y ait plus de petits individus disponibles pour la consommation, ou si la diminution de la crevette nordique est telle qu'il est trop coûteux énergétiquement pour les sébastes de trouver et consommer ces proies. L'étude du régime alimentaire des sébastes se poursuivra dans les années à venir afin de mieux comprendre l'effet de la prédation sur les autres organismes du golfe du Saint-Laurent en fonction de leur distribution et de leur disponibilité.

PERSPECTIVE

L'arrivée imminente des cohortes des sébastes de 2011 à 2013 à des tailles dépassant la taille minimale réglementaire engendre un vif intérêt de la part de plusieurs parties prenantes, par exemple, les gouvernements provinciaux et fédéral, l'industrie (pêche, transformation et mise en marché), les peuples autochtones et les groupes environnementaux. Ainsi, la réouverture de la pêche commerciale dans l'unité 1 stimule le développement de nombreux projets de recherche et outils de gestion.

Depuis environ une décennie, les eaux du golfe du Saint-Laurent se réchauffent rapidement (Galbraith *et al.* 2017) et l'écosystème, dominé par les crustacés d'eau froide (crevette nordique, crabe des neiges) depuis 25 ans, est en voie de revenir à un état où il est dominé par les poissons de fond. Cette situation a mené à des projets conjoints, qui porteront sur le retour des poissons de fond dont le sébaste, avec Ressources Aquatiques Québec, un regroupement de chercheurs de différentes universités. Les objectifs principaux sont de 1) décrire les changements dans la structure spatiale et temporelle des communautés de poissons et d'invertébrés, 2) évaluer les effets de l'environnement et de la pêche sur ces changements, 3) mesurer les conséquences de ces changements sur les relations prédateur-proie, 4) développer des indicateurs de la composition des communautés et 5) mesurer les impacts des changements écosystémiques sur les activités de pêche. De plus, plusieurs études en partenariat avec l'industrie visent à développer une pêche efficace et durable des sébastes à l'aide d'un chalut pélagique au lieu d'un chalut de fond. Le but de ces projets est de minimiser la capture des prises accessoires (autres espèces et petits sébastes) tout en minimisant le contact entre l'engin et le fond, ainsi que d'améliorer notre connaissance des patrons de distribution des sébastes dans le temps et l'espace, et en fonction de la profondeur.

Étant donné l'ouverture attendue de la pêche commerciale aux sébastes prochainement, un processus d'Évaluation des stratégies de gestion visant les unités 1 et 2 a été complété en 2018 (MPO 2018e). L'Évaluation des stratégies de gestion est un processus décisionnel structuré pour tester les options de gestion et choisir celles qui offrent des résultats acceptables par rapport aux objectifs explicites de conservation et de la pêche. Cinq procédures de gestion d'un ensemble initial de 21 ont été sélectionnées pour un examen plus approfondi par le groupe de travail en mars 2018. Toutes les procédures de gestion potentielles utilisaient la même règle de contrôle des prises, mais différaient en ce qui concerne l'année où la règle de contrôle des prises a été mise en œuvre, les limites de l'ampleur des changements interannuels du total autorisé des captures, la présence ou l'absence de plafond maximal du total autorisé des captures, l'ajustement des limites des captures de la règle de contrôle des prises par un facteur de 0,8 et l'utilisation de totaux autorisés des captures fixes les premières années. Quatre procédures de gestion ont rencontré les objectifs du groupe de travail. Cette Évaluation des stratégies de gestion offre un outil efficace, permettant une gestion durable de la ressource basée sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles actuellement.

Un autre défi de la gestion des populations de sébaste, concerne le manque de données de la composition spécifique de la pêche commerciale. Effectivement, bien que les enjeux de conservation, les points de référence de l'approche de précaution et les modèles opératoires de l'Évaluation des stratégies de gestion soient déterminés spécifiquement pour une espèce, très peu de programme d'échantillonnage et de données existent afin de partitionner efficacement les captures de la pêche commerciale entre *S. mentella* et *S. fasciatus*. Ce manque d'information complique la gestion de la ressource puisque la proportion d'individus qui est prélevée pour chaque espèce n'est pas connue. Un décompte précis et systématique des rayons mous de la nageoire anale d'un sous-échantillon des captures, couvrant une fraction significative des traits de pêche dans le temps et l'espace, permettrait d'estimer ce qui est effectivement prélevé par l'industrie pour chacune des espèces.

Il demeure des lacunes dans les connaissances fondamentales dont dispose le gouvernement pour gérer cette ressource. Un des éléments critiques du cycle de vie des sébastes est son recrutement sporadique, où le succès de la reproduction est hautement variable entre les années. Mieux comprendre ce qui affecte le succès de la reproduction permettrait de raffiner les projections à long terme du stock et de mieux circonscrire les moments d'ouverture et de fermeture de la saison et des zones de pêche, afin de limiter la pression induite par l'exploitation de la ressource lors de sa reproduction. De plus, l'ogive de maturité permet

d'estimer la biomasse mature du stock et ainsi d'évaluer les points de référence d'écouant de l'approche de précaution. Les données les plus récentes concernant la période de reproduction et l'ogive de maturité des stocks des sébastes des unités 1 et 2 datent des années 1990 (Gascon 2003). Réviser ces paramètres a été identifié comme prioritaire par les gestionnaires du groupe de travail sur les poissons de fond du MPO à maintes reprises, dont entre autres en novembre 2016 et en octobre 2017. Cette augmentation sans précédent des populations des sébastes offre également l'opportunité d'étudier comment les facteurs dépendants de la densité peuvent affecter la dynamique des populations. Effectivement, quand une population approche de la capacité de support du milieu et que les ressources se font plus rares, il est fréquent d'observer des changements dans les traits de cycle de vie, comme une diminution de la taille maximale, une augmentation de la mortalité ou une réduction de la croissance.

RÉFÉRENCES

- Anderson, J.T. 1994. Feeding ecology and condition of larval and pelagic juvenile redfish *Sebastes* spp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104: 211-226
- Atkinson, D.B., et Power, D. 1991. [The redfish stock issue in 3P, 4RST, and 4VWX](#). CAFSAC Res. Doc. 91/38, 47 p.
- Bourdages, H., Savard, L., Archambault, D., et Valois, S. 2007. Résultats des expériences de pêche comparative d'août 2004 et 2005 dans le nord du golfe du Saint-Laurent, entre le NGCC Alfred Needler et le NGCC Teleost. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2750 : ix + 57 p.
- Bourdages, H., Brassard, C., Desgagnés, M., Galbraith, P., Gauthier, J., Nozères, C., Senay, C., Scallon-Chouinard, P.-M. et Smith, A. 2018. [Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d'août 2017 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/036. iv + 90 p.
- Brassard, C., Bourdages, H., Duplisea, D., Gauthier, J., et Valentin, A. 2017. [L'état des stocks de sébaste \(*Sebastes fasciatus* et *S. mentella*\) de l'unité 1 \(golfe du Saint-Laurent\) en 2015](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2017/023. ix + 54 p.
- Desrosiers, B., Sévigny, J.-M., et Chanut, J.-P. 1999. Restriction fragment length polymorphism of rDNA in the redfishes *Sebastes fasciatus* and *S. mentella* (Scorpaenidae) from the Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Zool.* 77 : 267–277.
- Duplisea, D.E., Power, D., et Comeau, P. 2012. [Reference points for eastern Canadian redfish \(*Sebastes*\) stocks](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/105. ii + 22 p.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefavre, D., Brickman, D., Devine, L., et Lafleur, C. 2017. [Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/044. v + 91 p.
- Gascon, D. (éd.). 2003. Programme de recherche multidisciplinaire sur le sébaste (1995- 1998) : Rapport final. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2462 : xiv + 148 p.
- Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 37 : 2272-2275.
- Hamon, P.-Y. 1972. Le sébaste, *Sebastes marinus* sp. Lieux de pêche, biologie, exploitation. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 36(3), 1972, p. 337–352.
- Legendre, P., et Legendre, L.F. 2012. Numerical ecology, vol 20. Elsevier, Amsterdam.
- Morin, B., Power, D., et Gagnon, P. 1994. [Distribution of redfish \(*Sebastes* spp.\) in the Gulf of St. Lawrence and in Laurentian Channel based on RV surveys and commercial fishery catch rates](#). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/91, 52 p
- MPO. 2010. [Évaluation des stocks de sébastes \(*Sebastes fasciatus* et *S. mentella*\) des unités 1 et 2 en 2009](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2010/037.
- MPO. 2011. [Évaluation du potentiel de rétablissement du sébaste \(*Sebastes fasciatus* et *S. mentella*\) dans l'Atlantique Nord-Ouest](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/044. (Erratum : juin 2013).
- MPO. 2016a. [Évaluation des stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve \(Division 4R\) en 2015](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/024.

-
- MPO. 2016b. [Évaluation de la morue franche \(*Gadus morhua*\) du sud du golfe du Saint-Laurent \(Div. de l'OPANO 4T-4Vn \(nov. – avril\)\) jusqu'en 2014](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/061.
- MPO. 2017a. [Évaluation des stocks de hareng de la Côte-Nord du Québec \(Division 4S\) en 2016](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/027.
- MPO. 2017b. [Évaluation du stock de maquereau bleu du nord-ouest de l'Atlantique \(sous-régions 3 et 4\) en 2016](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/034.
- MPO. 2017c. [Évaluation du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent \(3Pn, 4RS\) en 2016](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/042.
- MPO. 2018a. [Évaluation des stocks de sébaste \(*Sebastes mentella* et *S. fasciatus*\) des unités 1 et 2 en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis Sci. 2018/032.
- MPO. 2018b. [Évaluation du stock de flétan du Groenland du golfe du Saint-Laurent \(4RST\) en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/035.
- MPO. 2018c. [Évaluation du stock de flétan atlantique du golfe du Saint-Laurent \(4RST\) en 2016](#). MPO Can. Consult. Sci. Sec. Sci. Advis. Rep. 2017/052.
- MPO. 2018d. [Évaluation des stocks de crevette nordique de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/015.
- MPO. 2018e. [Évaluation des stratégies de gestion du sébaste des unités 1 et 2](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis. Sci. 2018/033.
- Ni, I-H., et Templeman, W. 1985. Reproductive cycles of Redfishes (*Sebastes*) in Southern Newfoundland waters. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 6 : 57-63.
- Nozères, C., Archambault, D., Chouinard, P.-M., Gauthier, J., Miller, R., Parent, E., Schwab, P., Savard, L. et Dutil, J.-D. 2010. Guide d'identification des poissons marins de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent et protocoles suivis pour leur échantillonnage lors des relevés par chalut entre 2004 et 2008. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2866 : xi + 243 p.
- Power, D. 2003. Analyse rétrospective de la distribution des prises de sébaste : déductions sur les migrations du sébaste par analyse des renseignements des journaux de pêche commerciale dans les unités de gestion 1 à 3 de 1988 à 1992. pp 57–70. In : Gascon, D. (éd.). 2003. Programme de recherche multidisciplinaire sur le sébaste (1995-1998) : Rapport final. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2462 : xiv + 148 p.
- Roques, S., Duchesne, P., et Bernatchez, L. 1999. Potential of microsatellites for individual assignment: the North Atlantic redfish (genus *Sebastes*) species complex as a case study. Mol. Ecol. 8 : 1703–1717.
- Roques, S., Sévigny, J.-M., et Bernatchez, L. 2001. Evidence for broadscale introgressive hybridization between two redfish (genus *Sebastes*) in the Northwest Atlantic redfish: a rare example. Mol. Ecol. 10 : 149–165.
- Roques, S., Sévigny, J.-M., et Bernatchez, L. 2002. Genetic structure of deep-water redfish, *Sebastes mentella*, populations across the North Atlantic. Mar. Biol. 140: 297-307.
- Rubec, P. J., McGlade, J.M., Trottier, B.L., et Ferron, A. 1991. Evaluation of methods for separation of Gulf of St Lawrence beaked redfishes, *S. fasciatus* and *S. mentella*: malate deshydrogenase mobility patterns compared with extrinsic gasbladder muscle passages and anal fin ray counts. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48 : 640–660.
-

-
- Runge, J. A., et Y. de Lafontaine. 1996. Characterization of the pelagic ecosystem on the northern Gulf of St. Lawrence in early summer: the larval redfish – *Calanus* – microplankton interaction. *Fish. Oceanogr.* 5:21-37.
- Savenkoff, C., Bourdages, H., Castonguay, M., Morissette, L., Chabot, D., et Hammill, M. O. 2004. Input data and parameter estimates for ecosystem models of the northern Gulf of St. Lawrence (mid-1990s): *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2531: vi+93 pp.
- Scherrer, B. 2007. *Biostatistique. Volume 1.* Gaetan Morin.
- Valentin, A., Sévigny, J.-M., Power, D., Branton, R.M., et Morin, B. 2006. Extensive sampling and concomitant use of meristic characteristics and variation at the MDH-A* locus reveal new information on redfish species distribution and spatial pattern of introgressive hybridization in the Northwest Atlantic. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 36 : 1–16.
- Valentin, A.E., Penin, X., Chanut, J.-P., Power, D., et Sévigny, J.-M. 2014. Combining microsatellites and geometric morphometrics for the study of redfish (*Sebastes* spp.) population structure in the Northwest Atlantic. *Fish. Res.* 154 : 102–119. doi.org/10.1016/j.fishres.2014.02.008.
- Zuur, A., Ieno, E.N., Walker, N., Saveliev, A.A., et Smith, G.M. 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R.* Springer, Berlin.

TABLEAUX

*Tableau 1. Débarquements annuels (1^{er} janvier au 31 décembre) et totaux autorisés de captures (TAC) par année de gestion (voir section Historique) de *Sebastes* spp. (tonne) par division et sous-division de l'OPANO dans l'unité 1 de 1953 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.*

| Année | Débarquement (tonne) | | | | | | TAC |
|-------------------|----------------------|--------|--------|------------|------------|---------|--------|
| | 4R | 4S | 4T | 3Pn | 4Vn | Total | |
| | | | | Jan. - Mai | Jan. - Mai | | |
| 1953 | 5 981 | 48 | 2 337 | 0 | 0 | 8 366 | - |
| 1954 | 12 867 | 3 048 | 16 853 | 0 | 0 | 32 768 | - |
| 1955 | 38 520 | 8 739 | 2 598 | 0 | 0 | 49 857 | - |
| 1956 | 25 675 | 17 900 | 3 259 | 0 | 0 | 46 834 | - |
| 1957 | 17 977 | 13 365 | 2 989 | 0 | 0 | 34 331 | - |
| 1958 | 9 716 | 11 076 | 1 778 | 0 | 0 | 22 570 | - |
| 1959 | 9 744 | 5 620 | 1 614 | 0 | 135 | 17 113 | - |
| 1960 | 5 512 | 4 678 | 2 028 | 0 | 612 | 12 830 | - |
| 1961 | 3 927 | 4 482 | 1 982 | 2 | 669 | 11 062 | - |
| 1962 | 1 609 | 3 444 | 1 532 | 5 | 561 | 7 151 | - |
| 1963 | 6 908 | 9 674 | 3 212 | 443 | 580 | 20 817 | - |
| 1964 | 9 967 | 16 843 | 2 890 | 243 | 581 | 30 524 | - |
| 1965 | 20 115 | 23 517 | 5 195 | 3 232 | 770 | 52 829 | - |
| 1966 | 33 057 | 24 133 | 8 025 | 1 881 | 866 | 67 962 | - |
| 1967 | 30 855 | 30 713 | 8 468 | 995 | 874 | 71 905 | - |
| 1968 | 43 643 | 40 228 | 7 092 | 668 | 3 633 | 95 264 | - |
| 1969 | 36 683 | 41 352 | 10 840 | 1 912 | 1 533 | 92 320 | - |
| 1970 | 37 419 | 40 917 | 9 252 | 1 521 | 1 394 | 90 503 | - |
| 1971 | 27 954 | 43 540 | 7 912 | 593 | 2 190 | 82 189 | - |
| 1972 | 26 084 | 46 788 | 7 457 | 128 | 2 135 | 82 592 | - |
| 1973 | 68 074 | 47 594 | 14 496 | 1 521 | 4 416 | 136 101 | - |
| 1974 | 30 896 | 25 684 | 6 909 | 1 505 | 2 087 | 67 081 | - |
| 1975 | 30 838 | 28 499 | 6 064 | 3 378 | 1 273 | 70 052 | - |
| 1976 | 19 963 | 16 394 | 1 626 | 4 523 | 1 872 | 44 378 | 30 000 |
| 1977 | 5 620 | 7 906 | 2 314 | 772 | 460 | 17 072 | 18 000 |
| 1978 | 3 084 | 6 352 | 4 155 | 1 067 | 276 | 14 934 | 18 000 |
| 1979 | 3 763 | 7 629 | 3 642 | 1 185 | 206 | 16 425 | 16 000 |
| 1980 | 4 809 | 8 125 | 1 898 | 527 | 180 | 15 539 | 16 000 |
| 1981 | 7 685 | 10 173 | 2 691 | 973 | 523 | 22 045 | 20 000 |
| 1982 ¹ | 9 410 | 13 824 | 3 222 | 63 | 212 | 26 731 | 31 000 |
| 1983 ¹ | 10 463 | 11 495 | 2 547 | 322 | 147 | 24 974 | 33 000 |
| 1984 | 12 123 | 12 700 | 9 988 | 936 | 80 | 35 827 | 33 000 |
| 1985 | 11 479 | 13 029 | 3 559 | 201 | 65 | 28 333 | 50 600 |
| 1986 | 11 151 | 18 479 | 3 963 | 2 540 | 281 | 36 414 | 55 600 |
| 1987 | 11 547 | 16 772 | 5 992 | 3 234 | 5 901 | 43 446 | 50 000 |

| Année | Débarquement (tonne) | | | | | | TAC |
|-------------------|----------------------|--------|-------|------------|------------|--------|--------|
| | 4R | 4S | 4T | 3Pn | 4Vn | Total | |
| | | | | Jan. - Mai | Jan. - Mai | | |
| 1988 | 15 518 | 14 480 | 8 828 | 6 917 | 6 149 | 51 892 | 56 000 |
| 1989 | 17 805 | 15 419 | 9 755 | 5 440 | 4 063 | 52 482 | 57 000 |
| 1990 | 26 985 | 17 740 | 5 397 | 5 671 | 6 141 | 61 934 | 57 000 |
| 1991 | 40 661 | 3 984 | 6 494 | 10 349 | 6 039 | 67 527 | 57 000 |
| 1992 | 30 000 | 11 385 | 8 151 | 14 111 | 14 106 | 77 753 | 57 000 |
| 1993 ² | 16 475 | 4 769 | 4 132 | 17 387 | 8 392 | 51 156 | 60 000 |
| 1994 | 2 745 | 2 378 | 5 166 | 5 085 | 4 211 | 19 586 | 30 689 |
| 1995 ³ | 27 | 8 | 13 | 0 | 2 | 50 | 0 |
| 1996 | 28 | 3 | 41 | 1 | 0 | 74 | 0 |
| 1997 | 6 | 10 | 20 | 0 | 1 | 38 | 0 |
| 1998 ⁴ | 118 | 86 | 190 | 0 | 5 | 399 | 1 000 |
| 1999 | 589 | 63 | 456 | 0 | 2 | 1 110 | 2 000 |
| 2000 | 794 | 53 | 258 | 11 | 1 | 1 117 | 2 000 |
| 2001 | 711 | 6 | 370 | 84 | 3 | 1 173 | 2 000 |
| 2002 | 689 | 50 | 466 | 13 | 6 | 1 224 | 2 000 |
| 2003 | 484 | 65 | 288 | 0 | 1 | 838 | 2 000 |
| 2004 | 486 | 34 | 413 | 0 | 9 | 941 | 2 000 |
| 2005 | 562 | 87 | 325 | 0 | 2 | 975 | 2 000 |
| 2006 | 126 | 52 | 512 | | 4 | 694 | 2 000 |
| 2007 | 5 | 22 | 78 | 0 | 0 | 106 | 2 000 |
| 2008 | 62 | 9 | 348 | 0 | 1 | 420 | 2 000 |
| 2009 | 95 | 15 | 525 | 0 | 0 | 635 | 2 000 |
| 2010 | 164 | 53 | 330 | 0 | 2 | 549 | 2 000 |
| 2011 | 113 | 42 | 475 | 0 | 1 | 630 | 2 000 |
| 2012 | 148 | 172 | 378 | 0 | 1 | 699 | 2 000 |
| 2013 | 65 | 121 | 280 | 0 | 0 | 466 | 2 000 |
| 2014 | 37 | 34 | 287 | 0 | 9 | 366 | 2 000 |
| 2015 | 8 | 55 | 366 | 0 | 0 | 429 | 2 000 |
| 2016 ⁵ | 65 | 47 | 231 | 0 | 9 | 352 | 2 000 |
| 2017 ⁵ | 29 | 32 | 120 | 11 | 0 | 192 | 2 000 |

