



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 2019/026

Région du Golfe

Évaluation du stock de plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) du sud du golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'OPANO) pour l'année 2016 et avis pour la pêche de mai 2017 à mai 2022

Tobie Surette et Nicolas Rolland

Pêches et Océans Canada
Direction des Sciences, Région du Golfe
343 avenue Université, C.P. 5030
Moncton, Nouveau-Brunswick, E1C 9B6

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 :

Surette, T., et Rolland, N. 2019. Évaluation du stock de plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) du sud du golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'OPANO) pour l'année 2016 et avis pour la pêche de mai 2017 à mai 2022. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/026. xi + 97 p.

Also available in English:

Surette, T., and Rolland, N. 2019. Assessment of the Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) stock of the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Div. 4T) to 2016 and advice for the May 2017 to May 2022 fisheries. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/026. x + 94 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES.....	V
RÉSUMÉ	XI
INTRODUCTION	1
BIOLOGIE DE L'ESPÈCE.....	1
DESCRIPTION DE LA PÊCHE	2
INDICES ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES	5
MATÉRIELS ET MÉTHODES	5
Données dépendantes de la pêche	5
Données indépendantes de la pêche	6
Taille à la maturité	7
Âge et croissance.....	7
Modèle de clé âge-longueur lissée	8
RÉSULTATS.....	9
Âge et croissance.....	9
Modèle pour générer les clés âge-longueur.....	9
Composition selon l'âge et la taille des prises commerciales.....	10
Indices de l'abondance.....	11
Répartition spatiale.....	13
Taille à la maturité	14
MODÉLISATION DE LA POPULATION	15
MÉTHODES.....	15
Intrants	15
Paramètres du modèle	16
RÉSULTATS.....	19
DISCUSSION.....	22
POINTS DE RÉFÉRENCE.....	23
PROJECTIONS	23
ANALYSE DES INDICATEURS PENDANT LES ANNÉES INTERMÉDIAIRES	23
CONCLUSIONS.....	24
INCERTITUDES.....	25
RÉFÉRENCES CITÉES.....	25
TABLEAUX.....	30
FIGURES.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Débarquements (tonnes) annuels enregistrés de plie rouge dans la division 4T de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), du sud du golfe du Saint-Laurent, de 1960 à 2016. Les données de 1960 à 1995 sont tirées de dossiers de l'OPANO. Les données de 1996 à 2015 sont tirées de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO (fichiers ZIFF). Les débarquements (t) attribués à la pêche expérimentale à l'appât aux îles de la Madeleine, de 2001 à 2015, sont mis entre parenthèses. Les données de 2017 ne sont pas présentement disponible (nd).....	30
Tableau 2. Mesures de gestion de la pêche de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent.....	31
Tableau 3. Débarquements annuels (kg) de plie rouge dans l'ensemble et par sous-division dans la division 4T de l'OPANO, de 1991 à 2015. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO. Les sous-divisions inconnues de l'OPANO sont regroupées dans l'en-tête 4T.....	32
Tableau 4. Débarquements annuels (kg) par mois de plie rouge dans la division 4T de l'OPANO, de 1960 à 2015. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO.	33
Tableau 5. Débarquements annuels (kg) de plie rouge dans la division 4T de l'OPANO, par type d'engin, de 1960 à 2016. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO. Les données de 2016 sont préliminaires.	35
Tableau 6. Résumé de l'effort d'échantillonnage annuel par type d'engin utilisé pour déterminer les prises commerciales selon la longueur. Les codes d'engins sont les suivants : OTB = chaluts à panneaux; SNU = sennes; FIX = filets maillants et palangres; MOB = chaluts et sennes combinés; SEN = programme de pêche sentinelle (soit le chalut [O], soit la senne [S], soit des engins mobiles combinés (M), soit un engin fixe [F]). Le nombre d'échantillons prélevés au port et de sorties d'observateurs (n) ainsi que le nombre de poissons mesurés sont également indiqués. ¹ Échantillons commerciaux et de la pêche sentinelle (culs de chaluts sans doublure) combinés.	36
Tableau 7. Nombre de traits de relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles effectués par chaque navire, de 2003 à 2016.....	37
Tableau 8. Nombre d'otolithes datés valides par année provenant du relevé par navire de recherche (NR) mené en septembre, par année et par âge.	38
Tableau 9. Prises commerciales selon l'âge (nombre, en milliers) de plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016. Les estimations de 2016 sont préliminaires.	39
Tableau 10. Abondance chalutable (nombre, en milliers) selon l'âge de la plie rouge d'après le relevé annuel par NR mené en septembre dans la division 4T de l'OPANO, de 1973 à 2016. ...	40
Tableau 11. Résumé des caractéristiques des modèles de population proposés et examinés pour l'analyse de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, y compris le nombre de courbe de sélectivité de NR, les blocs d'années pour la courbe de sélectivité de la pêche, le nombre de blocs d'âges pour la mortalité naturelle (M), le nombre de paramètres (k), les valeurs des logarithmes-vraisemblance (lnL), le coefficient de capturabilité du relevé par NR (qrv), les valeurs des critères d'information d'Akaike (CIA), et un résumé des considérations liés au modèle.....	41

Tableau 12. Proportions de plies rouges arrivées à maturité selon l'âge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent.....42

Tableau 13. Poids moyens (kg) selon l'âge de la plie rouge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent.....43

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Sud du golfe du Saint-Laurent et sous-divisions dans la division 4T de l'OPANO.44

Figure 2. Débarquements (tonnes) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1960 à 2016. La ligne de pointillés en losange montre les totaux autorisés des captures (TAC) annuels et la teinte plus foncée représente la pêche à l'appât madelinienne.45

Figure 3. Proportion des débarquements de plie rouge par année, par sous-division dans la division 4T de l'OPANO (premier graphique du haut), selon le mois de pêche (deuxième graphique), le type d'engin de pêche (troisième graphique) et l'espèce ciblée (quatrième graphique du bas).46

Figure 4. Répartition spatiale sur l'échelle logarithmique des prises de plie rouge consignées dans les journaux de bord, par période de cinq années, dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Chacune des cartes donne le taux de débarquements déclarés avec les coordonnées géographiques pour chaque période. À des fins d'illustration, les débarquements géoréférencés ont été mis à l'échelle par rapport à l'ensemble des débarquements.47

Figure 5. Système de stratification des relevés annuels plurispécifiques au chalut de fond effectués par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent.48

Figure 6. Système de stratification des relevés annuels au chalut de fond effectués dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent.49

Figure 7. Proportions des stades de maturité observées par longueur de poisson pour la plie rouge mâle à l'aide des données du relevé par NR de septembre, par blocs d'années. La catégorie « incertaine » traduit un codage censé représenter les poissons ayant atteint la maturité, mais pour lesquels il existe un degré d'erreur de classification de la part du personnel scientifique à bord. Les périodes qui posent problème sont les suivantes : de 1983 à 1989 et de 1990 à 1997.50

Figure 8. Proportions des stades de maturité observées par longueur de poisson pour la plie rouge femelle à l'aide des données du relevé par NR de septembre, par blocs d'années. La catégorie « incertaine » traduit un codage censé représenter les poissons ayant atteint la maturité, mais pour lesquels il existe un degré d'erreur de classification de la part du personnel scientifique à bord. Les périodes qui posent problème sont les suivantes : de 1983 à 1989 et de 1990 à 1997.51

Figure 9. Longueur moyenne empirique (cm) selon les courbes d'âges, par groupes d'année, de la plie rouge fondée sur la détermination de l'âge des échantillons prélevés pendant le relevé par NR de septembre. La zone de chaque symbole est proportionnelle au nombre d'échantillons analysés.....52

Figure 10. Estimations de la probabilité maximale et intervalles de confiance de 95 % des paramètres d'intersection (α) (graphique du haut) et de pente (β) (graphique du bas) à l'échelle logit provenant du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent.53

Figure 11. Graphique à bulles du terme d'intersection aléatoire à l'échelle logit (φ) provenant du modèle de clé âge-longueur lissée pour la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent

montrant les écarts par rapport aux termes d'intersection fixes (α) au fil du temps. Les écarts négatifs sont illustrés en noir et les écarts positifs sont présentés en gris.54

Figure 12. Version du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour une année riche en données en 2006 ($n = 1\ 046$). Le graphique du haut montre les estimations du modèle (lignes pleines rouges) par rapport aux valeurs empiriques (barres en tons de gris). De même, les deux graphiques du bas présentent la longueur empirique selon l'âge (en bas, à gauche) et la version du modèle (en bas, à droite) en tant que proportions selon l'âge, où les teintes plus foncées indiquent des proportions plus élevées.55

Figure 13. Version du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour une année pauvre en données en 2014 ($n = 161$). Le graphique du haut montre les estimations du modèle (lignes pleines rouges) par rapport aux valeurs empiriques (barres en tons de gris). De même, les deux graphiques du bas présentent la longueur empirique selon l'âge (en bas, à gauche) et la version du modèle (en bas, à droite) en tant que proportions selon l'âge, où les teintes plus foncées indiquent des proportions plus élevées.56

Figure 14. Prises selon la longueur (nombre de poissons) par groupe de longueur en cm de plie rouge dans le cadre des pêches commerciales pratiquées dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016, estimées à partir de l'échantillonnage des prises commerciales. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale minimale de 25 cm.57

Figure 15. Variation annuelle des statistiques sur la longueur totale (cm) de la plie rouge lors des prises commerciales dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.....58

Figure 16. Proportions de plies rouges dont la longueur totale est inférieure à 25 cm dans les prises commerciales dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.59

Figure 17. Prises commerciales selon l'âge (nombre de poissons) de plie rouge dans le cadre des pêches commerciales pratiquées dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016. 60

Figure 18. Indices de l'abondance, en nombre par trait (graphique du haut) et en poids par trait (kg; graphique du bas) de la plie rouge lors du relevé annuel de septembre par navire de recherche (NR) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. Les lignes pleines sont des indices pour les strates 415 à 439, l'intervalle de confiance de 95 % apparaissant en gris. Les lignes pointillées rouges représentent les indices avec les strates côtières (401 à 403) incluses, depuis 1984. La ligne pointillée horizontale correspond à la moyenne des séries.61

Figure 19. Indices de l'abondance, en poids par trait (kg), pour les tailles non commerciales (< 25 cm; graphique du haut), les tailles commerciales (≥ 25 cm; graphique du milieu) et les tailles combinées (graphique du bas) de la plie rouge lors du relevé annuel de septembre par navire de recherche (NR) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.....62

Figure 20. Indices de l'abondance, en nombre par trait, de la plie rouge par sous-région (baie des Chaleurs, en haut, à gauche; Miramichi, en haut, à droite; îles de la Madeleine, en bas, à gauche; est de l'Île-du-Prince-Édouard, en bas, à droite) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. La ligne pleine révèle des indices fondés sur les strates 415 à 439, l'intervalle de confiance de 95 % apparaissant en gris. La ligne pointillée rouge dans le graphique inférieur de droite représente l'indice, avec les strates côtières (402 et 403) incluses, depuis 1984.63

Figure 21. Répartitions des fréquences de longueur, exprimées en nombre par trait, de la plie rouge d'après le relevé par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent (strates hauturières 415 à 439 uniquement, par période de cinq ans, de 1971 à 2016. La ligne verticale pointillée rouge indique la longueur moyenne au cours de la période et la ligne verticale pleine

désigne la taille commerciale (25 cm). Le taux de prises supérieures ou égales à 25 cm est indiqué en haut, à droite, dans chaque graphique.	64
Figure 22. Répartitions des fréquences de longueur, exprimées en nombre par trait, de la plie rouge d'après le relevé par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent (strates hauturières 415 à 439) pour la période allant de 2011 à 2016. La ligne verticale pointillée rouge indique la longueur moyenne pendant l'année et la ligne verticale pleine désigne la taille commerciale (25 cm). Le taux de prises supérieures ou égales à 25 cm est indiqué en haut, à droite, dans chaque graphique.	65
Figure 23. Variation annuelle des statistiques sur la longueur totale (cm) de la plie rouge lors des prises du relevé de septembre par NR dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.	66
Figure 24. Poids prévu (g; moyenne et intervalle de confiance de 95 %) d'une plie rouge mesurant 25 cm d'après les régressions longueur-poids des relevés par NR.	67
Figure 25. Prises selon l'âge (nombre de poissons) de plie rouge des strates hauturières (415 à 439) durant le relevé de septembre par NR effectué dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016. La taille des cercles est proportionnelle à la biomasse chalutable estimée.	68
Figure 26. Corrélations selon l'âge pour les cohortes de Plie rouge de 3 à 12 ans et plus dans le sud du golfe du Saint-Laurent, d'après les fréquences de longueur du relevé de septembre par NR.	69
Figure 27. Longueur moyenne (cm) estimée selon l'âge de la plie rouge, de 1971 à 2016, d'après les fréquences de longueur du relevé de septembre par NR et le modèle de clé âge-longueur lissée.	70
Figure 28. Indices d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles pour les plies rouges des strates 401, 403 et 415 à 439 (nombre par trait dans le graphique du haut; kg par trait dans le graphique du bas) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2003 à 2016. Les lignes noires désignent les moyennes et les zones grisées représentent les intervalles de confiance de 95 %.	71
Figure 29. Fréquences de longueur de la plie rouge d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles pour les strates 401, 403 et 415 à 439 du sud du golfe du Saint-Laurent, de 2003 à 2016. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale (25 cm) de la plie rouge et la ligne pointillée rouge désigne la taille moyenne par année.	72
Figure 30. Indices (nombre par trait; moyenne et intervalles de confiance de 95 %) relatifs à la plie rouge durant le relevé effectué dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016. Les cercles noirs indiquent que les données de la strate 6 sont exclues et les carrés blancs apparaissent lorsque les données de la strate 6 sont incluses. En 2010 et 2011, les prises ont été effectuées à l'aide d'un chalut différent et sont normalisées à une distance de 0,125 miles nautiques au lieu de 0,625 miles nautiques pour le reste de la série chronologique.	73
Figure 31. Fréquences de longueur de la plie rouge d'après les prises du relevé du détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016, en excluant (barres grises) et en incluant (ligne noire) les données de la strate 6. En 2010 et 2011, les prises ont été effectuées à l'aide d'un chalut différent et sont normalisées à une distance de 0,125 miles nautiques au lieu de 0,625 miles nautiques pour le reste de la série chronologique. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale (25 cm) de la plie rouge et la ligne pointillée rouge désigne la taille moyenne lors des prises pour chaque graphique.	74