¹ TAC Modifié au cours de l'année

² 1993 Début de l'unité 1 de gestion des sébastes

³ 1995 Moratoire

⁴ 1998 Mise en place de la pêche indicatrice

⁵ Données préliminaires

Tableau 2. Pourcentage d'occurrence (%), biomasse (kg), pourcentage des prises qui est rapporté (%) et pourcentage de chaque espèce en fonction de la biomasse des sébastes d'après les données des observateurs en mer dans le cadre de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016.

| Nom | Occurrence (%) | Biomasse (kg) | Rapporté (%) | Prise accessoire / Sébastes (%) |
|-----------------------|----------------|---------------|--------------|---------------------------------|
| Sébastes | 99,4 | 1 875 423 | 99,8 | 100 |
| Flétan du Groenland | 73,3 | 79 049 | 99,8 | 4,2 |
| Merluche blanche | 57,7 | 22 712 | 84,5 | 1,2 |
| Plie grise | 40,8 | 3 455 | 98,1 | 0,1 |
| Morue franche | 37,5 | 26 205 | 99,3 | 1,4 |
| Raie épineuse | 33,6 | 6 821 | 21 | 0,4 |
| Flétan atlantique | 25,3 | 8 553 | 84 | 0,5 |
| Raies | 25,1 | 5 893 | 1,4 | 0,3 |
| Crabe épineux du nord | 20,9 | 1 289 | 1,4 | 0,1 |
| Baudroie d'Amérique | 19,7 | 1 554 | 90,4 | 0,1 |
| Aiguillat commun | 14,2 | 3 933 | 0,1 | 0,2 |
| Aiguillat noir | 14,2 | 9 944 | 7,3 | 0,5 |
| Plie canadienne | 10,8 | 689 | 99,4 | 0,03 |

Tableau 3. Percentile décrivant la distribution en profondeur des sébastes, du flétan du Groenland, de la merluche blanche, de la morue franche et du flétan atlantique d'après les données des observateurs en mer dans le cadre de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016.

| Percentile | Sébastes | Flétan du Groenland | Merluche blanche | Morue franche | Flétan atlantique |
|------------|----------|---------------------|------------------|---------------|-------------------|
| p5 | 252 | 247 | 246 | 204 | 215 |
| p10 | 263 | 265 | 251 | 209 | 234 |
| p25 | 280 | 305 | 276 | 215 | 273 |
| p50 | 308 | 366 | 298 | 235 | 300 |
| p75 | 369 | 415 | 320 | 271 | 331 |
| p90 | 426 | 433 | 347 | 304 | 416 |
| p95 | 445 | 437 | 379 | 318 | 429 |

Tableau 4. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) testant l'effet d'une interaction triple entre les types de chalut, les unités et les années sur les quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) décrivant la fréquence de taille des sébastes capturés par la pêche commerciale et échantillonnés par les observateurs en mer de 1978 à 2016. Seulement les facteurs significatifs sont présentés. La variance expliquée (AdjR²) et les pourcentages de différence (%) entre les chaluts et les unités sont indiqués.

| | Facteur | p.value | AdjR ² | % Différence Chalut | % Différence Unité |
|-----|----------------------------|---------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| Q10 | Chalut*Année + Unité*Année | 2,2E-16 | 0,22 | Pélagique 5% > Fond | Unité 1 2 % < Unité 2 |
| Q25 | Chalut*Année + Unité*Année | 2,2E-16 | 0,23 | Pélagique 3% > Fond | Unité 1 0,4 % < Unité 2 |
| Q50 | Chalut*Unité*Année | 2,2E-16 | 0,25 | Pélagique 0,3% > Fond | Unité 1 1 % > Unité 2 |
| G75 | Chalut*Unité*Année | 2,2E-16 | 0,25 | Pélagique 3% < Fond | Unité 1 2 % > Unité 2 |
| Q90 | Chalut*Unité*Année | 2,2E-16 | 0,24 | Pélagique 4% < Fond | Unité 1 2 % > Unité 2 |

Tableau 5. Indices d'abondance (1 000 000 individus, A) et de biomasse (1 000 t, B) dans les relevés de recherche du MPO de 1984 à 2017 pour *S. mentella*, *S. fasciatus* et *Sebastes spp.*, mesurant entre 0 et 22 cm, plus de 22 cm, plus de 25 cm et total.

A)

| Année | Abondance (1 000 000 individus) | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------|----------------------|--------|--------|--------|
| | <i>S. mentella</i> | | | | <i>S. fasciatus</i> | | | | <i>Sebastes spp.</i> | | | |
| | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total |
| 1984 | 1 922 | 758 | 741 | 2 680 | 4 166 | 474 | 436 | 4 640 | 6 088 | 1 232 | 1 177 | 7 320 |
| 1985 | 512 | 444 | 395 | 956 | 1 135 | 275 | 238 | 1 410 | 1 647 | 719 | 634 | 2 365 |
| 1986 | 685 | 572 | 459 | 1 257 | 706 | 344 | 272 | 1 050 | 1 390 | 916 | 731 | 2 306 |
| 1987 | 702 | 1 349 | 763 | 2 051 | 1 168 | 403 | 325 | 1 571 | 1 869 | 1 752 | 1 089 | 3 622 |
| 1988 | 203 | 1 107 | 889 | 1 310 | 679 | 1 193 | 898 | 1 872 | 883 | 2 299 | 1 787 | 3 182 |
| 1989 | 131 | 934 | 876 | 1 065 | 488 | 1 155 | 1 049 | 1 644 | 619 | 2 089 | 1 925 | 2 709 |
| 1990 | 718 | 1 111 | 1 091 | 1 829 | 2 597 | 739 | 707 | 3 336 | 3 315 | 1 850 | 1 798 | 5 165 |
| 1991 | 1 425 | 491 | 481 | 1 916 | 4 319 | 473 | 447 | 4 792 | 5 744 | 963 | 929 | 6 708 |
| 1992 | 232 | 370 | 353 | 602 | 698 | 524 | 480 | 1 222 | 930 | 894 | 833 | 1 824 |
| 1993 | 49 | 236 | 233 | 284 | 153 | 355 | 280 | 507 | 201 | 591 | 513 | 792 |
| 1994 | 41 | 115 | 113 | 156 | 71 | 142 | 136 | 214 | 112 | 257 | 249 | 370 |
| 1995 | 31 | 139 | 136 | 171 | 52 | 25 | 20 | 76 | 83 | 164 | 156 | 247 |
| 1996 | 37 | 109 | 105 | 146 | 54 | 22 | 18 | 76 | 91 | 131 | 123 | 222 |
| 1997 | 33 | 100 | 97 | 133 | 80 | 55 | 50 | 135 | 112 | 155 | 148 | 268 |
| 1998 | 43 | 48 | 46 | 91 | 241 | 160 | 92 | 401 | 285 | 207 | 138 | 492 |
| 1999 | 58 | 80 | 77 | 138 | 192 | 30 | 25 | 222 | 251 | 110 | 101 | 360 |
| 2000 | 80 | 82 | 78 | 162 | 315 | 36 | 30 | 351 | 395 | 118 | 109 | 513 |
| 2001 | 45 | 68 | 66 | 113 | 199 | 42 | 36 | 241 | 244 | 110 | 101 | 354 |
| 2002 | 31 | 123 | 118 | 153 | 149 | 34 | 27 | 184 | 180 | 157 | 145 | 337 |
| 2003 | 48 | 246 | 233 | 294 | 234 | 190 | 172 | 424 | 282 | 436 | 406 | 718 |
| 2004 | 16 | 39 | 37 | 56 | 129 | 38 | 28 | 167 | 146 | 77 | 64 | 223 |
| 2005 | 147 | 74 | 67 | 221 | 4 410 | 47 | 39 | 4 458 | 4 557 | 121 | 107 | 4 679 |
| 2006 | 94 | 35 | 33 | 128 | 1 924 | 106 | 78 | 2 030 | 2 018 | 141 | 111 | 2 159 |
| 2007 | 536 | 41 | 38 | 577 | 1 991 | 39 | 28 | 2 030 | 2 527 | 80 | 66 | 2 607 |
| 2008 | 16 | 205 | 186 | 221 | 525 | 114 | 104 | 639 | 541 | 319 | 290 | 860 |
| 2009 | 5 | 16 | 16 | 21 | 261 | 40 | 32 | 301 | 267 | 56 | 48 | 323 |
| 2010 | 16 | 175 | 155 | 191 | 255 | 44 | 34 | 299 | 271 | 219 | 189 | 490 |
| 2011 | 27 | 48 | 42 | 75 | 132 | 62 | 48 | 194 | 159 | 110 | 90 | 269 |
| 2012 | 19 | 54 | 50 | 73 | 257 | 58 | 44 | 315 | 276 | 112 | 94 | 388 |
| 2013 | 5 375 | 81 | 77 | 5 456 | 2 445 | 99 | 88 | 2 544 | 7 820 | 180 | 165 | 7 999 |
| 2014 | 5 308 | 88 | 83 | 5 396 | 3 180 | 95 | 74 | 3 275 | 8 487 | 183 | 157 | 8 670 |
| 2015 | 8 424 | 87 | 75 | 8 510 | 1 500 | 112 | 79 | 1 612 | 9 924 | 199 | 154 | 10 122 |
| 2016 | 21 477 | 177 | 92 | 21 654 | 1 132 | 106 | 79 | 1 238 | 22 609 | 283 | 171 | 22 892 |
| 2017 | 19 466 | 2 028 | 160 | 21 494 | 3 041 | 345 | 146 | 3 386 | 22 507 | 2 373 | 305 | 24 880 |

B)

| Année | Biomasse (1 000 tonnes) | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|---------------------|--------|--------|-------|----------------------|--------|--------|-------|
| | <i>S. mentella</i> | | | | <i>S. fasciatus</i> | | | | <i>Sebastes spp.</i> | | | |
| | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total | 0-22 cm | >22 cm | >25 cm | Total |
| 1984 | 57 | 388 | 385 | 445 | 121 | 234 | 227 | 355 | 178 | 622 | 612 | 800 |
| 1985 | 28 | 236 | 228 | 264 | 54 | 120 | 115 | 174 | 82 | 357 | 343 | 439 |
| 1986 | 61 | 288 | 271 | 349 | 54 | 136 | 124 | 189 | 115 | 423 | 395 | 538 |
| 1987 | 52 | 514 | 398 | 566 | 32 | 129 | 116 | 161 | 84 | 643 | 514 | 727 |
| 1988 | 8 | 382 | 345 | 389 | 23 | 385 | 334 | 408 | 31 | 767 | 679 | 797 |
| 1989 | 5 | 341 | 331 | 346 | 18 | 384 | 367 | 402 | 23 | 725 | 698 | 748 |
| 1990 | 15 | 492 | 488 | 507 | 44 | 281 | 275 | 325 | 59 | 773 | 763 | 832 |
| 1991 | 34 | 227 | 226 | 261 | 102 | 194 | 189 | 296 | 136 | 421 | 415 | 557 |
| 1992 | 8 | 162 | 158 | 170 | 25 | 219 | 211 | 244 | 33 | 381 | 369 | 414 |
| 1993 | 2 | 101 | 100 | 103 | 8 | 119 | 105 | 128 | 11 | 220 | 206 | 231 |
| 1994 | 2 | 59 | 59 | 61 | 4 | 73 | 72 | 77 | 6 | 132 | 131 | 138 |
| 1995 | 2 | 77 | 77 | 79 | 2 | 12 | 11 | 14 | 4 | 89 | 88 | 93 |
| 1996 | 2 | 62 | 61 | 64 | 2 | 10 | 10 | 12 | 4 | 72 | 71 | 76 |
| 1997 | 2 | 57 | 56 | 58 | 3 | 27 | 26 | 30 | 4 | 84 | 82 | 88 |
| 1998 | 2 | 28 | 28 | 30 | 10 | 53 | 39 | 62 | 12 | 81 | 67 | 92 |
| 1999 | 2 | 50 | 49 | 52 | 7 | 14 | 13 | 21 | 9 | 63 | 62 | 73 |
| 2000 | 4 | 51 | 50 | 55 | 12 | 19 | 18 | 31 | 16 | 70 | 68 | 85 |
| 2001 | 3 | 45 | 44 | 47 | 6 | 22 | 21 | 28 | 9 | 67 | 65 | 76 |
| 2002 | 2 | 78 | 77 | 80 | 7 | 15 | 14 | 22 | 8 | 93 | 91 | 102 |
| 2003 | 2 | 109 | 106 | 111 | 11 | 75 | 71 | 86 | 13 | 184 | 178 | 197 |
| 2004 | 1 | 25 | 25 | 27 | 8 | 15 | 12 | 22 | 9 | 40 | 37 | 49 |
| 2005 | 3 | 48 | 47 | 50 | 47 | 24 | 23 | 71 | 50 | 72 | 69 | 122 |
| 2006 | 10 | 25 | 25 | 36 | 78 | 39 | 33 | 117 | 88 | 64 | 58 | 152 |
| 2007 | 27 | 27 | 27 | 55 | 83 | 20 | 17 | 103 | 110 | 47 | 44 | 158 |
| 2008 | 1 | 91 | 87 | 92 | 27 | 51 | 49 | 78 | 28 | 142 | 136 | 170 |
| 2009 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 17 | 16 | 29 | 12 | 29 | 28 | 42 |
| 2010 | 1 | 72 | 68 | 73 | 15 | 21 | 19 | 37 | 17 | 93 | 87 | 110 |
| 2011 | 2 | 34 | 33 | 36 | 9 | 28 | 25 | 37 | 11 | 62 | 58 | 73 |
| 2012 | 1 | 40 | 39 | 40 | 12 | 24 | 22 | 36 | 12 | 64 | 60 | 76 |
| 2013 | 49 | 55 | 55 | 104 | 25 | 45 | 43 | 70 | 73 | 101 | 98 | 174 |
| 2014 | 141 | 62 | 61 | 203 | 72 | 38 | 34 | 111 | 214 | 100 | 96 | 314 |
| 2015 | 391 | 54 | 52 | 445 | 62 | 42 | 35 | 103 | 453 | 95 | 87 | 548 |
| 2016 | 1 510 | 61 | 47 | 1 572 | 63 | 39 | 34 | 102 | 1 574 | 100 | 81 | 1 674 |
| 2017 | 1 817 | 349 | 56 | 2 166 | 257 | 89 | 56 | 346 | 2 075 | 438 | 112 | 2 513 |

Tableau 6. Proportion de l'abondance (A) et de la biomasse (B) de *S. mentella* pour chaque cohorte (2011, 2012 et 2013) estimée pour différentes classes de taille à différentes années. Par exemple, 0,48, en gras dans le tableau (A), indique que 48 % des poissons de la cohorte de 2011 auront plus de 22 cm en 2018 et que 48 % des poissons de la cohorte de 2012 auront plus de 22 cm en 2019.