Figure 32. Répartition spatiale des prises normalisées de plie rouge (kg par trait standard) d'après le relevé de septembre par NR, par période de cinq ans, de 1971 à 2016. Les courbes ont été tracées à l'aide d'une méthode de pondération en fonction de l'inverse de la distance avec un paramètre de portée de 10 km. Le nombre total de traits utilisés dans les analyses pour chaque graphique et la proportion de traits associés à des prises non nulles de plie rouge sont indiqués dans chaque carte.	75
Figure 33. Proportion cumulative selon la profondeur (m) des stations échantillonnées et prises de plie rouge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour les strates 415 à 439, par période de cinq ans, de 1971 à 2016.	76
Figure 34. Variation décennale dans les proportions de prises de plie rouge, par plage de profondeurs, d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour les strates 415 à 439, de 1971 à 2016. Les barres graduées grisées présentent les prises de plie rouge par décennie. Les barres rouges montrent les proportions des stations d'échantillonnage, pour chaque plage de profondeurs, pour la période allant de 1971 à 2016.	77
Figure 35. Répartition spatiale des prises normalisées de plie rouge (kg par trait), d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles, de 2003 à 2016. Les courbes ont été tracées à l'aide d'une méthode de pondération en fonction de l'inverse de la distance avec un paramètre de portée de 10 km. Le nombre total de traits utilisés dans les analyses et la proportion de traits associés à des prises non nulles de plie rouge sont indiqués dans chaque carte.	78
Figure 36. Répartition spatiale des prises de plie rouge durant le relevé effectué dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016. Les petits « x » indiquent un trait associé à une prise nulle de plie rouge. La zone encadrée est proportionnelle au nombre par trait. Il convient de noter que les prises en 2010 et 2011 ont été effectuées à l'aide d'un chalut Nephrops, plutôt qu'au moyen du chalut Yankee modifié utilisé durant les autres années. Le pourcentage de traits associés à des prises non nulles (P(occ)) de plie rouge est également représenté.	79
Figure 37. Taille moyenne à 50 % de la maturité (longueur, cm) de la plie rouge, selon le sexe et l'année, estimée à partir de l'échantillonnage des prises durant le relevé de septembre par navire de recherche, de 1971 à 2016.	80
Figure 38. Densité a priori pour le coefficient de capturabilité durant le relevé de septembre par navire de recherche $qrv \sim LN(-1.7, 0.7)$. Le mode de cette densité a priori correspond à $qrv = 0.112$	81
Figure 39. Courbes de la sélectivité selon l'âge pour la plie rouge estimées pour les relevés de recherche et la pêche et fondées sur le modèle 2.	82
Figure 40. Superficie (km ²) du sud du golfe du Saint-Laurent, par intervalles de profondeur de 1 mètre (ligne noire) et de la zone par profondeur incluse dans les strates de relevé par navire de recherche 415 à 439. Environ 17 500 km ² dans le sud du golfe du Saint-Laurent, entre les isobathes de 1 mètre et de 70 mètres, ne sont pas inclus dans la zone d'échantillonnage des relevés par NR.	83
Figure 41. Estimations de la mortalité naturelle, par bloc d'âges, de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour le modèle 1 (en haut, à gauche), le modèle 2 (en haut, à droite), le modèle 5 (en bas, à gauche) et le modèle 7 (en bas, à droite). Les lignes pointillées sont les intervalles de confiance pour chaque estimation de bloc.	84

Figure 42. Comparaison entre la biomasse chalutable par NR observée (ligne pleine noire) et prévue (ligne pointillée rouge) de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.....	85
Figure 43. Profils résiduels à l'échelle logarithmique des prises selon l'âge, durant les relevés par navire de recherche, de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour le modèle 1 (graphique du haut) et le modèle 2 (graphique du bas). Le profil posant problème pour les âges 2 et 3 dans les modèles ayant des courbes de sélectivité unique pour les relevés par NR (modèle 1) est mis en évidence dans chaque graphique. Le profil résiduel pour le modèle 2 est une amélioration.....	86
Figure 44. Profils résiduels à l'échelle logarithmique des proportions selon l'âge pour les proportions des prises selon l'âge durant les relevés par NR (graphique du haut) et les proportions des prises selon l'âge pour la pêche (graphique du bas) de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les proportions sont calculées à partir de nombres. Les cercles noirs indiquent une sous-estimation et les cercles gris révèlent une surestimation par rapport au modèle.....	87
Figure 45. Abondance chalutable (en millions) observée (cercles vides) et prévue (les lignes noires pleines représentent les estimations du maximum de vraisemblance et les zones ombragées représentent l'intervalle de confiance de 95 %) de la plie rouge par groupe d'âge d'après les prises du navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.....	88
Figure 46. Abondance totale (nombres) de la plie rouge, de 2 ans à plus de 12 ans, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, prévue par le modèle 2, de 1973 à 2016.	89
Figure 47. Taux annuel estimé de mortalité par pêche (F) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.....	90
Figure 48. Biomasse du stock reproducteur estimée (BSR; t) par groupe d'âges de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.	91
Figure 49. Recrutement prédit (nombre) à 2 ans (graphique du haut) et à 3 ans (graphique du bas) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016, d'après le modèle 2.	92
Figure 50. Écarts de recrutement à 2 ans, par année, de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour les cohortes de 1963 à 2014.....	93
Figure 51. Résumé des analyses rétrospectives des inférences de modèles de populations de la plie rouge concernant l'abondance, de 2 à 4 ans (nombre, graphique supérieur de gauche), l'abondance à partir de 5 ans (nombre; graphique supérieur de droite), la biomasse du stock reproducteur (t; graphique du milieu, à gauche), le taux de mortalité par pêche (F; graphique du milieu, à droite), la mortalité naturelle, de 2 à 4 ans (M; graphique inférieur de gauche) et la mortalité naturelle à partir de 5 ans (M; graphique inférieur de droite) pour les modèles utilisant des données se terminant au cours de la période allant de 2011 à 2016. Les lignes colorées indiquent la dernière année de données incluse dans l'analyse.	94
Figure 52. Projection de la biomasse du stock reproducteur (BSR; en milliers de tonnes) de la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour la période allant de 2017 à 2021, pour 4 niveaux de prises annuelles de la pêche (0, 100, 200, 300 tonnes). Les lignes présentent les estimations historiques et prévues (médiane). L'ombrage indique les bandes d'incertitude (écart-type de ± 1) pour la période historique (zones grisées) et la période de projection (zones bleutées) sans aucune prise. On ne perçoit pas de différences dans l'abondance du stock par rapport à l'éventail de niveaux de prises examiné.	95

Figure 53. Tendence de l'indicateur de l'état du stock (la ligne noire pleine représente les estimations annuelles ponctuelles; la zone grisée représente la bande de l'intervalle de confiance de 95 % de l'estimation annuelle; la ligne rouge pointillée représente la moyenne mobile sur 3 ans de l'estimation ponctuelle) de plies rouges de taille commerciale (≥ 25 cm) en unités de biomasse chalutable (en milliers de tonnes) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. La ligne noire pointillée horizontale correspond au point de référence limite remis à l'échelle des unités de biomasse chalutable de plies rouges de taille commerciale (6 609 tonnes).....96

Figure 54. Densités moyennes (nombre par trait) par intervalles de profondeur de 5 mètres de prises normalisées de plie rouge, par groupe de taille (L25 = longueur totale inférieure à 25 cm; M25 = longueur totale supérieure ou égale à 25 cm) d'après le relevé de septembre par NR, par groupe de 10 ans et selon un dernier groupe de 6 ans, de 2011 à 2016. Il convient de noter qu'il y a beaucoup moins d'échantillons à des profondeurs moins importantes (c.-à-d. de 10 à 20 mètres) qu'à des profondeurs plus importantes.....97

RÉSUMÉ

La plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) est présente du sud du Labrador jusqu'à la baie de Chesapeake. Dans le sud du golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'OPANO), la plie rouge se répartit généralement dans les zones peu profondes le long des côtes, où elle est pêchée principalement pour servir d'appât. Un total autorisé des captures (TAC) a été mis en place en 1996 et fixé à cette date à 1 000 t. Après la plus récente évaluation, en 2011, il a été réduit à 300 tonnes et était en vigueur de 2012 à 2016. La plie rouge est actuellement pêchée dans le cadre d'une pêche dirigée relativement restreinte se concentrant principalement autour des îles de la Madeleine, et a fait l'objet de débarquements de 190 t à 320 t au cours des 10 dernières années. D'après les indices d'abondance tirés du relevé de recherche, la répartition par taille du stock de plie rouge a diminué, les pourcentages de poissons de taille supérieure ou égale à 25 cm (taille minimale pour la pêche) passant d'une moyenne de 85 % de 1971 à 1975 à 30 % de 2011 à 2015. Les estimations de la BSR étaient les plus élevées de 1975 à 1994, avec une moyenne de 356 100 t (médiane). Au cours de la période récente, l'estimation de la BSR a diminué à 235 700 t en 2003, puis à 76 270 t en 2016. La proportion de la BSR représentée par les poissons plus âgés (5 ans et plus) a également diminué au fil du temps. D'après un modèle de population, les estimations de la mortalité naturelle ont récemment augmenté chez les jeunes poissons (de 2 à 4 ans) et ont augmenté de manière constante chez les poissons plus âgés (5 ans et plus). On estime que le taux instantané de mortalité par pêche est faible ou très faible pour tous les âges. On estime que le stock se trouve sous le point de référence limite depuis 2006. En 2016, la BSR estimée correspondait à 54 % du point de référence limite. Les projections à des niveaux de prises de 0 t, de 100 t et de 300 t ne présentent aucune différence perceptible dans les tendances des stocks au cours des cinq prochaines années. La mortalité par pêche représente une très faible proportion de la mortalité totale de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, et on estime que la mortalité naturelle est le facteur ayant le plus d'incidence sur l'abondance. La contraction de la structure par taille chez la plie rouge, le déclin de la taille estimée à 50 % de maturité et la baisse des indices d'abondance du groupe de taille commerciale auparavant abondant correspondent à ceux d'un stock subissant des niveaux très élevés de mortalité.