A)

| Cohorte 2013 Cohorte 2012 Cohorte 2011 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|---|----------|----------|-------------|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| | Âge 5 | Âge 6 | Âge 7 | Âge 8 | Âge 9 | Âge 10 | Âge 11 | Âge 12 | Âge 13 | Âge 14 | Âge 15 | Âge 16 |
| >20 cm | 0,12 | 0,52 | 0,84 | 0,96 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >21 cm | 0,04 | 0,31 | 0,68 | 0,89 | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >22 cm | 0,01 | 0,14 | 0,48 | 0,77 | 0,92 | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >23 cm | 0,00 | 0,05 | 0,29 | 0,60 | 0,82 | 0,93 | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >24 cm | 0,00 | 0,01 | 0,14 | 0,42 | 0,69 | 0,85 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| >25 cm | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,25 | 0,51 | 0,73 | 0,87 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 |
| >26 cm | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,12 | 0,34 | 0,58 | 0,76 | 0,87 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 0,99 |
| >27 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,19 | 0,41 | 0,62 | 0,77 | 0,87 | 0,93 | 0,96 | 0,98 |
| >28 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,10 | 0,26 | 0,46 | 0,64 | 0,77 | 0,86 | 0,92 | 0,95 |
| >29 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,14 | 0,31 | 0,49 | 0,65 | 0,76 | 0,85 | 0,90 |
| >30 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,18 | 0,34 | 0,50 | 0,64 | 0,75 | 0,83 |

B)

| Cohorte 2013 Cohorte 2012 Cohorte 2011 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|---|----------|----------|-------------|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| | Âge 5 | Âge 6 | Âge 7 | Âge 8 | Âge 9 | Âge 10 | Âge 11 | Âge 12 | Âge 13 | Âge 14 | Âge 15 | Âge 16 |
| >20 cm | 0,19 | 0,63 | 0,90 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >21 cm | 0,07 | 0,41 | 0,77 | 0,94 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >22 cm | 0,02 | 0,21 | 0,59 | 0,85 | 0,95 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >23 cm | 0,00 | 0,09 | 0,39 | 0,71 | 0,89 | 0,96 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >24 cm | 0,00 | 0,03 | 0,21 | 0,53 | 0,78 | 0,91 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| >25 cm | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,34 | 0,62 | 0,82 | 0,92 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| >26 cm | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,19 | 0,45 | 0,69 | 0,84 | 0,92 | 0,96 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| >27 cm | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,28 | 0,52 | 0,72 | 0,85 | 0,92 | 0,96 | 0,98 | 0,99 |
| >28 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,15 | 0,35 | 0,57 | 0,74 | 0,85 | 0,92 | 0,95 | 0,97 |
| >29 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,21 | 0,41 | 0,60 | 0,75 | 0,84 | 0,91 | 0,94 |
| >30 cm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,11 | 0,26 | 0,44 | 0,61 | 0,74 | 0,83 | 0,89 |

Tableau 7. Résultats des modèles mixtes évaluant l'effet de la profondeur (Prof), de l'année et de la strate sur différents quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) décrivant la taille des sébastes d'après les relevés de recherche du MPO de 1984 à 2017. Les effets fixes et aléatoires, les valeurs d'AIC, et les R² marginaux et conditionnels sont présentés.

| Variable Réponse | Effet Fixe | Effet Aléatoire | AIC | Δ AIC | R ² Marginal | R ² Conditionnel |
|------------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|
| Q10 | ~1 | Année | 9 250 | 939 | 0,00 | 0,09 |
| Q10 | ~1 | Strate | 8 626 | 315 | 0,00 | 0,47 |
| Q10 | ~1 | Année/Strate | 9 252 | 941 | 0,00 | 0,88 |
| Q10 | Prof | Année | 8 613 | 302 | 0,34 | 0,43 |
| Q10 | Prof | Strate | 8 558 | 247 | 0,35 | 0,47 |
| Q10 | Prof | Année/Strate | 8 615 | 304 | 0,34 | 0,93 |
| Q10 | Prof+Année | Strate | 8 311 | 0 | 0,44 | 0,55 |
| Q25 | ~1 | Année | 9 570 | 1 039 | 0,00 | 0,08 |
| Q25 | ~1 | Strate | 8 840 | 309 | 0,00 | 0,51 |
| Q25 | ~1 | Année/Strate | 9 572 | 1 041 | 0,00 | 0,88 |
| Q25 | Prof | Année | 8 855 | 324 | 0,38 | 0,45 |
| Q25 | Prof | Strate | 8 767 | 236 | 0,38 | 0,50 |
| Q25 | Prof | Année/Strate | 8 857 | 326 | 0,38 | 0,93 |
| Q25 | Prof+Année | Strate | 8 531 | 0 | 0,46 | 0,58 |
| Q50 | ~1 | Année | 9 910 | 1 108 | 0,00 | 0,08 |
| Q50 | ~1 | Strate | 9 133 | 331 | 0,00 | 0,54 |
| Q50 | ~1 | Année/Strate | 9 912 | 1 110 | 0,00 | 0,88 |
| Q50 | Prof | Année | 9 136 | 334 | 0,40 | 0,47 |
| Q50 | Prof | Strate | 9 055 | 253 | 0,41 | 0,52 |
| Q50 | Prof | Année/Strate | 9 138 | 336 | 0,40 | 0,93 |
| Q50 | Prof+Année | Strate | 8 802 | 0 | 0,48 | 0,60 |
| Q75 | ~1 | Année | 10 128 | 1 101 | 0,00 | 0,10 |
| Q75 | ~1 | Strate | 9 401 | 374 | 0,00 | 0,54 |
| Q75 | ~1 | Année/Strate | 10 130 | 1 103 | 0,00 | 0,88 |
| Q75 | Prof | Année | 9 368 | 341 | 0,39 | 0,48 |
| Q75 | Prof | Strate | 9 321 | 294 | 0,40 | 0,52 |
| Q75 | Prof | Année/Strate | 9 371 | 344 | 0,39 | 0,93 |
| Q75 | Prof+Année | Strate | 9 027 | 0 | 0,49 | 0,60 |

| Variable Réponse | Effet Fixe | Effet Aléatoire | AIC | Δ AIC | R^2 Marginal | R^2 Conditionnel |
|------------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|
| Q90 | ~1 | Année | 10 257 | 1 092 | 0,00 | 0,13 |
| Q90 | ~1 | Strate | 9 599 | 434 | 0,00 | 0,55 |
| Q90 | ~1 | Année/Strate | 10 259 | 1 094 | 0,00 | 0,89 |
| Q90 | Prof | Année | 9 519 | 354 | 0,37 | 0,48 |
| Q90 | Prof | Strate | 9 517 | 352 | 0,39 | 0,51 |
| Q90 | Prof | Année/Strate | 9 521 | 356 | 0,37 | 0,93 |
| Q90 | Prof+Année | Strate | 9 165 | 0 | 0,49 | 0,61 |

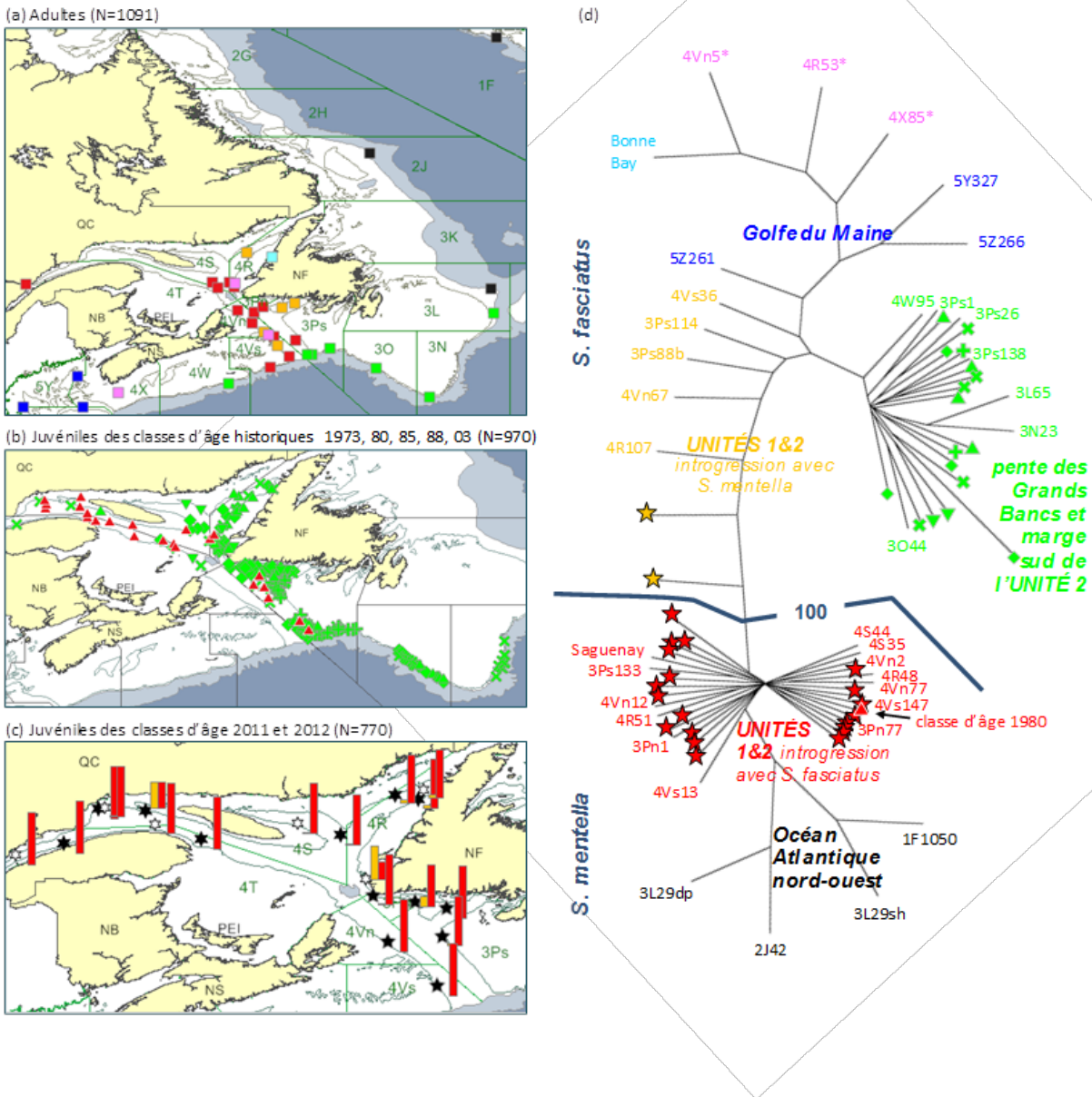


Figure 2. Position géographique des (a) 35 échantillons (■) de sébaste adulte (16 *S. mentella*, n=495; 19 *S. fasciatus*, n=596) analysés pour décrire la structure des populations, par espèce, dans l'Atlantique du nord-ouest; (b) 970 juvéniles appartenant aux cinq classes d'âge historiques [1973 (✚), 1980 (▲), 1985 (◆), 1988 (✘), 2003 (▼)] analysées pour documenter la dynamique et les patrons de recrutement des espèces; ces individus sont regroupés en 18 échantillons (17 *S. fasciatus* + 1 *S. mentella*), par classe d'âge et région, dans l'arbre génétique (voir panneau d); (c) 20 échantillons regroupant 770 juvéniles des abondantes classes d'âge de 2011 (★) et 2012 (☆), analysés pour en déterminer la composition spécifique et la population d'origine. Les histogrammes illustrent la proportion de *S. fasciatus* (■) et de *S. mentella* (■). En (d) l'arbre du plus proche voisin (neighbour-joining tree) a été construit à partir des distances génétiques calculées entre chaque paire d'échantillons. La séparation entre les espèces est statistiquement supportée à 100 %. Les échantillons d'adultes sont identifiés par une étiquette signalant leur provenance géographique (unité de gestion) et leur nom original; les noms des principales populations identifiées à partir des échantillons d'adultes sont indiqués. Les juvéniles sont identifiés avec des symboles de forme identique à ceux des cartes b et c. Pour toutes les figures, les couleurs illustrent l'identité génétique des échantillons différenciés sur la base des 13 loci microsatellites.

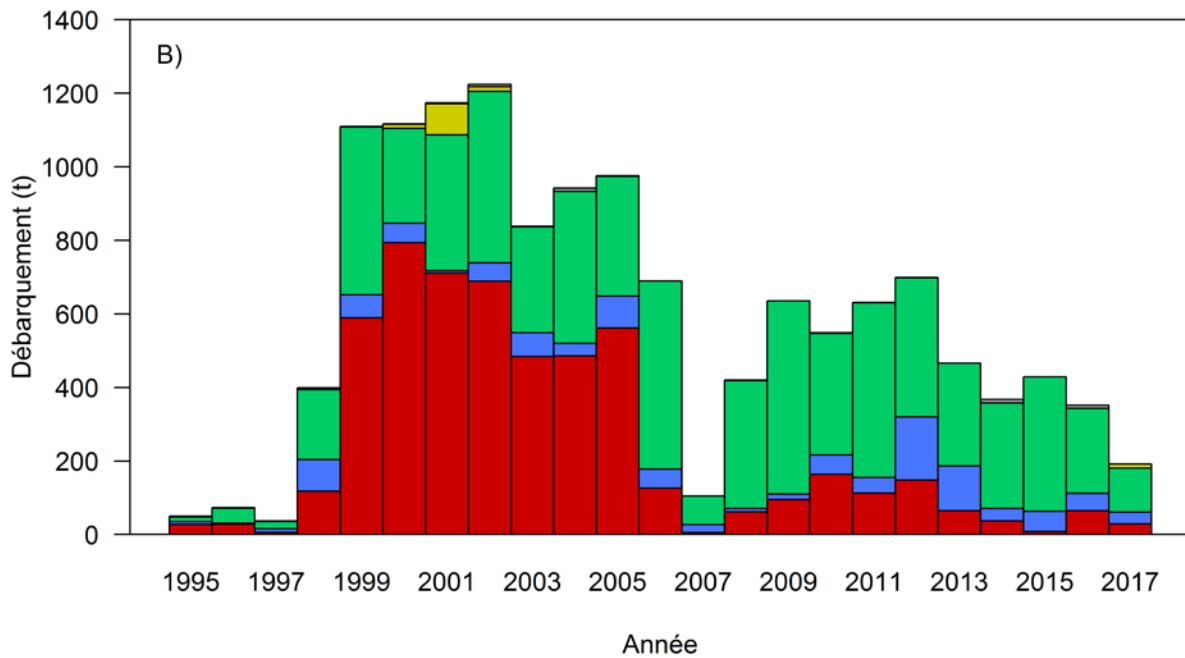
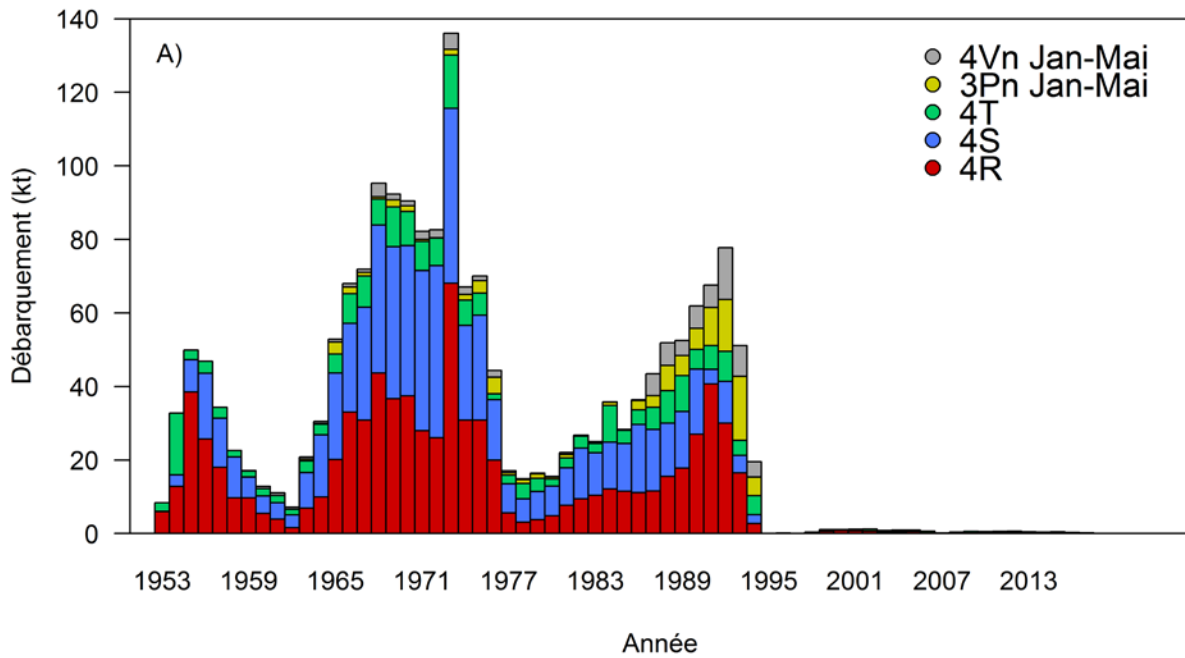


Figure 3. Débarquements annuels des sébastes de la pêche commerciale dans l'unité 1 par division et sous-division de l'Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) de 1953 à 2017 (A en milliers de tonnes) et de 1995 à 2017 (B en tonne). Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

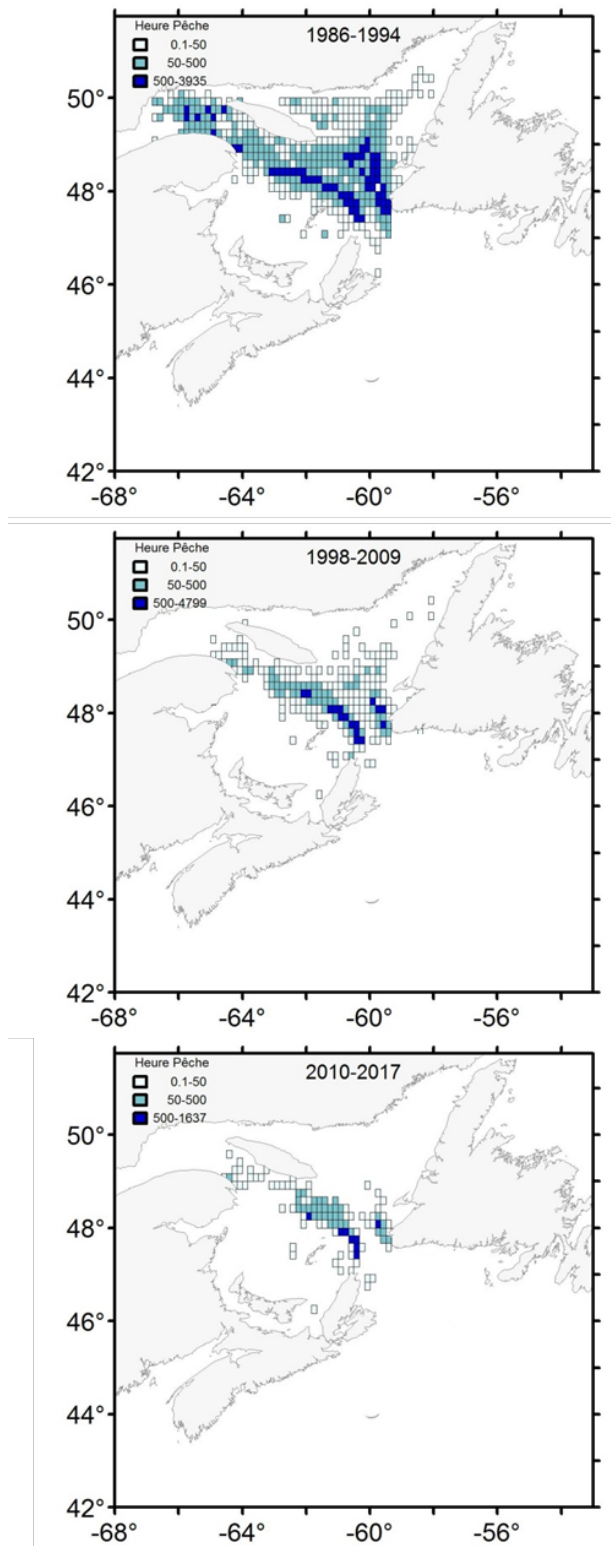


Figure 4. Distribution spatiale de l'effort de pêche (heure) de la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 au travers des années d'après les fichiers ZIFF. Ces données incluent la pêche dirigée aux sébastes exclusivement. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

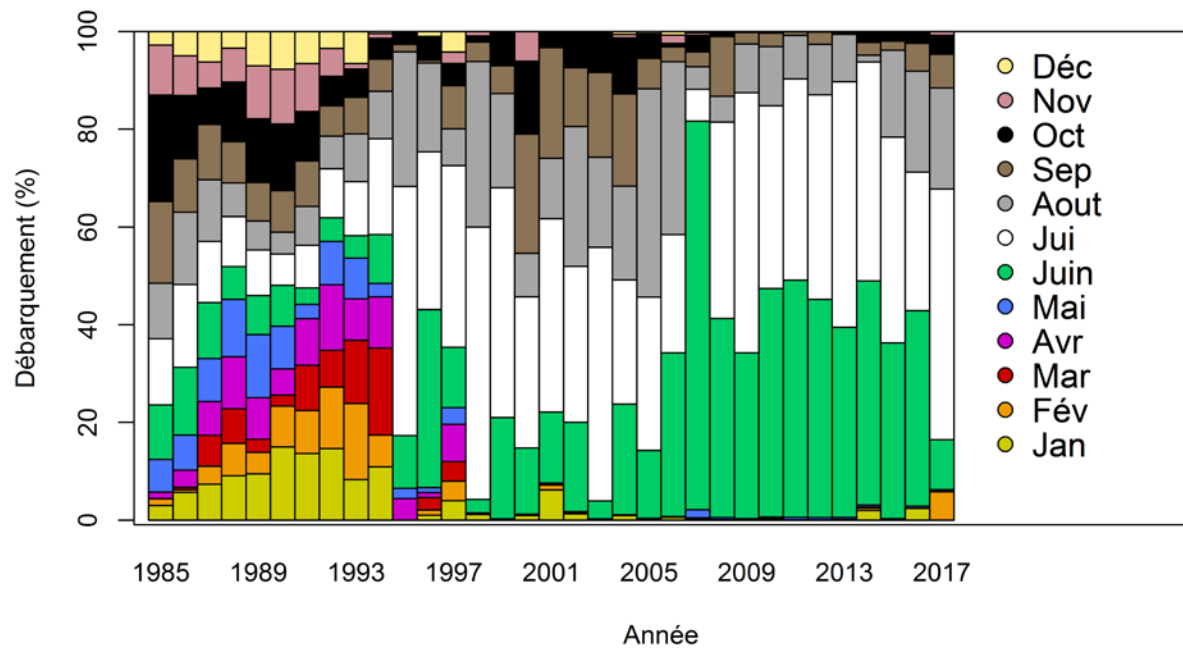


Figure 5. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par mois de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

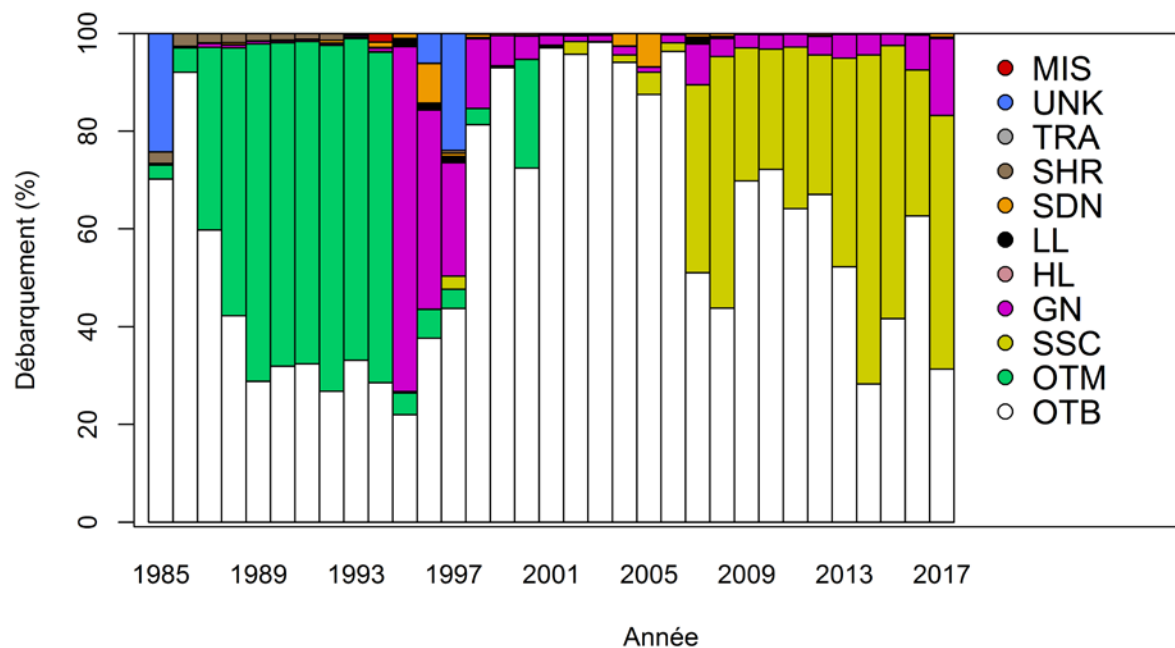


Figure 6. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par engin de pêche de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. OTB : chalut de fond, OTM : chalut pélagique, SSC : seine écossaise, GN : filet maillant, HL : ligne à la main, LL : palangre, SDN : seine danoise, SHR : crevettier, TRA : trappe, UNK : inconnu et MIS : divers.

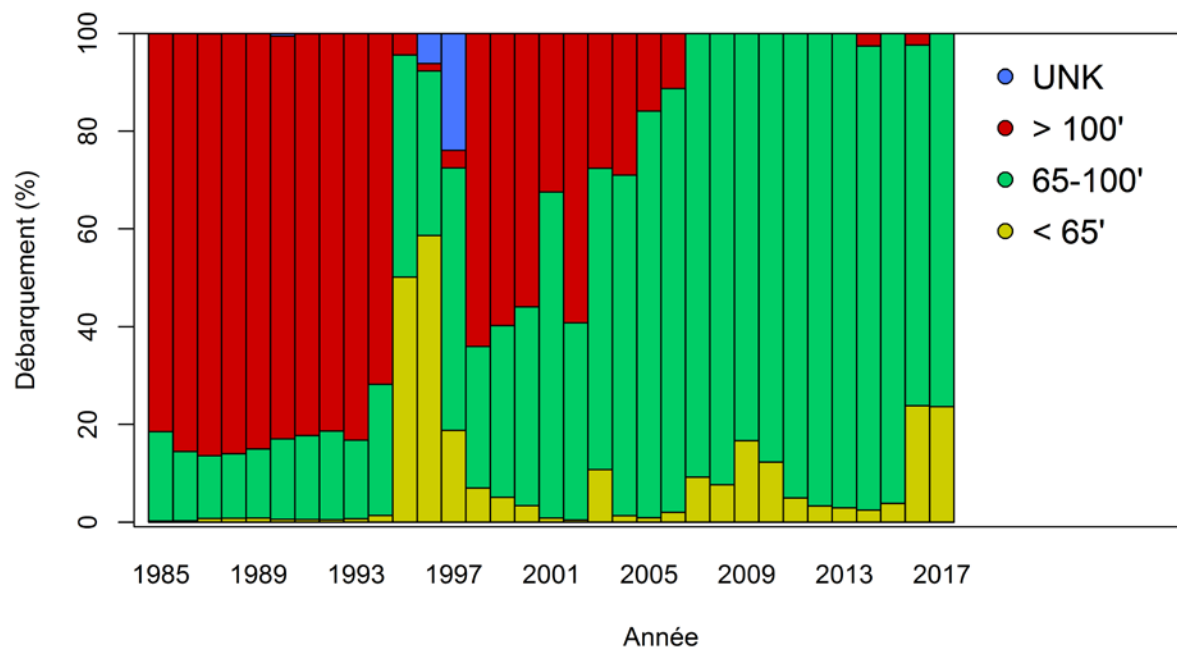


Figure 7. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 par taille de bateau (en pied) de 1985 à 2017. Ces données incluent les pêches dirigées à toutes les espèces. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. UNK : inconnu.

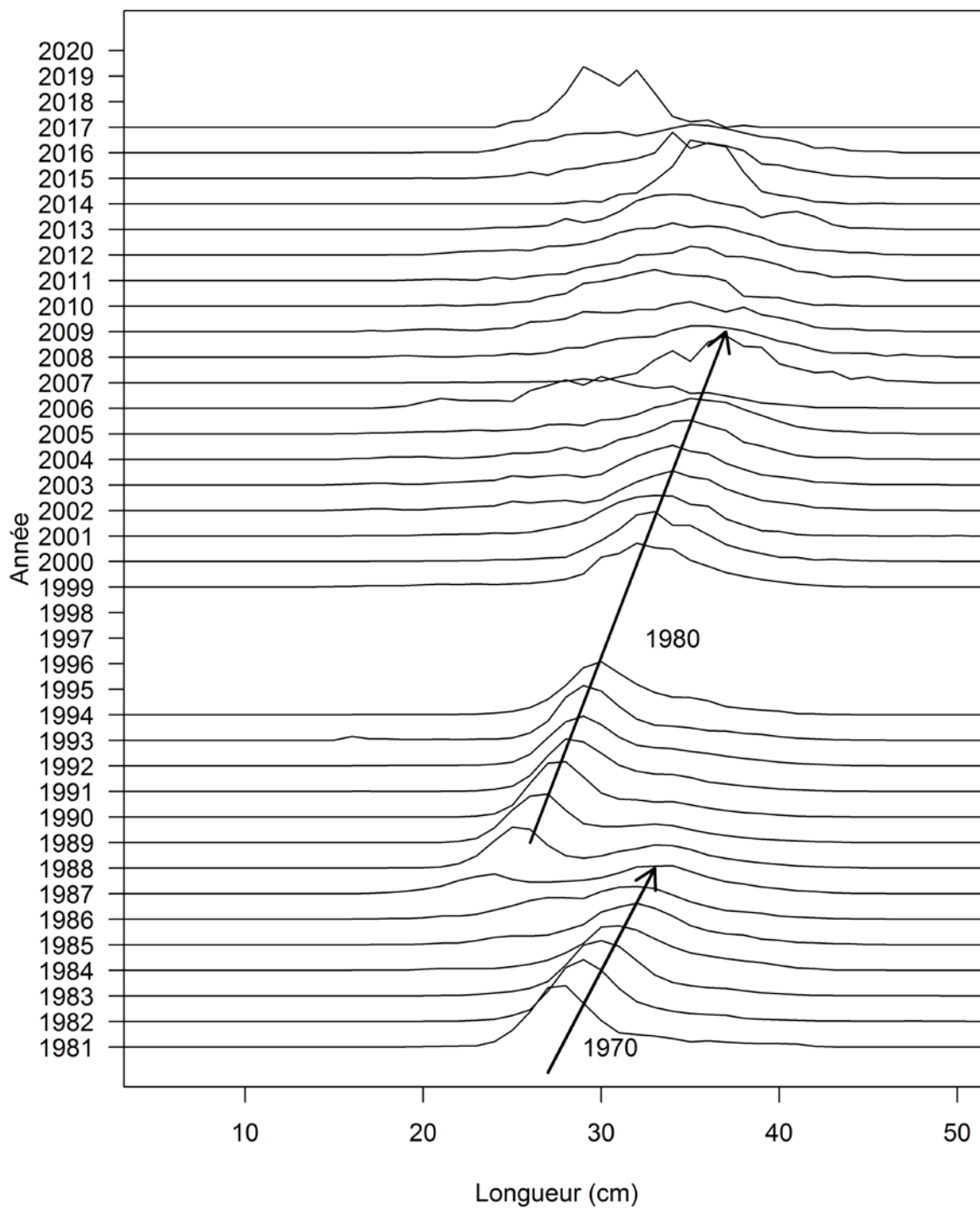


Figure 8. Fréquence de taille des captures commerciales en pourcentage dans l'unité 1 de 1981 à 2017. Aucune pêche dirigée aux sébastes n'a eu lieu de 1995 à 1997. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

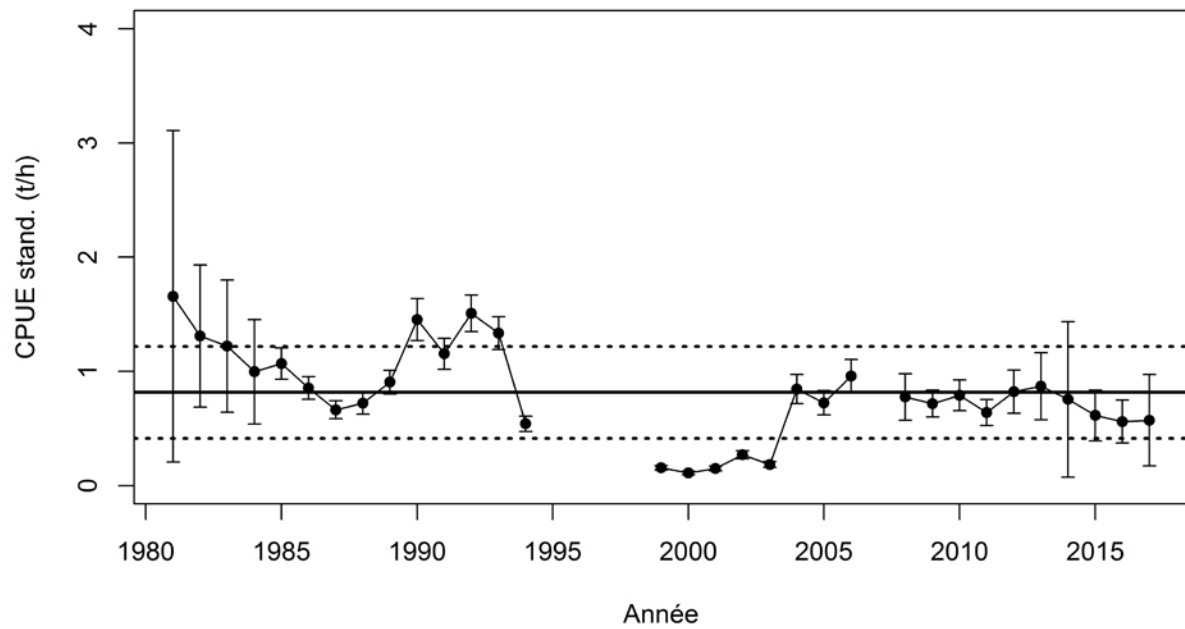


Figure 9. Captures par unité d'effort standardisées (CPUE moyennes, \pm 95 % d'intervalle de confiance) au chalut de fond dans l'unité 1 pour les activités de pêches commerciales menées entre mai et octobre (1981-1994) et de pêche indicatrice (1998-2017).

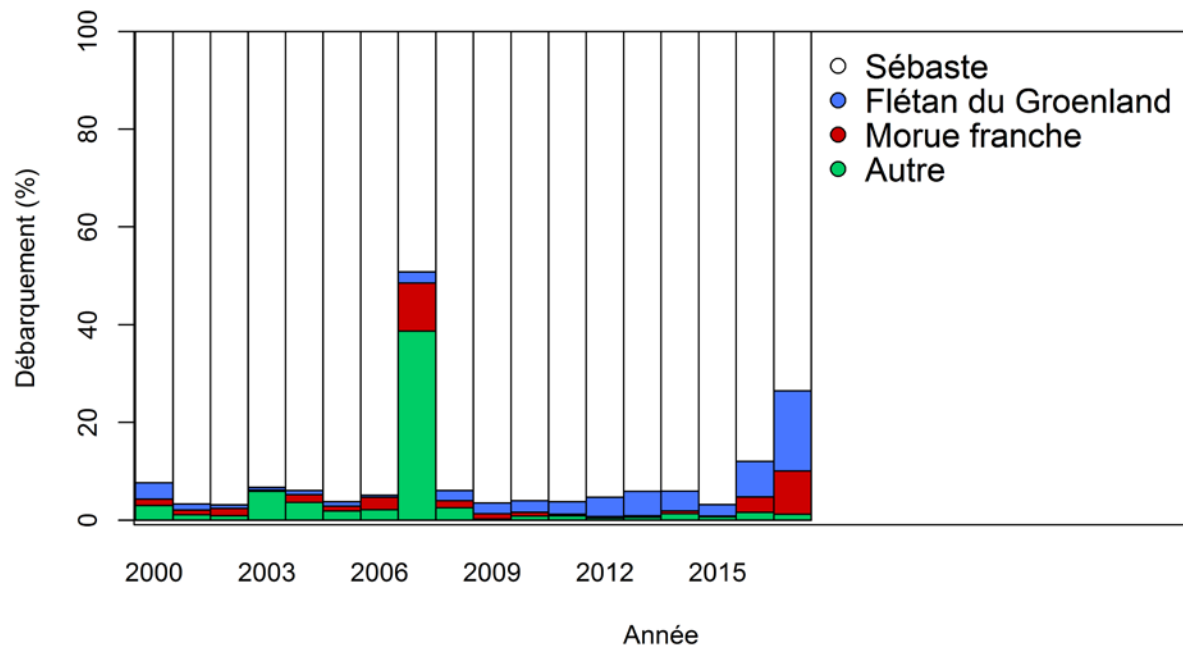


Figure 10. Débarquements annuels des sébastes (pourcentage de la biomasse) dans l'unité 1 en fonction de l'espèce pour laquelle la pêche est dirigée de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