INTRODUCTION

La plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) est une espèce courante dans les zones peu profondes du sud du golfe du Saint-Laurent (division 4T de l'OPANO, figure 1), où elle est exploitée depuis plusieurs décennies dans le cadre d'une pêche commerciale mixte. Dans le sud du golfe du Saint-Laurent, la pêche de la plie rouge est gérée selon un plan de gestion sur cinq ans (du 15 mai 2012 au 14 mai 2017) qui prévoit un total autorisé des captures de 300 t par année de pêche (de la mi-mai l'année t à la mi-mai l'année t+1). La dernière évaluation du stock a été effectuée en février 2012 afin de produire un avis pour les années de pêche de mai 2012 à mai 2017 (MPO 2012; Morin et al. 2012). Des mises à jour des indices des relevés par navire de recherche (NR) ont été fournies pour 2013, 2014 et 2015 (MPO 2014, 2015, 2016a).

Au cours des dernières années, les indices de la biomasse obtenus à partir des relevés sentinelles et par NR pour les tailles commerciales de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquent qu'il n'y a eu aucune amélioration de la biomasse depuis la dernière évaluation. La biomasse commerciale se maintient à un niveau historiquement faible (MPO 2016a). D'après les prises dans les relevés annuels, la taille moyenne de la plie rouge a diminué ces dernières années depuis le début des relevés en 1971. Les évaluations précédentes de la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent ont souligné les incertitudes dans les statistiques sur les débarquements jusque dans les années 1990 et dans la nature de la structure du stock. L'aire de répartition de la plie rouge s'étend au-delà de la marge côtière des relevés.

Dans cette évaluation, nous mettons à jour toutes les sources disponibles de données de relevé, notamment les données sur l'âge et la croissance de la plie rouge. Nous décrivons les tendances dans la pêche, y compris les statistiques sur les débarquements et les estimations des prélèvements annuels par longueur et âge. Nous approfondissons l'élaboration d'un modèle de population pour expliquer la dynamique de la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent, ainsi que les estimations correspondantes de l'abondance du stock et des mortalités.

BIOLOGIE DE L'ESPÈCE

La plie rouge est largement répartie dans l'Atlantique Nord-Ouest, du Labrador jusqu'au sud de la Géorgie (Scott et Scott 1988). L'espèce vit principalement dans les eaux côtières peu profondes, mais on trouve des populations hauturières dans des endroits tels que l'île de Sable et le banc de Georges (Scott 1976). Dans le golfe du Saint-Laurent, elle se trouve surtout le long de la rive sud, de la baie des Chaleurs jusque dans tout le détroit de Northumberland et dans la baie Saint-Georges, avec des concentrations autour des îles de la Madeleine et le bas de l'estuaire du Saint-Laurent. Une partie des prises commerciales vient du nord du golfe du Saint-Laurent (division 4S de l'OPANO) et des zones au large de l'ouest de Terre-Neuve (division 4R de l'OPANO), ce qui dénote une vaste répartition dans tout le golfe.

La plie rouge est une espèce robuste, capable de vivre dans de nombreuses conditions environnementales. Les populations du sud ont été observées dans des habitats dont la salinité était comprise entre 4 et 30 ‰ et les températures entre 0 et 25 °C (Pearcy 1962). Dans les limites septentrionales de son aire de répartition, y compris les eaux de Terre-Neuve, la plie rouge possède des protéines sériques antigels qui abaissent le point de congélation de son sang à -1,4 °C environ (Fletcher 1977). La plie rouge reste dans le golfe en hiver et elle ne migre pas vers les eaux profondes comme la morue franche et la plie canadienne (Swain et al. 1998). Elle hiverne dans les estuaires ou les zones côtières (Hanson et Courtenay 1996; Darbyson et Benoît 2003). La plie rouge a été capturée six fois sur plus de 1 800 traits pendant

les relevés hivernaux au chalut réalisés dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1983 et 1994, mais jamais dans les chenaux profonds (R. Morin, données inédites).

Le frai a lieu au printemps, de mars à juin, dans les eaux de Terre-Neuve (Kennedy et Steele 1971). Il n'existe pas d'observation directe de la période de frai dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les femelles ont été décrites comme ayant une ponte unique, déposant leurs œufs pendant une courte période (Burton 1998), mais également comme ayant une ponte fractionnée (Murua et Saborido-Rey 2003). Le développement des oocytes peut prendre plus d'un an entre le frai (Dunn 1970) et les femelles peuvent inverser le développement des gonades lorsque la nourriture se fait plus rare (Burton 1991). Les œufs fécondés de plie rouge sont démersaux, adhésifs et tendent à s'agglutiner. On pense que ces caractères sont importants sur le plan de l'adaptation, car ils permettent aux œufs et aux larves de rester dans les nurseries côtières où les conditions sont favorables à leur développement (Klein-MacPhee 1978). L'éclosion se produit entre 15 et 18 jours à 3 °C et les larves dérivent alors dans les eaux superficielles, prenant la forme d'un poisson plat benthique en 2,5 à 3,5 mois (Scott et Scott 1988). Des larves de plie rouge ont été recueillies en juin dans la baie des Chaleurs (de Lafontaine et al. 1991) et étaient les plus abondantes de la mi-mai à la mi-juillet dans l'estuaire du golfe (de Lafontaine et al. 1984). Des larves ont été collectées en surface de la fin juin au début juillet dans la partie nord du détroit de Northumberland (Faber 1976).

Dans toute son aire de répartition, la plie rouge est généralement sédentaire, se déplaçant de manière saisonnière entre les zones côtières et hauturières (examens par Klein-MacPhee 1978; Phelan 1992). McCracken (1963) a observé des concentrations de plies rouges dans les eaux peu profondes du détroit de Northumberland au printemps et au début de l'été, mais les prises déclinent dans les eaux peu profondes au milieu de l'été et augmentent à des profondeurs de 15-24 m. Le marquage effectué dans le sud du golfe de 1999 à 2004 (R. Morin, données inédites) a permis de recapturer 125 poissons dans une distance comprise entre <1 km et 75 km, dans un délai allant de quelques semaines à quatre ans. Trente-huit pour cent des poissons ont été recapturés dans un rayon de cinq kilomètres du lieu où ils avaient été relâchés (données non ajustées en fonction de l'effort de pêche). FishBase cite divers organismes qui composent le régime alimentaire de la plie rouge (Froese et Pauly 2012), dont plusieurs invertébrés benthiques (amphipodes, isopodes, crevettes), des mollusques et des vers polychètes. La plie rouge se regroupe dans les frayères du hareng de l'Atlantique et du capelan, dont elle consomme de grandes quantités d'œufs (Frank et Leggett 1984; Tibbo et al. 1963). Les déplacements côtiers saisonniers et le manque de preuve que la plie rouge migre beaucoup ont mené à spéculer que le sud du golfe du Saint-Laurent pourrait abriter plusieurs stocks locaux de plie rouge, partiellement connectés par la dérive larvaire.

Beacham (1982) a constaté que la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent est plus petite, au même âge, que celle du plateau néo-écossais, mais que sa longueur médiane et son âge sont plus grands à maturité. Vaillancourt et al. (1985) ont indiqué que la plie rouge croît plus lentement dans l'estuaire du golfe que les populations plus au sud, mais que leur condition était meilleur, ce qui suggère la nécessité d'accumuler davantage d'énergie alimentaire en réserve dans un environnement où la saison de croissance est relativement courte. Nous donnons davantage de précisions sur la croissance et la maturité dans la partie consacrée aux données des relevés.