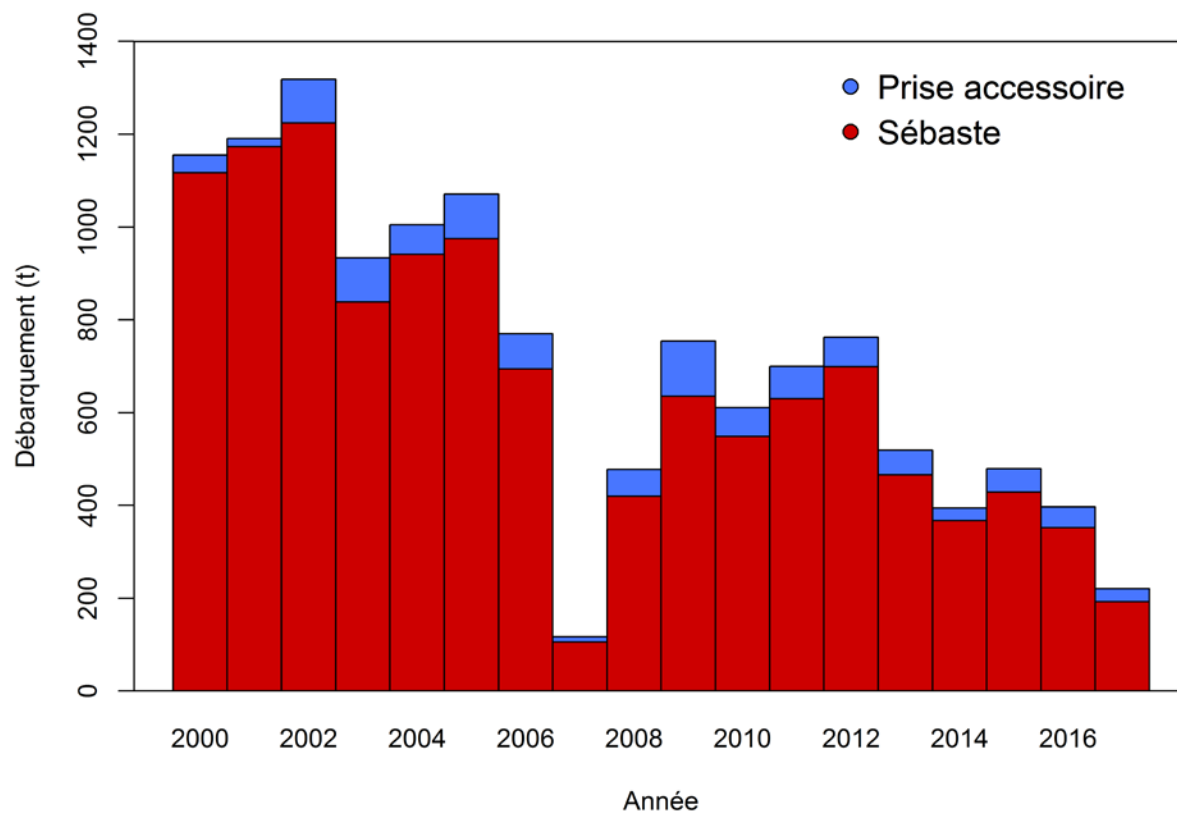


Figure 11. Débarquements annuels des sébastes et de prise accessoire (en tonnes) dans la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires.

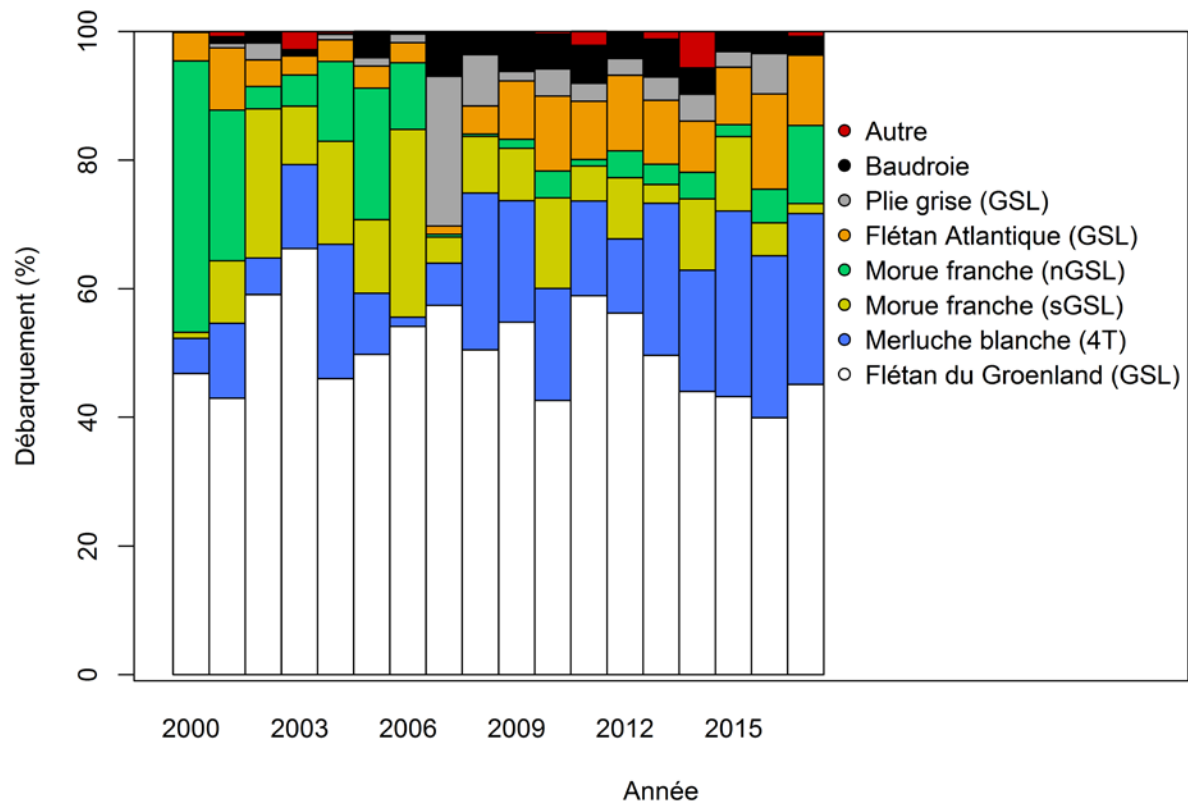


Figure 12. Débarquements annuels des prises accessoires (pourcentage de la biomasse) par espèce capturée dans la pêche dirigée aux sébastes dans l'unité 1 de 2000 à 2017. Les données de 2016 et 2017 sont préliminaires. Les stocks sont indiqués entre parenthèses. GLS : golfe du Saint-Laurent, sGSL : sud du golfe du Saint-Laurent, nGSL : nord du golfe du Saint-Laurent.

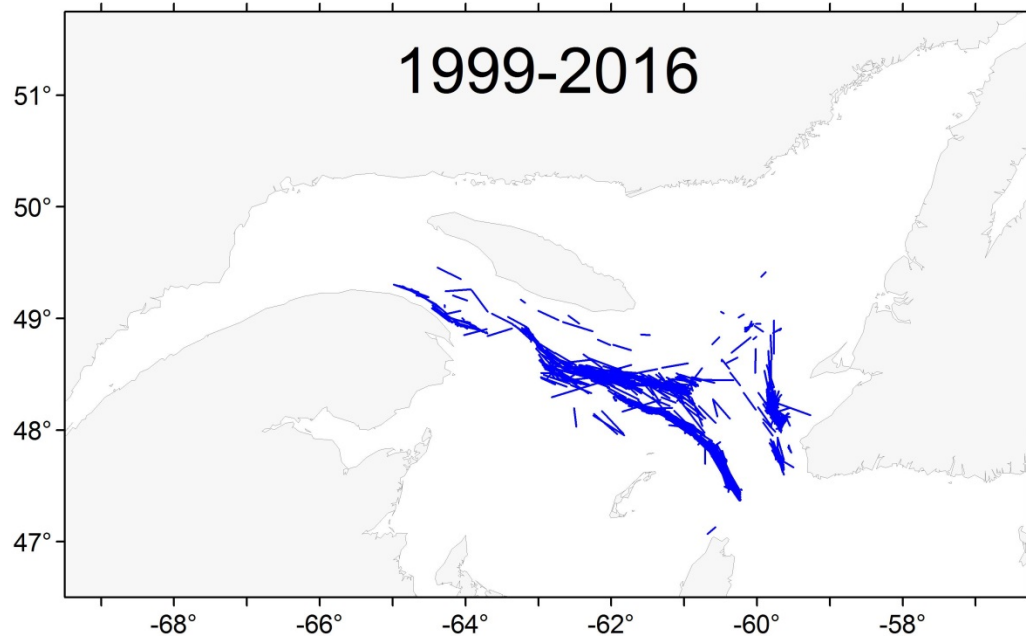


Figure 13. Position des 1 633 activités de pêche échantillonnées par les observateurs en mer dans l'unité 1 de 1999 à 2016.

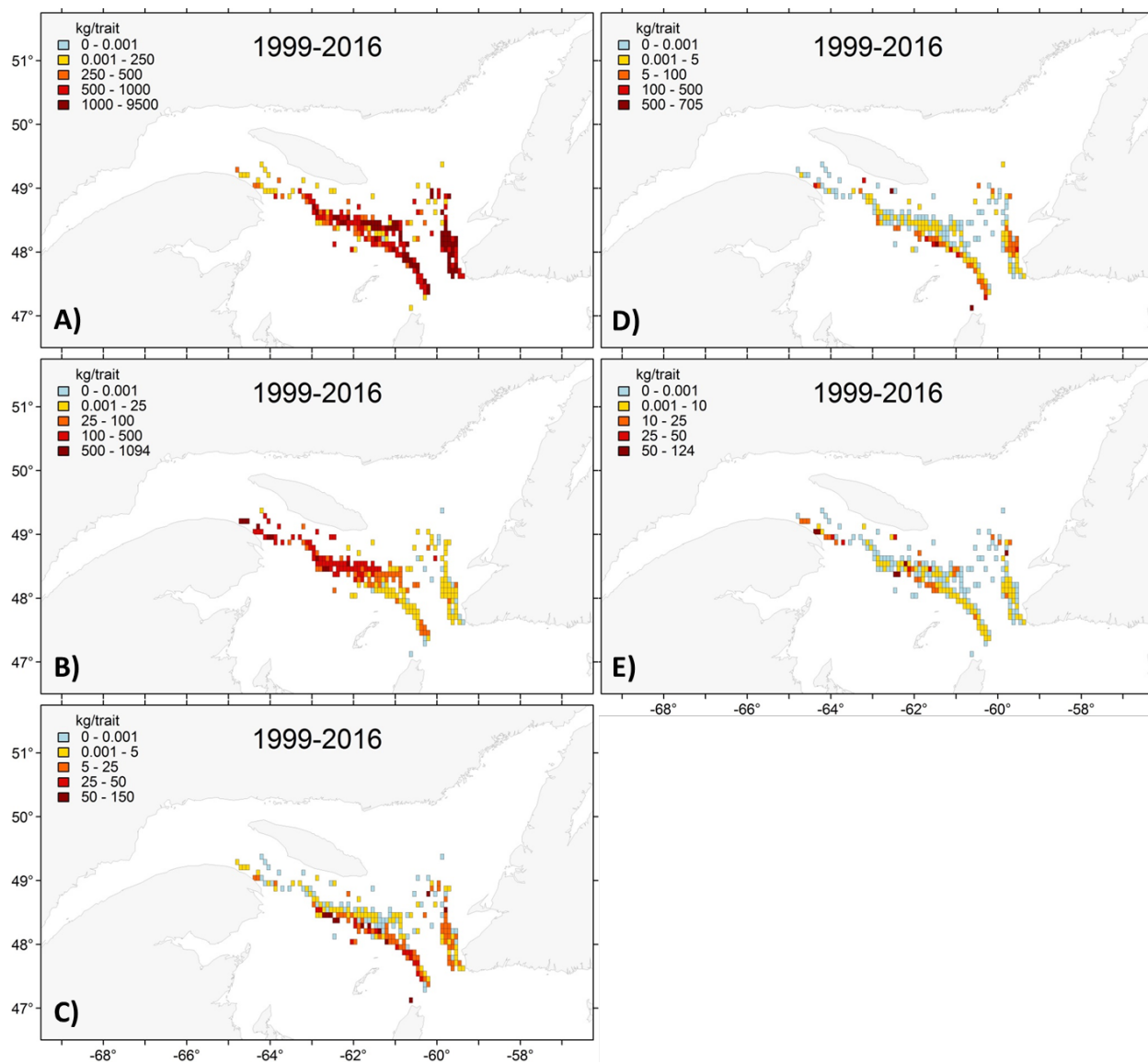


Figure 14. Distribution spatiale des taux de capture (kg/trait) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016.

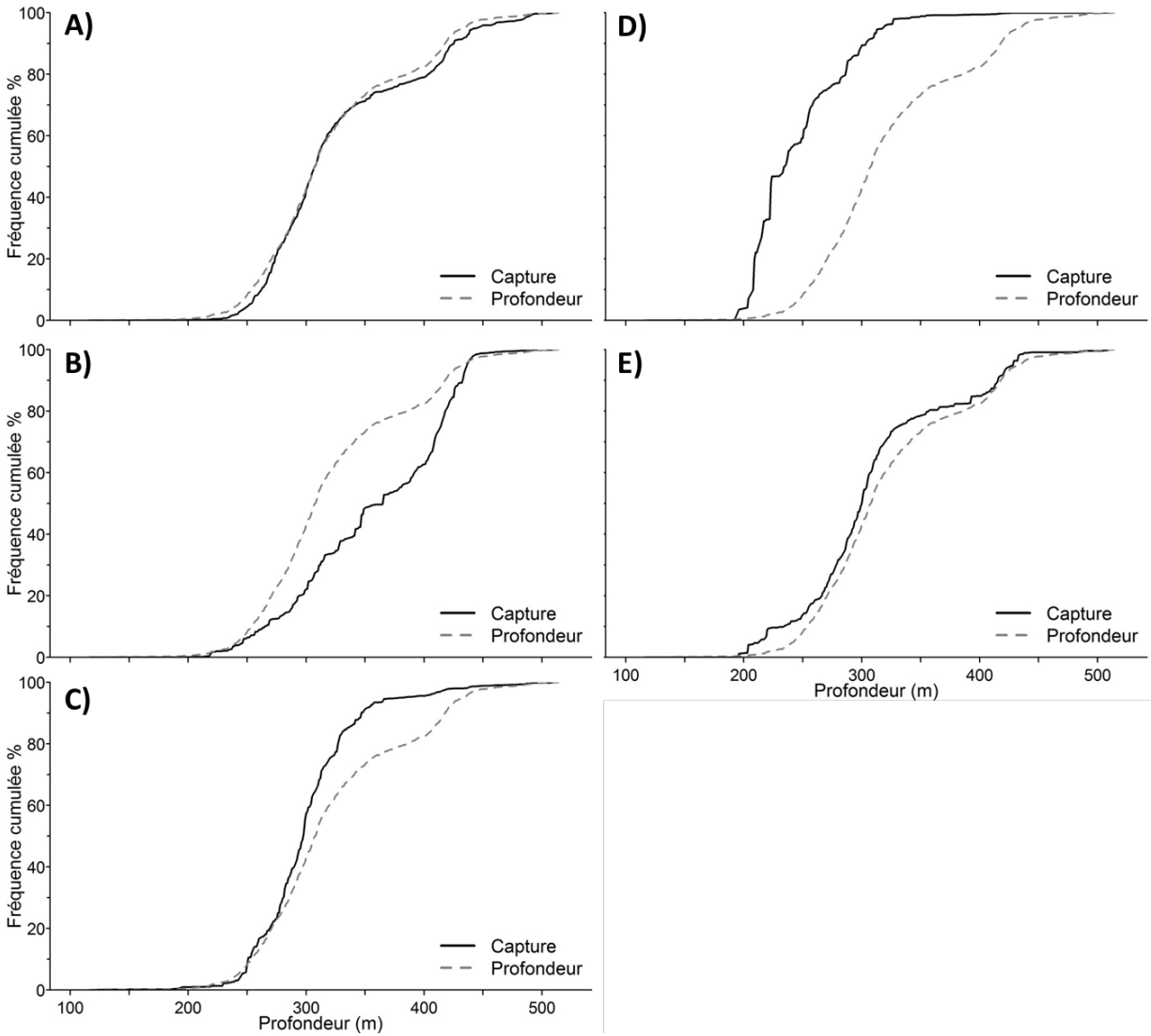


Figure 15. Distribution de fréquence cumulée (%) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) en fonction de la profondeur d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016.