DESCRIPTION DE LA PÊCHE

Les débarquements de plie rouge de la division 4T de l'OPANO sont enregistrés chaque année depuis 1960 (tableau 1). Les débarquements déclarés sont extrêmement variables, atteignant 3 000 t au milieu des années 1960, avant de diminuer pendant dans les années 1990 jusqu'à

moins de 200 t en 2007 et 2008 (tableau 1, figure 2). Ils sont ensuite remontés à plus de 300 t de 2010 à 2012, mais ont chuté à 211 t en 2013. Selon les données préliminaires sur les débarquements de la saison de pêche de 2016, ils seraient de 191,9 tonnes, un niveau nettement en deçà de la moyenne à long terme de 1 481 tonnes. Dans des évaluations précédentes, la variabilité des débarquements de la plie rouge dans la division 4T de l'OPANO a été attribuée en partie au manque de fiabilité des statistiques sur les prises.

La figure 2 illustre aussi les valeurs annuelles du total autorisé des captures (TAC). Le TAC était de 1 000 t de 1996 à 2011 et a été réduit à 300 t depuis 2012. Les débarquements de la pêche à l'appât pratiquée dans les îles de la Madeleine depuis 2001 (voir la description plus loin) ont commencé à quelques dizaines de tonnes par année, avec un sommet de 64, 122 et 114 t de 2009 à 2011, respectivement, constituant une partie importante des débarquements totaux ces années-là. Ils ont chuté à 10 t ou moins ces dernières années (figure 2).

La pêche au homard dans les îles de la Madeleine considère les stocks locaux de poisson plat, essentiellement de plie rouge, de limande à queue jaune et de turbot de sable comme une source d'appâts nécessaires et de grande qualité. Le poisson plat est également une solution de rechange importante au hareng et au maquereau, qui ne sont pas disponibles dans ce secteur pendant la saison de pêche au homard. En 2001, les gestionnaires des pêches de la région du Québec du MPO ont autorisé une pêche expérimentale à l'appât pour le poisson plat. Le principal engin utilisé dans cette pêche était le chalut à panneaux, ajusté pour les petits bateaux de pêche au homard et équipés de culs-de-chalut au maillage plus petit (120 et 130 mm) que celui permis dans la pêche commerciale de la plie rouge. En 2001, une vingtaine de bateaux pratiquaient cette pêche, capturant environ 11 t de plie rouge, soit 6 % de la pêche locale (MPO 2010). Cette activité a pris de l'expansion au fil du temps et en 2008, 36 chalutiers détenant un permis d'appât ont déclaré 34 t de plie rouge; en 2009, 47 chalutiers ayant un permis d'appât ont attrapé 56 t de plie rouge. L'activité a atteint son apogée en 2010 avec 96 homardiens disposant de permis d'appât, déclarant 117 t. Les débarquements de plie rouge par des navires sous permis commercial dans les îles de la Madeleine ont égalé ceux des bateaux ayant un permis d'appât en 2009 et 2010. En 2010, le MPO a décidé de réduire progressivement le nombre de permis d'appât et de jours de pêche. Les débarquements en 2011 montrent que les navires de pêche commerciale ont capturé une part plus grande des prises totales. Après 2012, les poissons plats utilisés comme appâts dans les îles de la Madeleine provenaient uniquement de la pêche commerciale. Les débarquements de cette pêche d'appât sont présentés dans le tableau 1 et sur la figure 2.

La pêche de la plie rouge dans la division 4T de l'OPANO a été soumise à des quotas en 1996, car on craignait que la fermeture de cette division à la pêche de la morue franche en 1993 n'entraîne une augmentation de l'effort de pêche sur les ressources secondaires comme la plie rouge. La pêche de la plie rouge était étroitement liée à celle de la morue et de la merluche blanche et le moratoire sur la pêche de la merluche dans la division 4T de l'OPANO en 1995 n'a fait qu'ajouter à cette préoccupation. Un TAC de 1 000 t, fondé sur la moyenne des débarquements récents, a été fixé à titre de précaution. Avant la fermeture de la pêche de la morue en 1993, la pêche de la plie rouge était soumise à relativement peu de restrictions autres que le maillage. Clay et al. (1984) indiquent que jusqu'en 1976, le maillage minimum du cul-de-chalut était compris entre 105 et 114 mm, selon le type de corde. En 1977, il a passé à 120 mm pour la plupart des matériaux et à 130 mm en 1981. En 1995, le maillage pour la pêche de la plie rouge dans le détroit de Northumberland est resté fixé à 130 mm, mais a augmenté à 135 mm dans la baie des Chaleurs, à Miscou et dans la vallée de Shediac. En 1998, le Plan de pêche axé sur la conservation établit le maillage minimum du cul-de-chalut pour la plie rouge à 140 mm dans toute la division 4T de l'OPANO. Le maillage minimum du cul-de-chalut est

actuellement un carré de 145 mm, mais une taille de 140 mm est autorisée aux îles de la Madeleine pour la limande à queue jaune.

L'effondrement des stocks de morues sur la côte Est a donné lieu à un certain nombre d'autres mesures de gestion pour les stocks de poisson de fond et au resserrement des mesures déjà en place. Dans les recommandations adressées au ministre des Pêches et des Océans dans son rapport de 1993, le Conseil pour la conservation des ressources halieutiques (CCRH 1993) donne la justification des mesures de gestion renforcées. Il souligne la nécessité de recourir à d'autres options de conservation que la méthode de définition des niveaux de prises à partir de F0.1. Outre les recommandations visant le TAC, il préconise (1) d'utiliser des engins sélectifs qui permettent aux poissons qui n'ont pas atteint l'âge de frayer de s'échapper; (2) de fermer les zones de frai pendant la période où les poissons se regroupent pour frayer; et (3) de restreindre les zones disponibles à différents types d'engins en fonction de leurs impacts respectifs sur la ressource. Les restrictions visant les engins (surtout le maillage), les fermetures de zones et les zones protégées, ainsi que la surveillance accrue (essentiellement par les observateurs en mer et les vérificateurs à quai) sont devenues les principales mesures de gestion adoptées dans les années 1990.

D'autres mesures de gestion que le maillage ont été mises en œuvre dans les années 1990 et forment encore la base de la gestion de la plie rouge dans le sud du golfe. Les permis d'appât ont été abolis en 1994 et des limites ont été fixées pour les prises accidentelles de morue. Des protocoles relatifs aux petits poissons ont été établis pour toutes les espèces de poissons de fond et des limites fixées pour la capture de poissons mesurant moins d'une taille minimale (25 cm pour la plie rouge). Des zones ont été fermées lorsque plus de 15 % des prises étaient composées de plies rouges de moins de 25 cm. Il est devenu obligatoire de débarquer tous les poissons pêchés, mais cette condition a été assouplie pour la plie rouge en 1995, autorisant les pêcheurs à remettre à l'eau les plies rouges lorsque cela pouvait leur permettre de survivre. Un niveau minimum de présence des observateurs a été défini pour chaque flottille et les conditions de permis obligeaient les pêcheurs à accepter des observateurs à bord de leurs bateaux, conformément au plan de gestion. Tous les bateaux devaient informer les vérificateurs à quai de leurs entrées au port et sorties du port. Les vérificateurs à quai contrôlaient toutes les prises et les échantillaient afin de vérifier que les limites relatives à la capture des petits poissons n'étaient pas dépassées.

Les mesures de gestion qui étaient en vigueur pendant les saisons de pêche de 2015 et 2016 pour la plie rouge sont récapitulées dans le tableau 2.

Depuis 1991, les journaux de bord sont devenus une condition de permis pour la pêche commerciale du poisson de fond. En outre, en 1995, la plie rouge a été incluse parmi les espèces débarquées à inscrire au journal de bord des engins mobiles et des bordereaux d'achat. Les années précédentes, les journaux de bord comprenaient une colonne indiquant « poissons plats » dans laquelle figurait souvent le poids total de plusieurs espèces de poissons plats. Les journaux de bord améliorés et l'expansion du programme de vérification à quai ont permis de décompter de manière plus détaillée les espèces débarquées (Morin et Forest-Gallant 1997). Un certain nombre d'autres mesures de gestion, décrites dans cette section, ont contribué à améliorer les dossiers sur les débarquements de plie rouge.

Le tableau 3 indique les débarquements et la figure 3 illustre la proportion de débarquements par sous-zone de l'OPANO, reflétant la transition de la pêche dans la région 4Tf, c'est-à-dire les îles de la Madeleine. Cette pêche locale représentait les 168,4 t débarquées dans la zone 4Tf en 2015 sur les 215,9 t débarquées dans la division 4T de l'OPANO. Les divisions 4Tg et 4Tm constituent le gros du reste des débarquements, à 28,1 et 17,1 t, respectivement. Les cartes de la figure 4 représentent ce déplacement géographique des prises moyennes locales par

périodes de cinq ans et regroupées par latitude et longitude des captures en blocs de 10 minutes, de 1991 à 2016. Les débarquements ont largement disparu des environs de la péninsule acadienne (4Th), de l'ouest de l'Î.-P.-É (4TI) et de la baie Saint-Georges. La pêche est encore pratiquée dans le nord de la baie des Chaleurs (4Tm et 4Th) et à l'est de l'Î.-P.-É (4Tg), mais sur une échelle très réduite. Ce sont désormais les débarquements des îles de la Madeleine qui dominent la pêche.

La figure 3 montre que la période de la pêche a avancé dans l'année entre 1960 et 2015. Dans les années 1960, les débarquements avaient lieu en majorité en octobre et novembre, contre mai et juin de 2006 à 2015. Cette période plus précoce dans l'année depuis 2000 reflète les exigences en appâts de la pêche au homard aux îles de la Madeleine. La pêche de la plie rouge a maintenant surtout lieu de mai à octobre, mais elle peut commencer dès le mois d'avril si les conditions météorologiques le permettent.

Les chaluts à panneaux ont été le principal engin utilisé pour capturer la plie rouge dans le cadre de la pêche commerciale (tableau 5, figure 3). Depuis le milieu des années 1980, les filets maillants ont pris de l'importance, avec un pic dans le milieu des années 1990 en raison de l'expansion des filets emmêlant. Ce type de filets maillants, dont on a retiré les dispositifs de flottaison, sont jetés sur les frayères à harengs au printemps et à l'automne, lorsque les plies rouges s'y regroupent pour se nourrir d'œufs de hareng. De 1993 à 1999, les filets maillants représentaient de 30 à 46 % des débarquements annuels de plie rouge, mais ce pourcentage est redescendu entre 20 et 30 % depuis. L'importance des sennes dans cette pêche a varié, dépassant rarement un quart des débarquements annuels. La pêche à la senne est actuellement un engin important pour capturer des plies rouges destinées à la pêche au homard dans les îles de la Madeleine.

Les prises accessoires de plie rouge se produisent surtout dans la pêche de limande à queue jaune et elles ont en grande partie disparu dans les pêches de morue franche et de plie canadienne pendant les années 1990 (figure 3).

INDICES ET CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Données dépendantes de la pêche

Composition selon la taille

Cette section présente les données sur la composition selon la taille et selon l'âge de la plie rouge dans la pêche commerciale pour la division 4T de l'OPANO. Comme dans les évaluations précédentes, ces données proviennent essentiellement de l'échantillonnage des prises commerciales effectué par le personnel du MPO dans les ports de débarquement (Daigle et Benoît 2007). Les observateurs en mer échantillonnent les prises et mesurent les plies rouges selon des exigences d'échantillonnage au port semblables depuis 1994. En général, un échantillon minimum de plies rouges pour les fréquences de longueur compte de 200 à 250 poissons. Le nombre débarqué par la pêche commerciale de l'année est obtenu en calculant les fréquences de longueur échantillonnées par rapport aux prises des navires et aux débarquements totaux. On produit des estimations annuelles agrégées plutôt que par saison ou zone. Depuis la dernière évaluation, la composition selon l'âge et la taille des prises de plie rouge pour toute la série chronologique a été estimée à nouveau par principal type d'engin (chaluts, sennes et engin fixe) lorsque c'était possible. Le tableau 6 récapitule le nombre d'échantillons et de poissons mesurés, par type d'engin, depuis 1973.

L'échantillonnage commercial des prises a débuté en 1973. De 1973 à 1981, moins de cinq échantillons étaient prélevés dans la pêche commerciale chaque année (à l'exception de 1976, où 12 échantillons ont été recueillis). Aucun échantillon n'a été prélevé en 1979 et en 1981. Dans les années 1970 et 1980, la composition annuelle selon la longueur était obtenue en combinant les échantillons d'années adjacentes.

Données indépendantes de la pêche

Relevés plurispécifiques effectués en septembre

Le relevé plurispécifique au chalut de fond par navire de recherche (NR) a lieu chaque année au mois de septembre depuis 1971. Les stations aléatoires sont réparties selon un plan d'échantillonnage stratifié (figure 5) dont les strates définissent des zones où l'habitat et la profondeur sont semblables. Des expériences de pêche comparative ont été menées pour chaque changement d'engin (1985) ou de navire de relevé (1985, 1992, 2004). Les strates côtières 401, 402 et 403 ont été ajoutées en 1984. Elles n'ont pas été prises en compte pour calculer les indices de l'abondance et de la biomasse afin de maintenir la comparabilité entre les années. La plie rouge étant présente dans ces strates, les indices ont été comparés en incluant et en excluant ces strates côtières (voir plus loin). Chaque prise de plie rouge était mesurée et on mesurait la longueur d'un sous-échantillon de la prise (jusqu'à 200 poissons). Des échantillons d'otolithes stratifiés selon la longueur ont été prélevés afin de déterminer l'âge des poissons. Avant 1985, le chalut était un Yankee 36. Depuis, c'est un Western IIA avec une doublure de filet à mailles de 19 mm dans le cul de chalut. D'autres détails sur ce relevé sont donnés dans Hurlbut et Clay (1990). Les prises ont été normalisées par longueur de trait et mises à l'échelle des prises de jour sur le navire de relevé actuel, le NGCC Teleost, selon les descriptions qui figurent dans Benoît et Swain (2003) et Benoît (2006).

Relevés par pêche sentinelle par engins mobiles

Les relevés annuels par pêche sentinelle par engins mobiles fournissent des données complémentaires sur l'abondance du poisson à partir des bateaux et engins de pêche commerciale. Le relevé par pêche sentinelle par engins mobiles dans sa forme actuelle est effectué chaque année depuis 2003 au mois d'août par quatre chaluts à panneaux, selon le même plan expérimental à stratification aléatoire que le relevé plurispécifique de septembre (figure 5). Sur l'ensemble de la série chronologique (de 2003 à 2016), 11 navires différents en tout ont participé à ce relevé (tableau 7). En vertu du protocole d'échantillonnage, les traits doivent être effectués de jour avec une distance cible de 1,25 miles nautiques et à une vitesse de 2,5 nœuds. L'engin de pêche est un chalut à panneaux, mais pas du même type que celui utilisé dans le relevé de septembre et, contrairement à celui-ci, sans doublure dans le cul de chalut et avec un maillage de 40 mm au lieu de 19 mm dans l'engin du relevé par NR. D'autres précisions sur le relevé par pêche sentinelle par engin mobile sont présentées dans Savoie (2014). Comme la strate 402 n'a été échantillonnée que pendant une partie de la série chronologique, seules les strates 401, 403 et 415-439 ont été utilisées dans les analyses.

Le relevé par pêche sentinelle par engin mobile ne comporte pas de pêche comparative structurée pour estimer le rendement relatif de la pêche des bateaux participants. Dans la mesure où ces bateaux ne pêchent pas aux mêmes endroits, il faudrait inférer leur rendement relatif par rapport à un critère de zone locale, comme la strate de relevé. Cependant, compte tenu de la répartition spatiale limitée de la plie rouge, les effets des bateaux n'ont pas été estimés en raison des effets spatiaux confusionnels qu'il faudrait prendre en compte. Les prises ont ainsi été normalisées uniquement pour une distance standard de 1,25 miles nautiques.