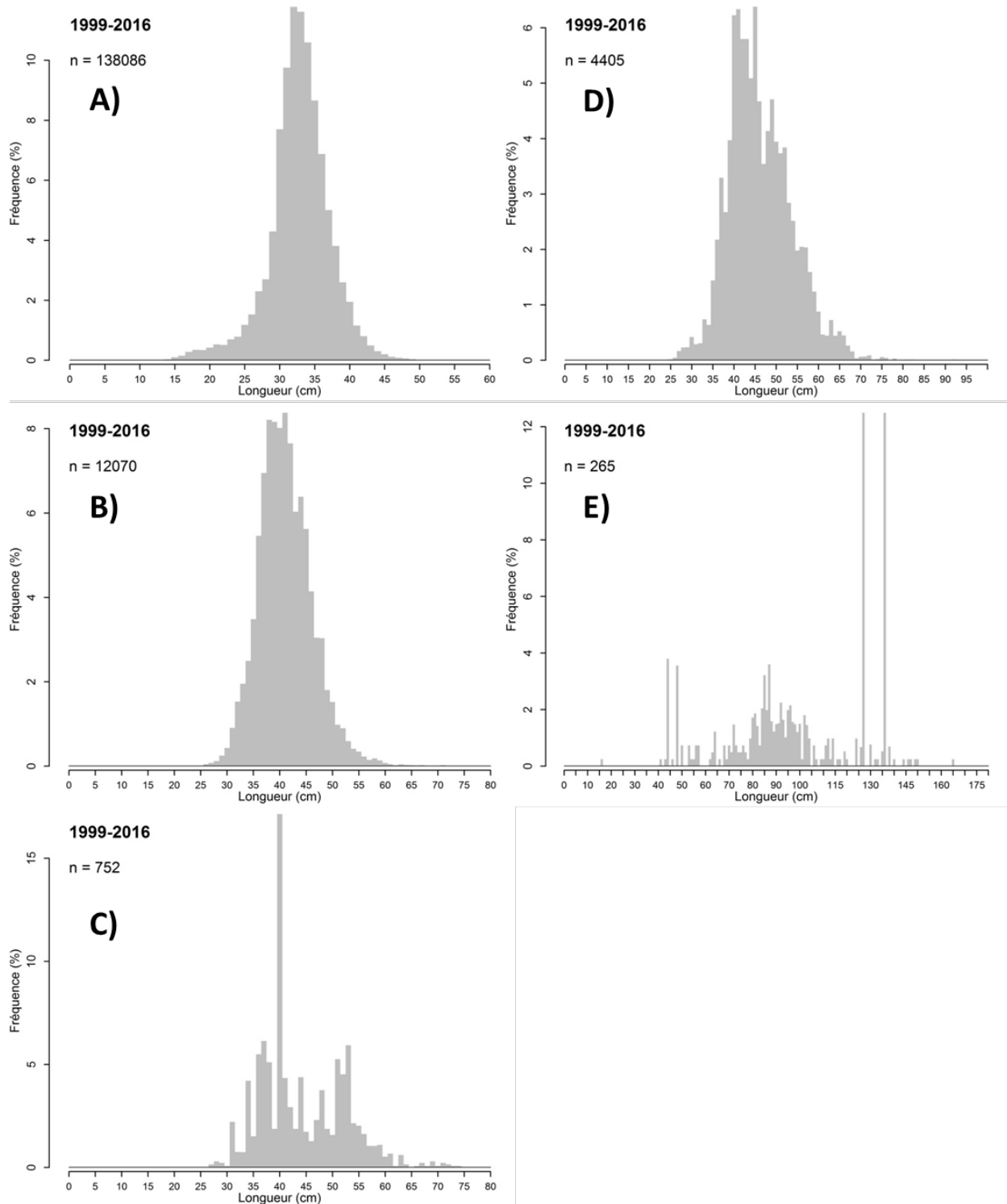


Figure 16. Distribution des fréquences de taille (%) des sébastes (A), du flétan du Groenland (B), de la merluche blanche (C), de la morue franche (D) et du flétan atlantique (E) d'après les données des observateurs en mer de la pêche dirigée aux sébastes de 1999 à 2016. Le nombre de poissons mesurés est indiqué (n).

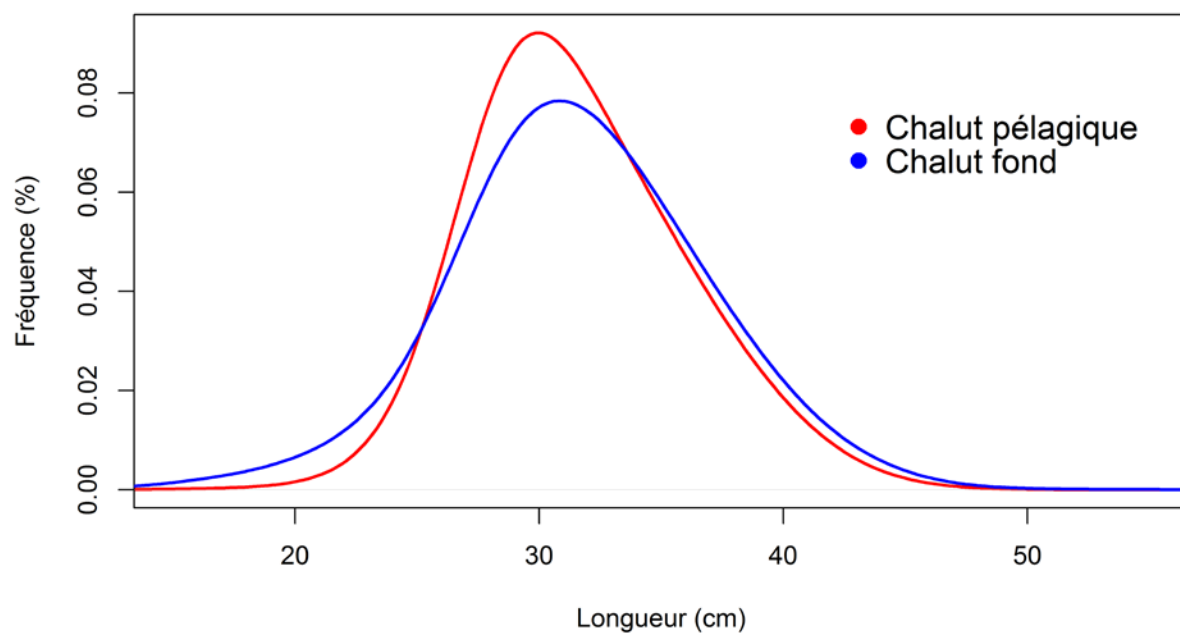


Figure 17. Fréquences de taille (%) des données brutes des captures des sébastes récoltées par les observateurs en mer lors de 7 489 activités de pêche dans les unités 1 et 2 entre 1978 et 2016 à l'aide du chalut pélagique en rouge et du chalut de fond en bleu.

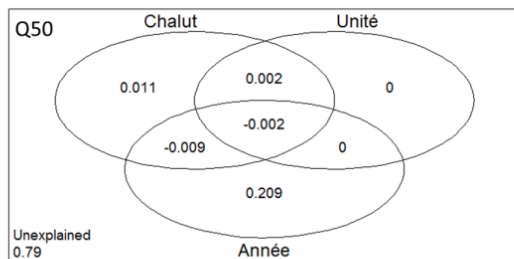
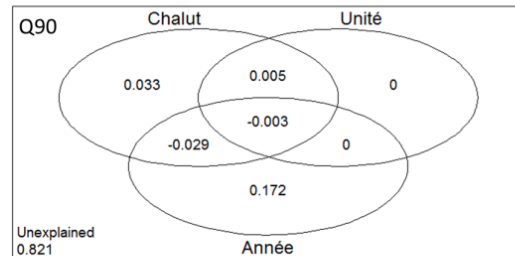
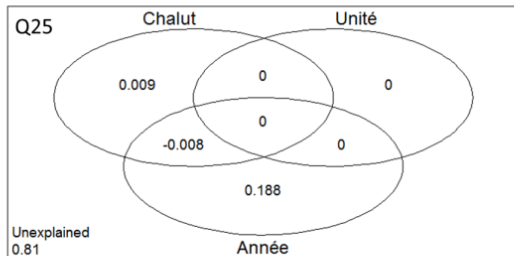
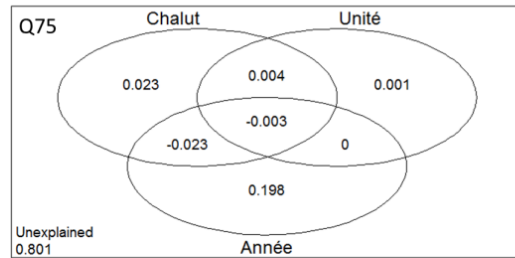
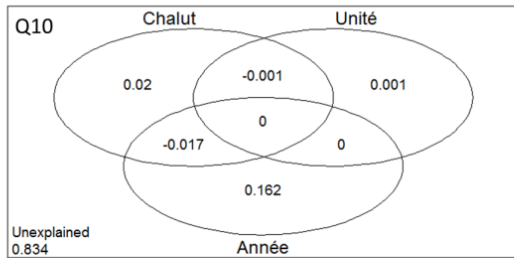


Figure 18. Illustration du partitionnement de la variation basé sur des ANOVA partielles indiquant la fraction de la variance des quantiles (Q10, Q25, Q50, Q75 et Q90) des fréquences de taille des sébastes capturés qui est expliquée exclusivement et conjointement par les types de chalut, les unités et les années (AdjR2). La variance résiduelle est également indiquée (Unexplained).

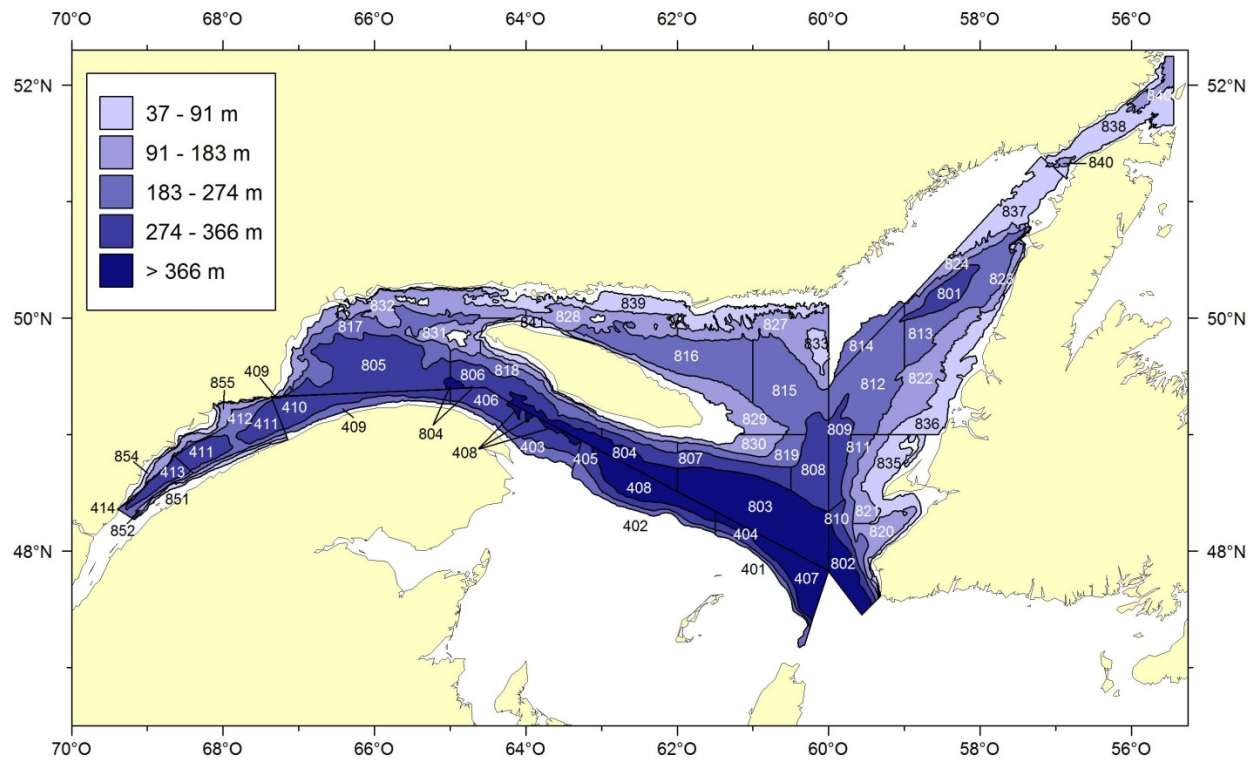


Figure 19. Schéma de stratification utilisée pour le relevé de recherche sur les poissons de fond et la crevette dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent.

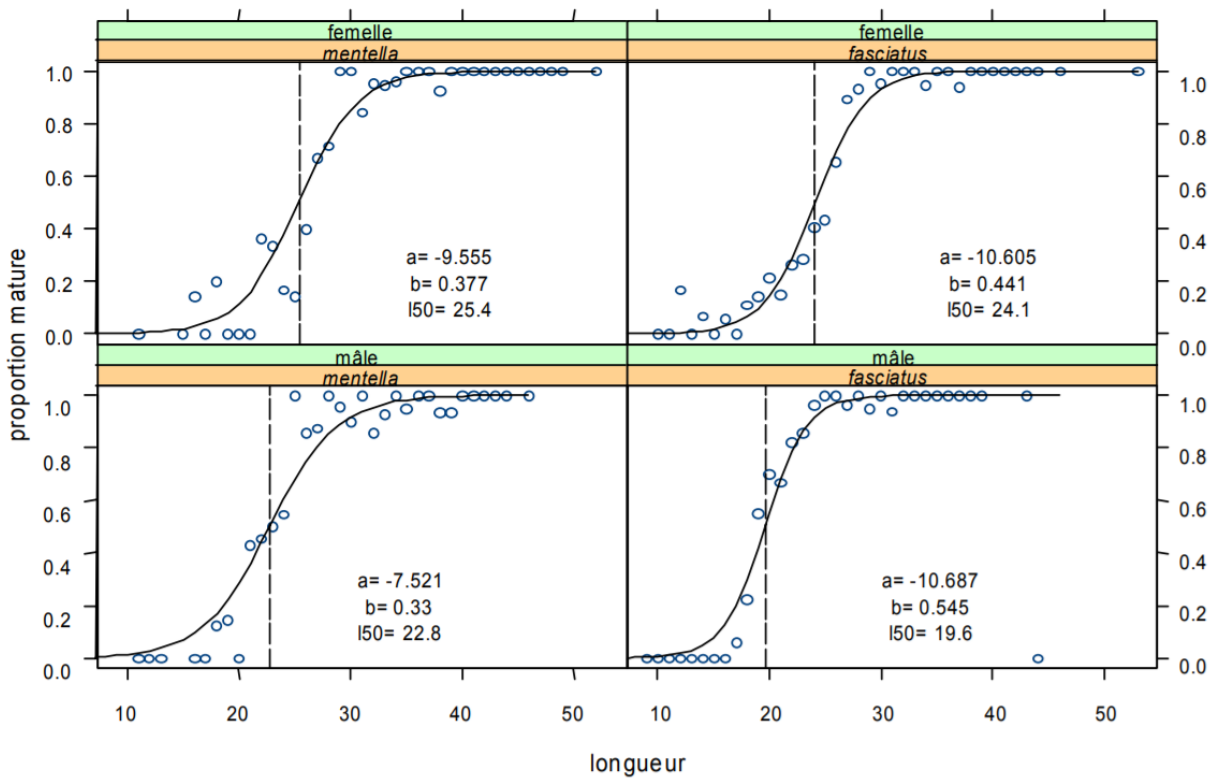


Figure 20. Ogive de maturité des sébastes par espèce et par sexe tirée de Gascon (2003). La proportion des individus matures en fonction de leur taille, ainsi que les paramètres de la courbe logistique sont indiqués.

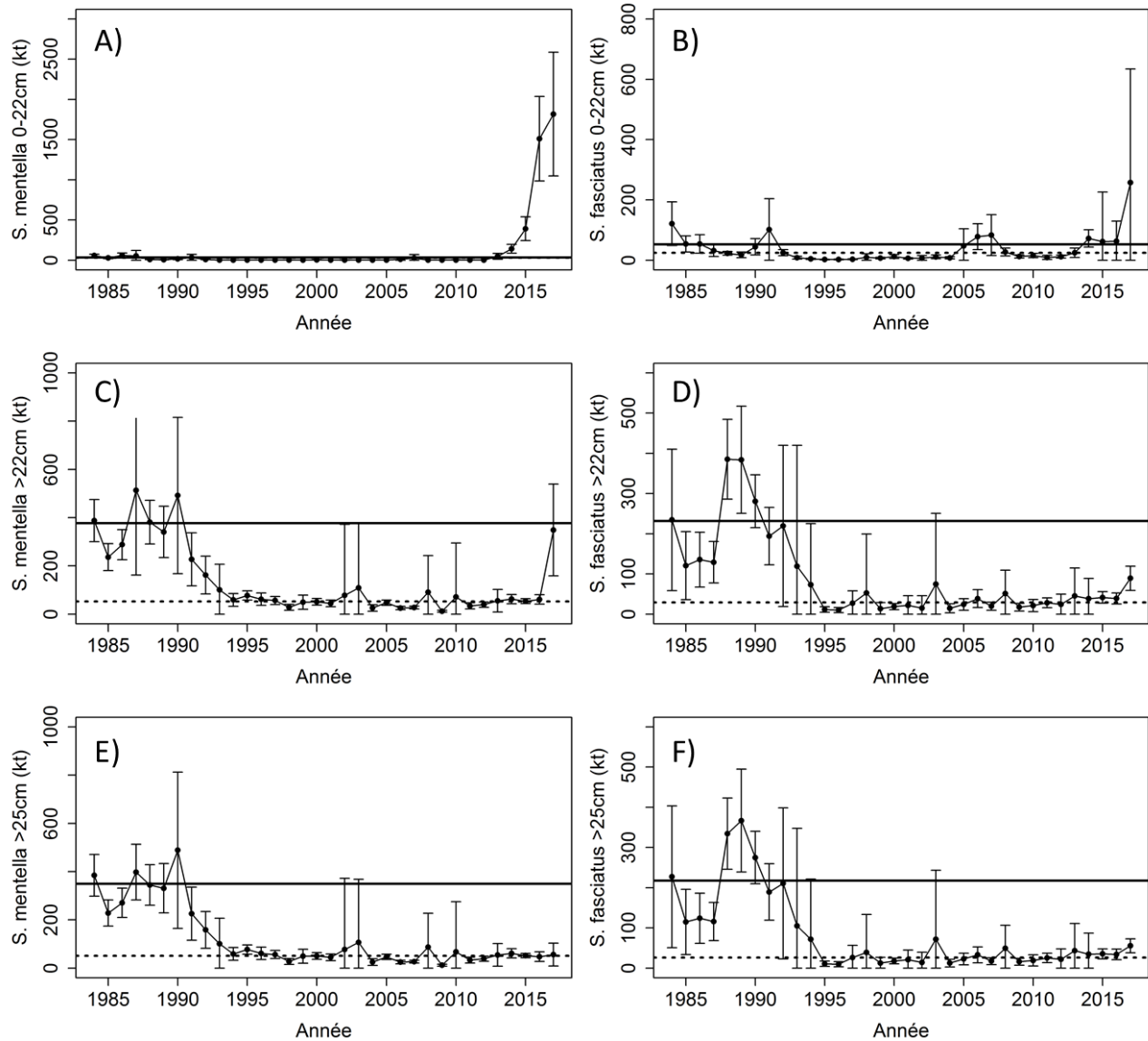


Figure 21. Biomasse minimale chalutable en milliers de tonnes (kt) de *S. mentella* et *S. fasciatus*, 0-22 cm (A-B), >22 cm (C-D), et > 25 cm (E-F) dans le relevé de recherche du MPO dans l'unité 1 de 1984 à 2017. Les lignes pleines et les lignes pointillées correspondent à la moyenne de la période de 1984 à 1992 et de 1995 à 2015, respectivement.