Relevé du détroit de Northumberland

Il existe peu de relevés soutenus dans les zones côtières du sud du golfe du Saint-Laurent, dans les habitats qui sont très fréquentés par la plie rouge et qui ne sont pas entièrement couverts par le relevé annuel par NR. Le relevé du détroit de Northumberland (DN) ne descend pas à plus de 10 m (Morin et al. 2002). Il a débuté en 2000 pour surveiller l'abondance et la répartition du homard dans la zone de pêche du homard (ZPC) 25, mais a été élargi au fil des ans pour couvrir la plus grande partie de la ZPC 26A également. Le relevé applique un plan expérimental par blocs aléatoires avec un quadrillage de superposition de 2 X 2 milles nautiques. Les blocs ont été séparés en neuf strates de relevé qui couvrent le détroit de Northumberland (figure 6). Les stations principales et secondaires ont été choisies au hasard dans chaque bloc. Un chalut de fond numéro 286, équipé d'un bourrelet de type « passe-roche » en caoutchouc, est utilisé depuis 1990 (Hanson 1996; Hanson et Lanteigne 2000; Voutier et Hanson 2008). La durée de chaque trait est de 15 minutes avec une vitesse cible du bateau de 2,5 nœuds sur une distance de 0,625 milles nautiques. Après chaque trait, les prises sont triées par espèce, chaque taxon est pesé et les résultats sont consignés. La description complète du plan du relevé figure dans Comeau et al. (2008) et dans Voutier et Hanson (2008).

Le plan du relevé a été modifié en 2010 et 2011. Ces deux années, on a utilisé un chalut Bigouden Nephrops avec un bourrelet plus petit et un autre protocole de pêche afin d'échantillonner de manière plus efficace le crabe commun (*Cancer irroratus*) et la crevette grise (*Crangon septemspinosa*) (Conan et al. 1994). La durée du trait était de 5 minutes avec une distance cible de 0,125 milles nautiques. La zone de relevé était normalisée et le nombre de stations d'échantillonnage compris entre 100 et 110 stations. En 2012, on est revenu au chalut « passe-roche », mais sans modifier le plan spatial du relevé. Aucune expérience de pêche comparative n'a été effectuée pour estimer les différences de capturabilité entre les différents engins.

Taille à la maturité

Les poissons échantillonnés ont été classés selon les stades de maturité : immature, mature, en état de frai ou après le frai. La comparaison des proportions relatives des stades de maturité attribués montre qu'ils n'ont pas été utilisés uniformément pendant la série chronologique. Les figures 7 (mâles) et 8 (femelles) illustrent les proportions empiriques des trois groupes de poissons; ceux qui sont certainement immatures, ceux qui sont certainement matures et ceux au sujet desquels nous ne sommes pas certains (c'est-à-dire que nous ne sommes pas absolument sûrs qu'ils sont matures), par groupes d'année. Cette incertitude vient d'un mauvais diagnostic du stade de maturité après le frai, clairement un stade post-frai (mature), caractérisé par les petites gonades vides, qui peut être confondu avec le stade immature chez les poissons plus petits.

La maturité selon l'âge par année, une exigence dans le modèle de population, a été calculée en tant que rapport de l'abondance des poissons matures et de l'abondance totale selon l'âge. Les courbes annuelles de la maturité selon la longueur ont été estimées et appliquées aux fréquences de longueur du NR correspondant pour calculer l'élément « poissons matures ».

Âge et croissance

Les différents âges des plies rouges ont été déterminés par lecture des otolithes sagittaux entiers sous un microscope à dissection à lumière réfléchie. Toutes les déterminations de l'âge ont été effectuées par le même lecteur (I. Forest, région du Golfe du MPO) depuis 1990, qui avait été formé par le lecteur précédent (M. Strong, région des Maritimes du MPO, station biologique de St. Andrews). La lecture de l'âge a été interrompue en 1995 (Morin et al. 1995) à

la suite d'un échange d'otolithes avec le Northeast Fisheries Science Center (Woods Hole, MA) qui a révélé de grandes différences dans l'interprétation de l'âge entre les lecteurs d'otolithes, remettant en cause la validité des lectures d'otolithes précédentes dans le sud du golfe. Les différences d'interprétation entre les lecteurs ont été résolues par la suite et la détermination de l'âge a repris de 2004 à 2007, avant de s'interrompre les années suivantes. Bien que les otolithes de plie rouge soient recueillis chaque année dans le cadre du relevé de septembre par NR, ils ne sont pas lus régulièrement. Afin d'obtenir des échantillons d'âge plus récents et de combler certaines lacunes dans les années intermédiaires, un sous-échantillon aléatoire d'environ 150 otolithes par an a été choisi, de manière à avoir au plus six otolithes par centimètre de longueur de poisson, trois par sexe. Aucune collection d'otolithes de référence pour la plie rouge n'étant disponible pour cet exercice, le lecteur a utilisé une collection pour la plie canadienne. Cette substitution est considérée comme raisonnable compte tenu de la similarité de la taille et de la forme des otolithes entre les deux espèces. Cette procédure a été appliquée aux échantillons de 1998, 1999, 2012, 2013 et 2014.

Le nombre d'otolithes datés valides, par année et âge, est présenté dans le tableau 8. En tout, des données pour la détermination de l'âge sont disponibles pour 21 des 46 années de relevé par NR. Pour 10 de ces 21 années, les clés empiriques âge-longueur, c'est-à-dire les estimations des proportions selon l'âge par taille de poisson, pourraient ne pas être fiables, car elles contiennent moins de 300 lectures valides d'otolithes et les estimations des proportions selon l'âge d'après la longueur ne sont pas fiables pour la plupart des valeurs de la longueur. Les données sur la détermination de l'âge sont donc incomplètes pour la série chronologique puisqu'il n'y a pas de données pour 25 années et 10 années pour lesquelles les données sont incomplètes.

Modèle de clé âge-longueur lissée

Les données sur l'âge sont manquantes ou incomplètes et il n'est pas possible de produire des clés empiriques âge-longueur pour les trois quarts environ de la série chronologique du relevé. Si le profil de croissance temporel est jugé relativement constant, il peut être justifié de regrouper les données sur plusieurs années, mais dans ce cas, des changements ont été observés dans la croissance.

Nous avons donc appliqué un modèle paramétrique qui utilise les corrélations temporelles et fondées sur la longueur dans les données pour déduire les proportions selon l'âge pour les années et les catégories de longueurs dont les données sont manquantes ou incomplètes. Nous avons repris le modèle décrit dans Stari et al. (2010). Cette méthode, un type de modèle multilogistique, estime les proportions selon l'âge à partir d'un ensemble de régressions logistiques, chaque âge étant régressé avec la longueur par rapport à une référence donnée. Nous appelons ce modèle un modèle de clé âge-longueur (CAL) lissée puisque la clé âge-longueur obtenue est « lissée » sur la longueur par rapport à un modèle empirique. Cela permet de réduire le nombre de paramètres estimés à partir de $n_l(n_a - 1)$ dans le cas empirique, où n_l et n_a sont les nombres de catégories de longueurs et d'âges dans la clé, aux $2(n_a - 1)$ paramètres pour le modèle de CAL lissée, qui correspondent aux paramètres d'intersection et de pente logit-linéaires pour $n_a - 1$ courbes de régression logistique. Cette approche est souvent justifiée, car les proportions d'âge par paire sont fréquemment bien modélisées par une courbe logistique sur la longueur (Stari et al. 2010). Nous avons prolongé ce modèle pour y inclure un terme aléatoire intégrant la variabilité temporelle.