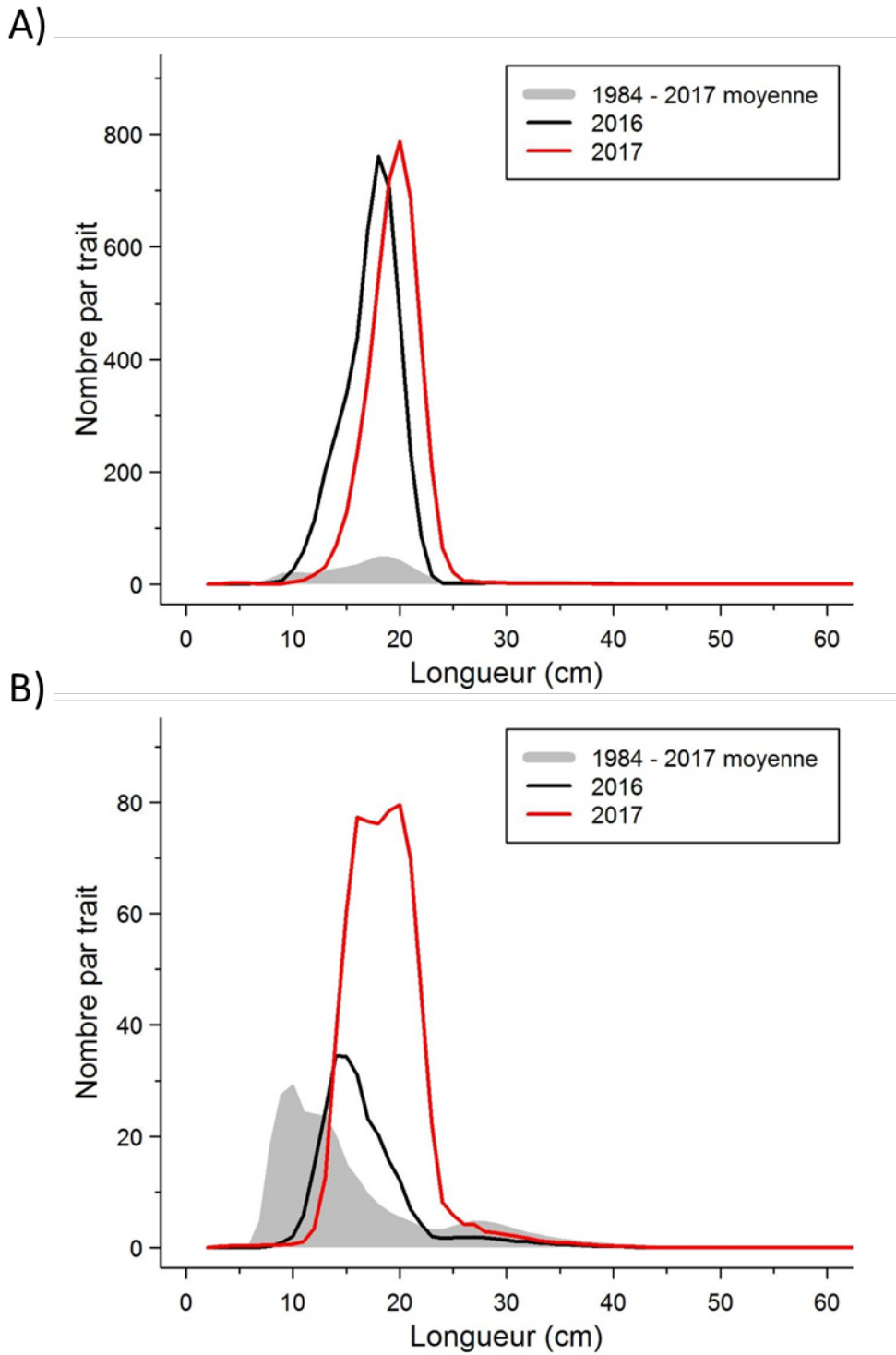


Figure 22. Fréquence de taille de *S. mentella* (A) et *S. fasciatus* (B) dans les relevés de recherche du MPO dans l'unité 1 de 1984 à 2017.

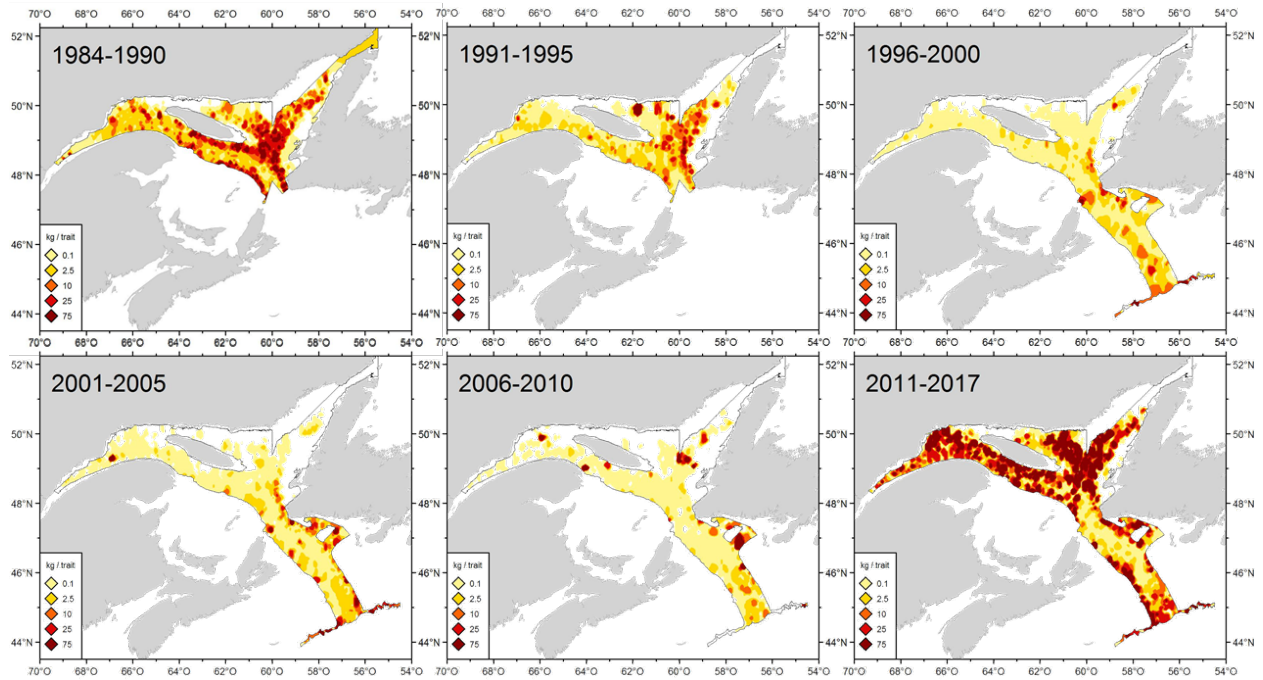


Figure 23. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de *S. mentella* immature dans les relevés des unités 1 et 2.

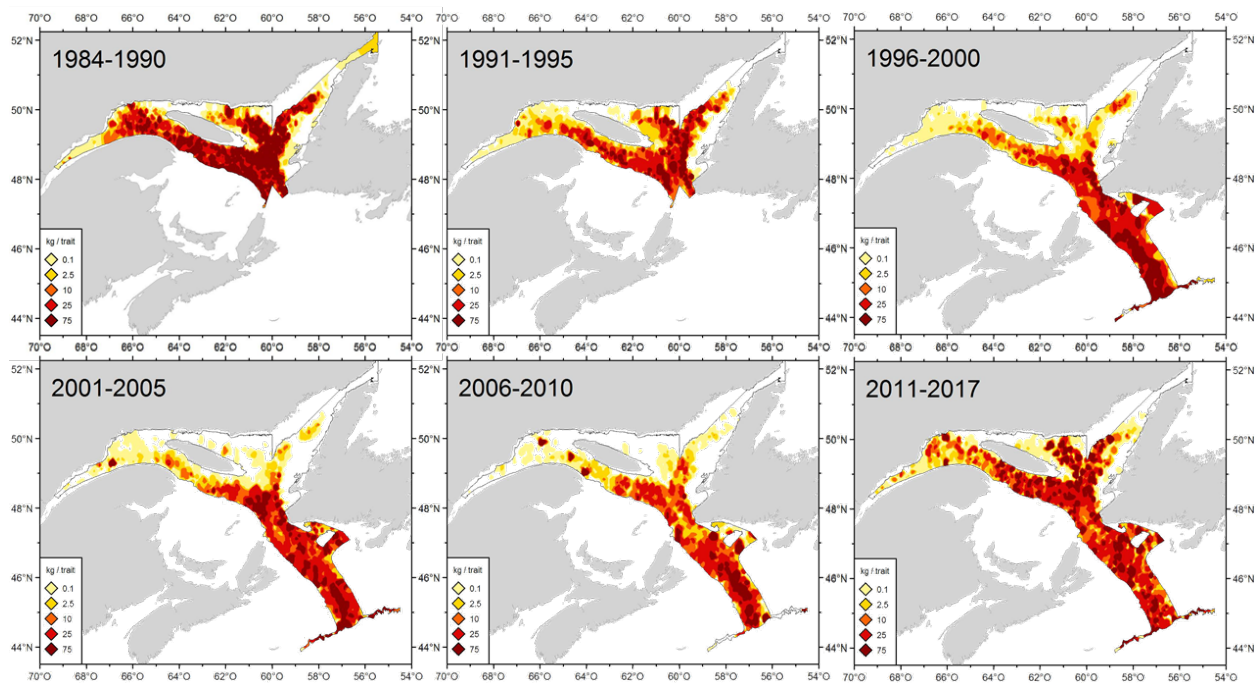


Figure 24. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de *S. mentella* mature dans les relevés des unités 1 et 2.

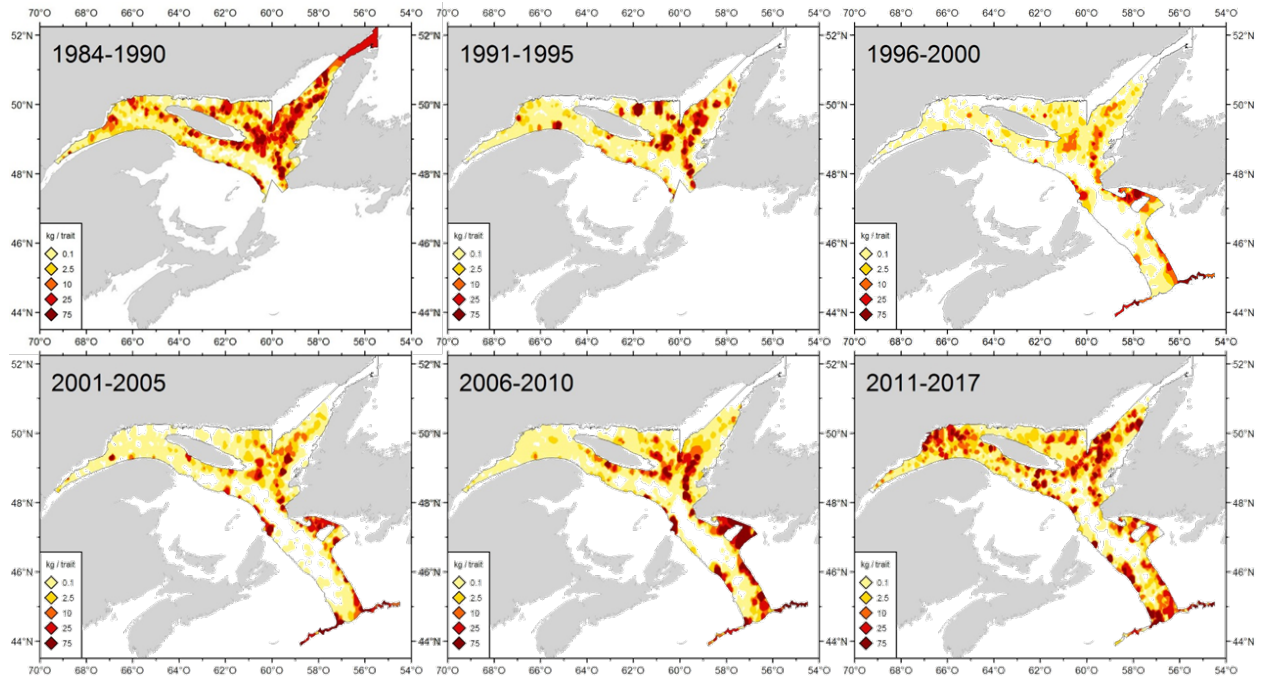


Figure 25. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de *S. fasciatus* immature dans les relevés des unités 1 et 2.

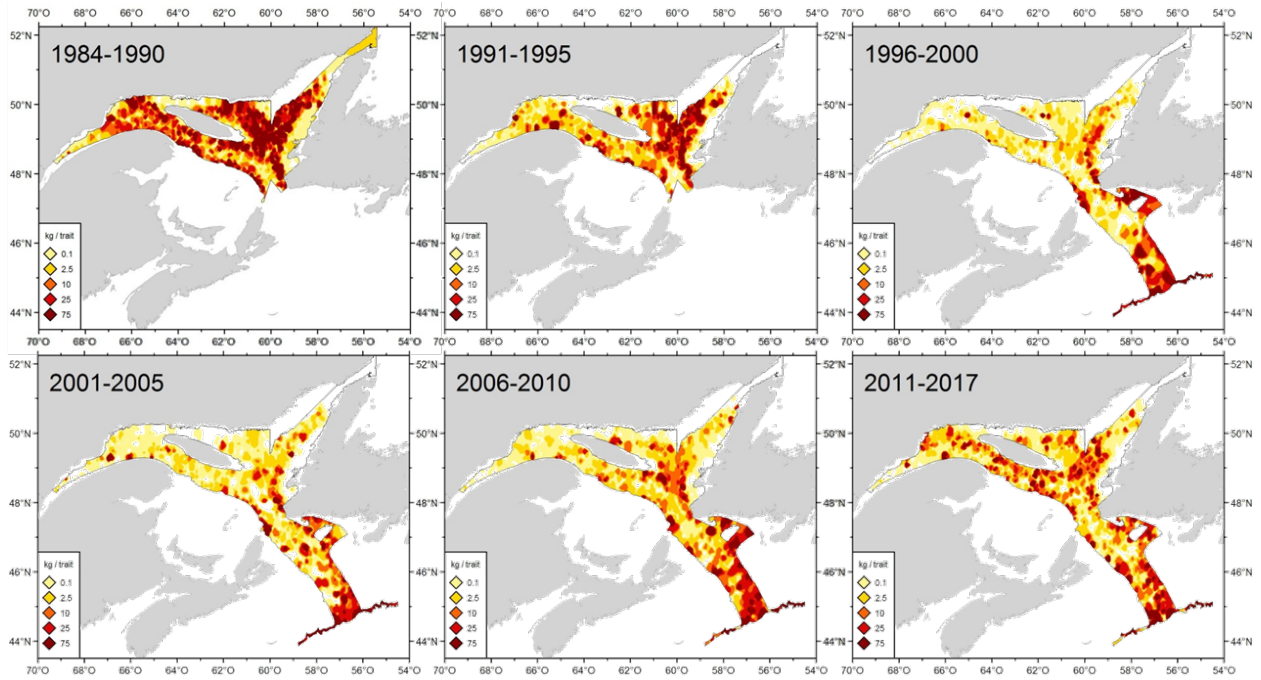


Figure 26. Distribution des taux de capture (kg/trait de 15 minutes) de *S. fasciatus* mature dans les relevés des unités 1 et 2.

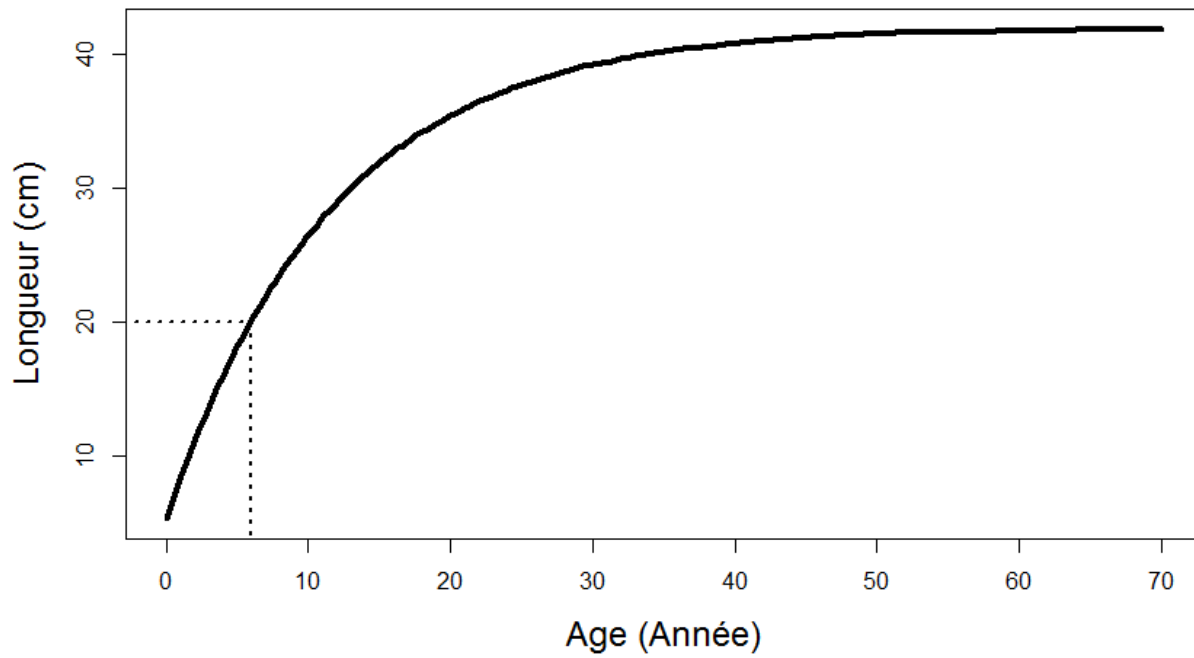


Figure 27. Courbe de croissance de Von Bertalanffy illustrant la relation entre la longueur (cm) et l'âge (année) des sébastes, et indiquant qu'un individu de 6 ans devrait avoir une longueur de 20 cm (ligne pointillée).

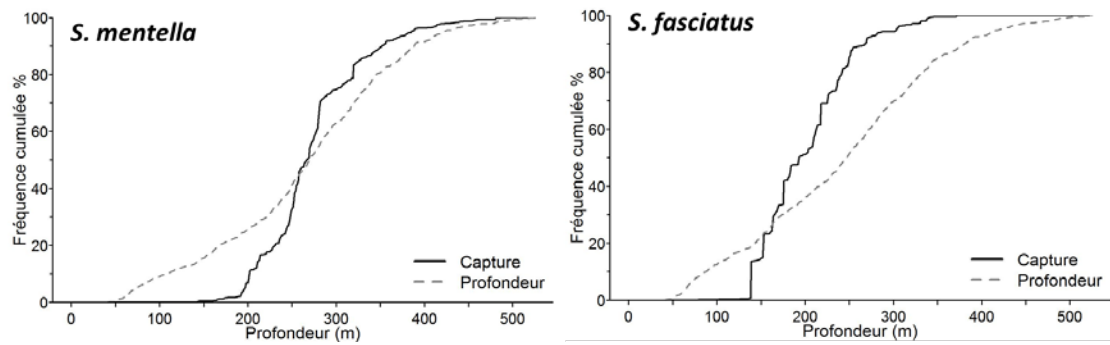


Figure 28. Distribution de *S. mentella* et *S. fasciatus* d'après la profondeur dans le relevé du MPO dans l'unité 1 de 1990-2017. Les lignes pleines et pointillés représentent la fréquence cumulée des captures et des traits des relevés, respectivement, en fonction de la profondeur.

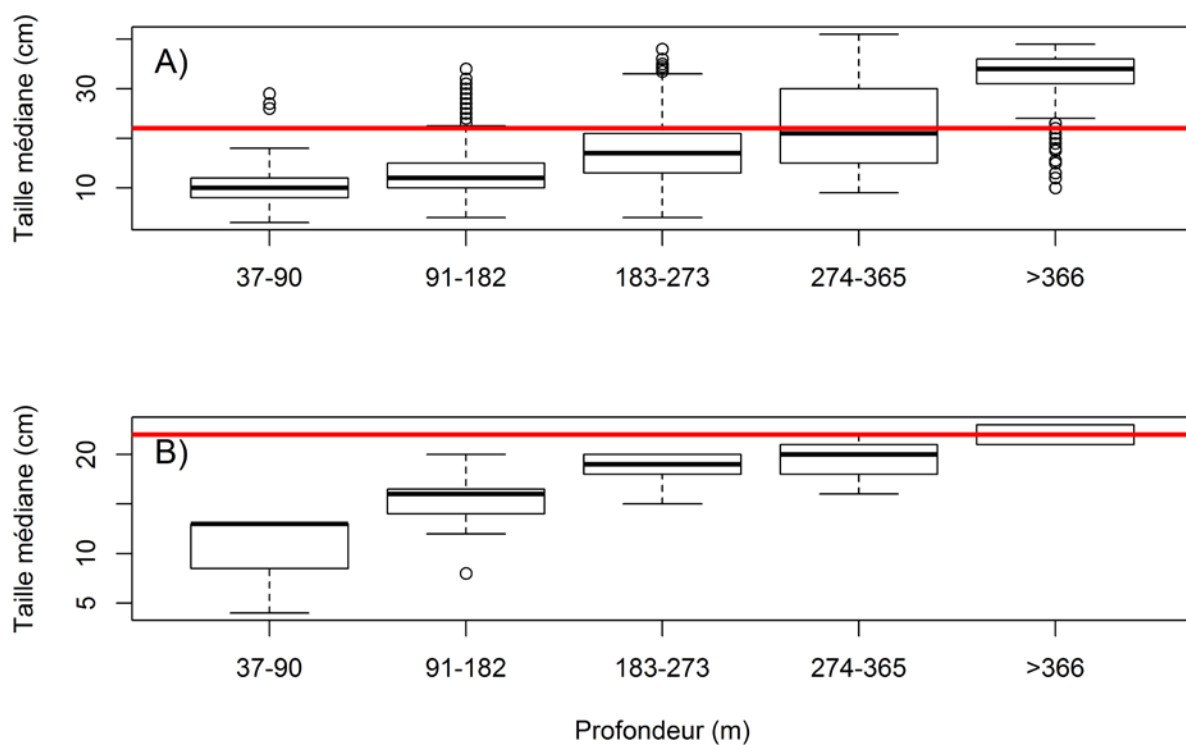


Figure 29. Illustration de l'effet de la profondeur sur la taille médiane (Q50) des sébastes capturés lors du relevé du MPO de 1984-2017 dans l'unité 1 (A) et exclusivement en 2017 (B). Toutes les catégories de profondeur (37-90, 91-182, 183-273, 274-365 et >366 mètres) étaient significativement différentes les unes des autres, à l'exception des profondeurs entre 37-90 m et entre 91-182 m qui étaient similaires ($p.value > 0,05$). Les sébastes de plus grande taille se trouvaient plus en profondeur.

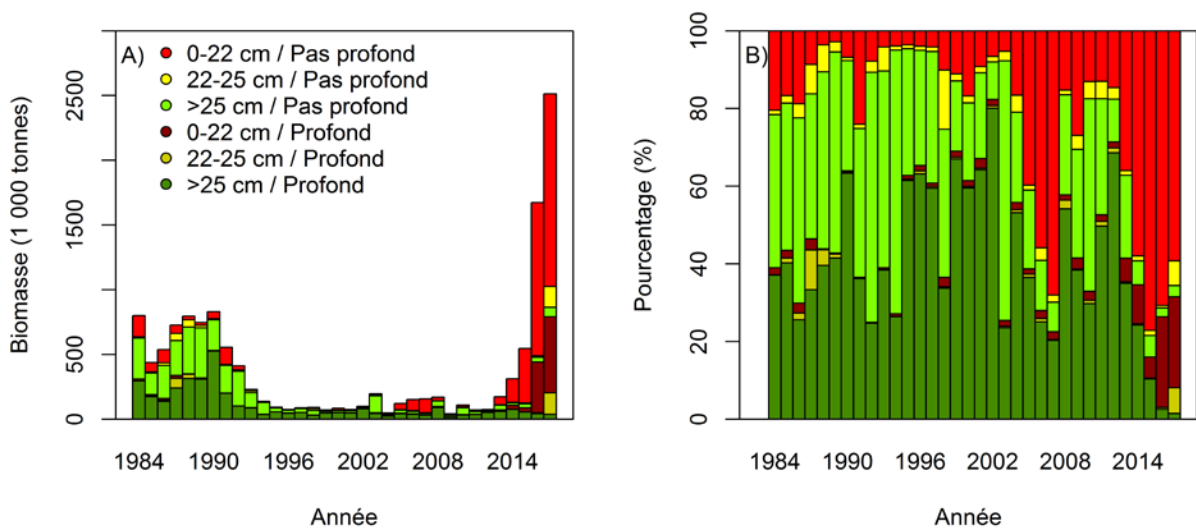


Figure 30. Distribution des classes de taille (0-22 cm, 22-25 cm, et > 25 cm) des sébastes entre les zones profondes et peu profondes en biomasse (A) et en pourcentage (B) dans le relevé du MPO dans l'unité 1 de 1984-2017.

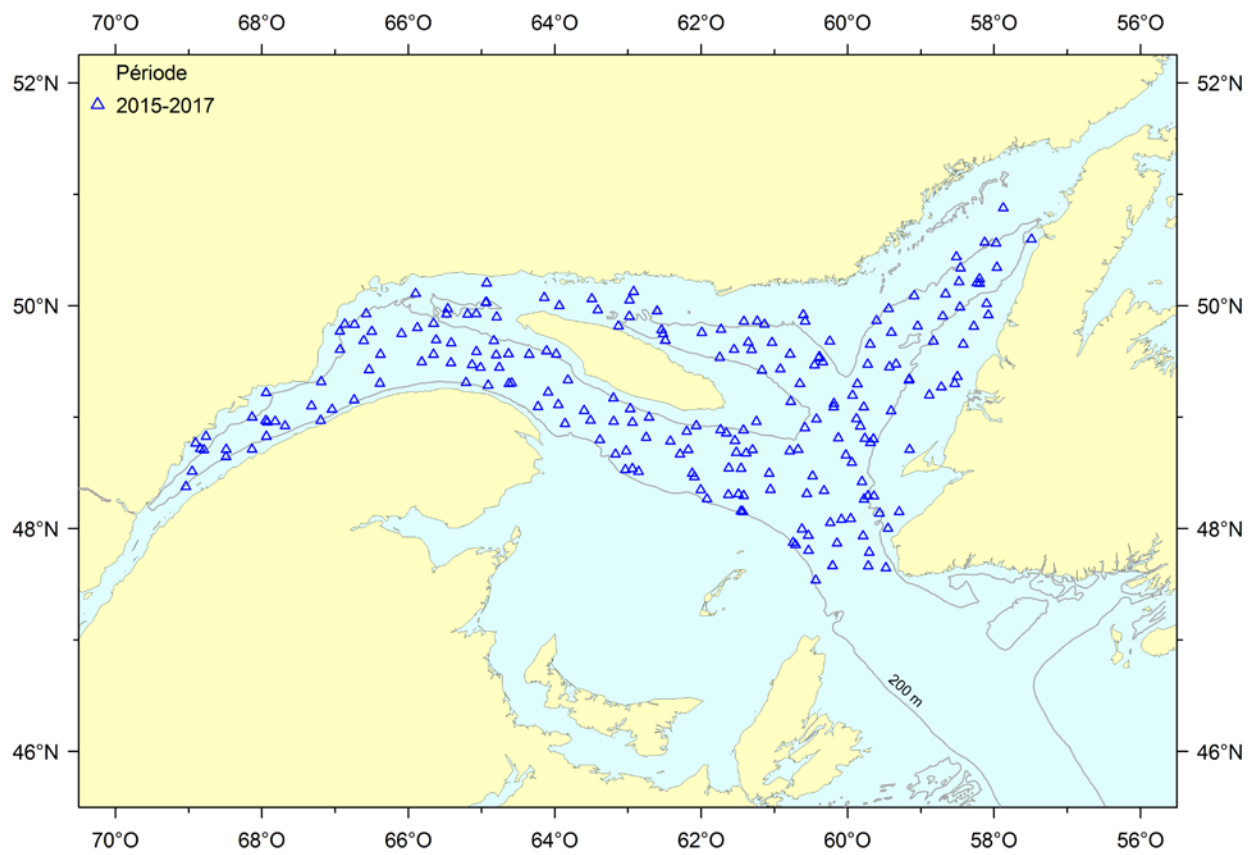


Figure 31. Distribution spatiale des 2 172 estomacs des sébastes prélevés au mois d'août de 2015 à 2017 lors du relevé de recherche du MPO dans l'unité 1.

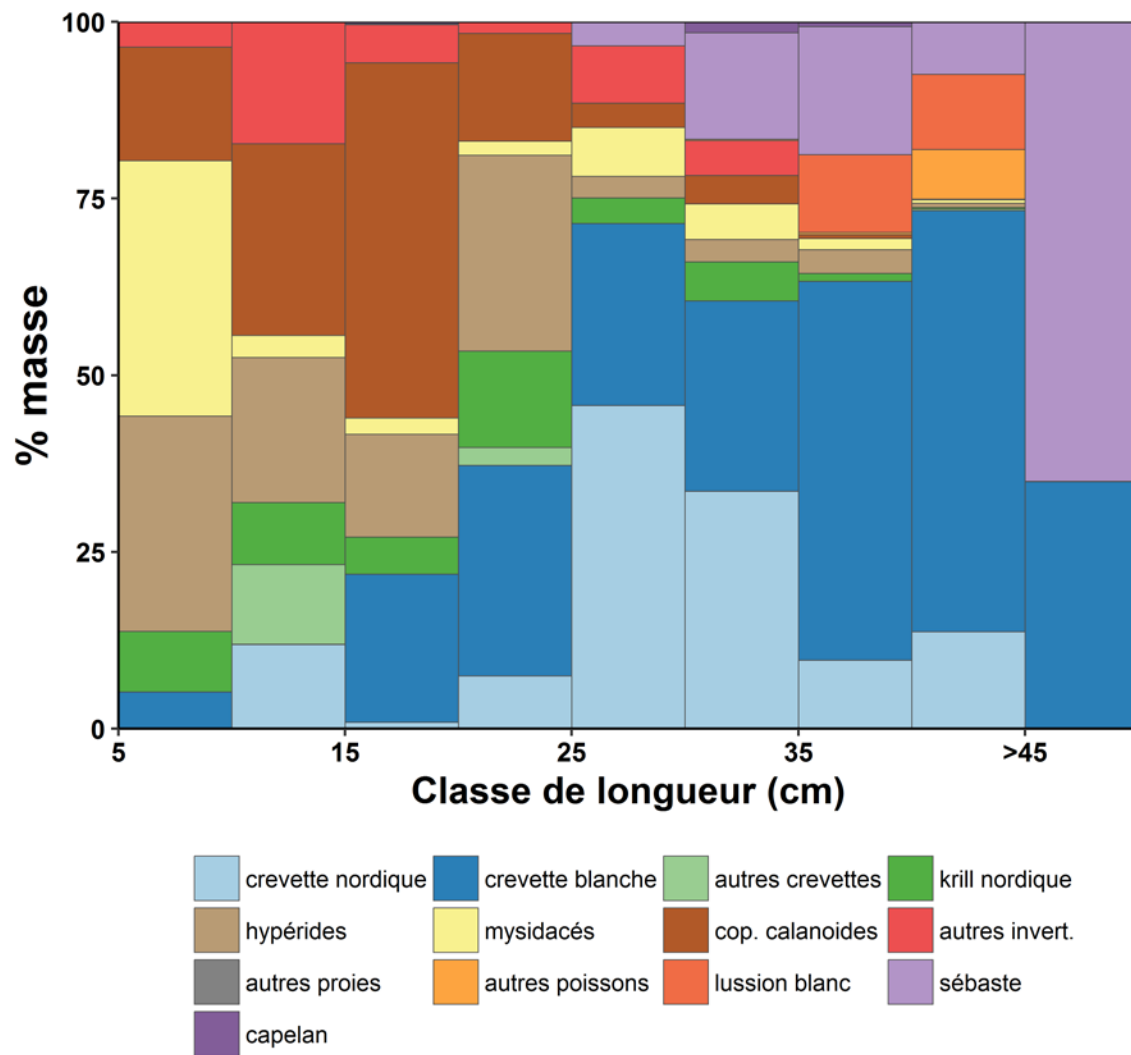


Figure 32. Description du régime alimentaire des sébastes en été dans l'unité 1 d'après la taille des individus, les pourcentages de la masse des proies sont indiqués.

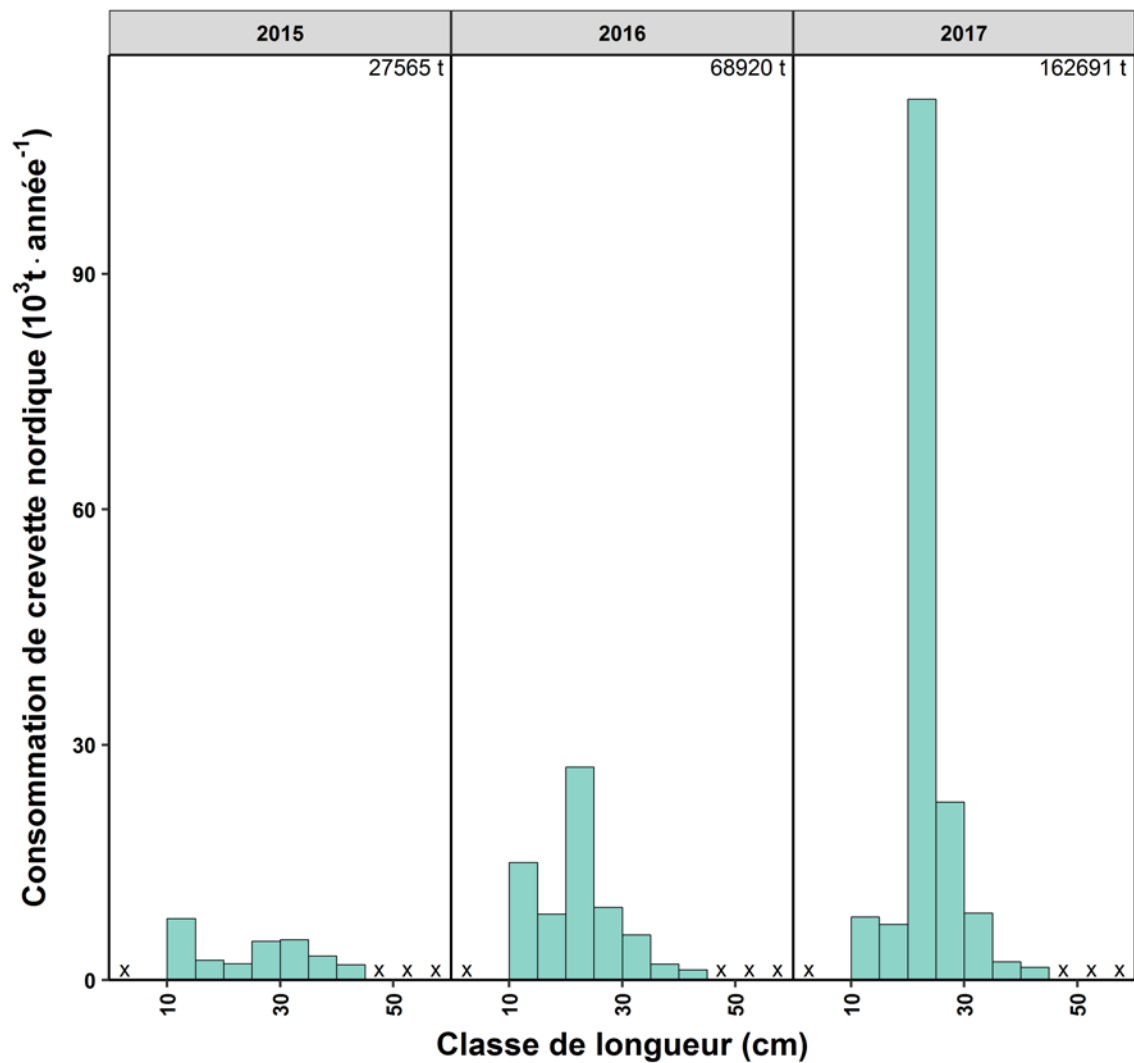


Figure 33. Estimation de la consommation annuelle de crevette nordique par les sébastes de différentes classes de longueur pour les années 2015 à 2017. Les valeurs fournies dans la partie supérieure des panneaux sont la consommation estimée totale pour une année donnée. Un symbole en « x » dénote la récolte de moins de 20 estomacs pour une classe de longueur donnée. L'estimation d'une consommation annuelle pour ces classes de longueur est donc impossible ou non-représentative.