Prenons α_a et β_a , indexés selon l'âge a , comme paramètres d'intersection et de pente à l'échelle logit, respectivement. Prenons également φ_{at} comme un champ aléatoire autorégressif de premier ordre bidimensionnel sur l'âge a et l'année t . En prenant la dernière catégorie d'âges comme référence, nous définissons :

$$\begin{aligned} \eta_{lat} &= \exp(\alpha_a + \beta_a \lambda_l + \varphi_{at}), & \text{pour } a = 1, \dots, n_a - 1 \\ \eta_{lat} &= 1, & \text{pour } a = n_a \\ \varphi_{at} &\sim \rho_A \rho_T \varphi_{a-1, t-1} + \varepsilon_{\varphi}, & \varepsilon_{\varphi} \sim N(0, \sigma_{\varphi}) \end{aligned}$$

où n_a est le nombre de catégories d'âges, ρ_A et ρ_T sont les paramètres de corrélation de l'âge et de l'année, σ_{φ} est un paramètre d'erreur, λ_l est la longueur des poissons indexée par l , t est un indice de l'année. Définissons maintenant la probabilité d'avoir une observation à l'âge a , pour un poisson de la longueur λ_l , l'année t , comme suit :

$$P_{lat} = \frac{\eta_{lat}}{\sum_{a=1}^{n_a} \eta_{lat}}$$

La distribution du vecteur des nombres observés pour chaque âge est supposée multinomiale avec le vecteur de probabilité P_{lat} pour le nombre total d'observations N_{lt} .

$$y_{lat} \sim \text{Mult}(P_{lat}, N_{lt})$$

Ce modèle a été formulé en TMB (Kristensen et al. 2016), qui a ensuite généré la fonction de logarithme-vraisemblance correspondante et a été optimisé à l'aide de la fonction optim dans le logiciel d'analyse statistique de R (R Core Team 2016).

RÉSULTATS

Âge et croissance

Les longueurs moyennes empiriques selon l'âge, par groupe d'âges, sont illustrées sur la figure 9. De 1975 à 2014, la longueur moyenne selon l'âge a diminué globalement de 2 à 3 cm au fil du temps, sans égard à l'âge. Cette tendance à la baisse est constante d'une période à l'autre, mais elle s'inverse légèrement pendant la période la plus récente (2012 à 2014). À noter cependant que les échantillons étaient de petite taille durant cette période. L'âge à la taille commerciale (25 cm) est passé de 5 à 6 ans au cours des années d'échantillons.

Modèle pour générer les clés âge-longueur

Les valeurs de la probabilité maximale des paramètres d'intersection α_a et de pente β_a logit-linéaires sont représentées sur la figure 10. La figure 11 est un graphique à bulles du terme d'intersection aléatoire à l'échelle logit φ_{at} , montrant les écarts par rapport aux termes d'intersection fixes α_a sur l'âge et le temps. Les estimations de la probabilité maximale (et les intervalles de confiance à 95 % entre crochets) pour les paramètres du terme d'intersection aléatoire étaient $\sigma_{\varphi} = 2.86 [1.47, 5.77]$ pour le paramètre d'erreur, $\rho_A = 0.987 [0.947, 0.997]$ pour le paramètre de corrélation avec l'âge et $\rho_T = 0.685 [0.538, 0.793]$ pour le paramètre de corrélation avec l'année. Le terme autorégressif pour φ_{at} a été jugé significatif sur un modèle nul (test du ratio de vraisemblance, $\chi^2(2448, \text{df} = 3)$, $p \ll 10^{-5}$). De même, le modèle de CAL lissée avec structure autorégressive pour φ_{at} a été jugé très significatif par rapport à un autre modèle avec effets aléatoires indépendants pour φ_{at} (test du ratio de vraisemblance, $\chi^2(358, 2, \text{df} = 2)$, $p \ll 10^{-5}$). Le terme aléatoire φ_{at} agissant comme un modificateur des paramètres d'intersection logit α_a , un modèle plus complexe intégrant un effet aléatoire semblable pour modifier les paramètres de pente logit β_a a également été étudié. Cependant, l'ajout du terme n'a pas été jugé significatif, car les estimations de son paramètre d'erreur d'échelle convergeaient vers des valeurs très petites, ce qui montre que l'effet global était négligeable.

On peut voir des effets importants de l'année pour φ_{at} , en particulier en 1977 et 1991 (figure 11). Cela pourrait indiquer de possibles biais de lecture pour ces années, car on ne

s'attend généralement pas à des changements aussi marqués dans toutes les classes d'âge une année donnée. Compte tenu du grand nombre d'observations de 2004 à 2007, les écarts négatifs importants constatés dans la partie inférieure droite du graphique pourraient dénoter une diminution de la taille selon l'âge chez les poissons plus jeunes. Cette tendance ne s'est pas poursuivie à la période 2012-2014, même si les observations durant cette période étaient peu nombreuses.

Les versions du modèle de CAL lissée ont été comparées aux proportions empiriques pour une année riche en données (2006) et une année pauvre en données (2014) (figures 12 et 13). Pour 2006, la composante multilogistique associe bien les proportions empiriques pour les longueurs lorsque les données sont abondantes, tandis que les longueurs des poissons avec moins de données présentent des proportions empiriques plus bruyantes et dont le modèle lisse les prédictions. Pour 2014, le lissage était plus important, car le nombre d'observations était beaucoup plus petit. Comme le terme de l'effet aléatoire est corrélé avec le temps, le modèle obtenu n'est pas seulement une fonction des données de 2014, mais aussi des années adjacentes, selon le degré de corrélation estimé par le modèle. Étant donné la structure autorégressive utilisée pour le terme de l'interception aléatoire, il est stationnaire dans le temps. Ainsi, dans les interpolations ou extrapolations pour les années sans données, le modèle tendra naturellement vers la moyenne globale lorsque la corrélation avec le temps est faible. Par exemple, l'effet aléatoire estimé pour la période 1984-1988 tend vers zéro en raison de l'absence de données pour 1983-1989.

La clé âge-longueur réelle utilisée pour tous les calculs des prises selon l'âge est un amalgame des estimations empiriques et du modèle de CAL lissée. Lorsque le nombre d'observations pour une catégorie de longueurs donnée était inférieur à 10, l'estimation lissée est utilisée au lieu de l'estimation empirique. Cela signifie que pour 2006, par exemple (figure 12), les valeurs empiriques entre les longueurs de poisson de 11 et 35 cm ont été utilisées, et non les estimations fondées sur le modèle puisqu'il existait plus de 10 observations pour chacune de ces catégories de longueurs. Pour 2014, étant donné qu'il existait moins de 10 observations pour toutes les catégories de longueurs, seules les estimations fondées sur le modèle ont été utilisées (figure 13).

La sortie du modèle était un ensemble de clés âge-longueur pour chaque année de la série chronologique du NR. Cette clé a été utilisée pour toutes les conversions des prises selon l'âge, y compris les abondances selon l'âge pour le relevé et les prises selon l'âge pour la pêche.

Composition selon l'âge et la taille des prises commerciales

Les prises commerciales selon la longueur de plie rouge dans la division 4T de l'OPANO sont présentées sur la figure 14. Bien que les distributions de la longueur soient généralement unimodales, elles affichent une certaine variabilité sur l'ensemble des tailles et, dans une moindre mesure, des moyennes (figure 15). Aucune diminution de la taille moyenne n'est flagrante pendant la période. En 2010 et 2011, la taille moyenne était d'environ 25 cm et a augmenté jusqu'à la moyenne globale de 27 à 28 cm de 2012 à 2016. Les proportions de poissons de moins de 25 cm étaient plutôt élevées (15 à 40 %), en particulier de 1975 à 1978 et de 2010 à 2014 (figure 15). Du milieu à la fin des années 1980 et de 2000 à 2009 sont des périodes où les poissons de petite taille étaient présents en proportions moyennes (environ 10 %) (figures 14 à 16).

Malgré les petits maillages utilisés dans les années 1970 et 1980, les plies rouges de moins de 25 cm n'étaient pas régulièrement abondantes dans les prises débarquées (figures 14 à 16). Elles composaient moins de 10 % des prises débarquées la plupart des années jusqu'en 1990 (figure 16). Les maillages et la réglementation imposés en 1994 ont peut-être contribué à

maintenir le faible pourcentage de petits poissons, mais leur proportion des prises totales était déjà à un niveau faible depuis 1989. En dépit des maillages plus grands utilisés, la proportion de plies rouges de moins de 25 cm dans les prises totales semble avoir augmenté depuis la fin des années 1990 (figure 16). Les tailles maximales des plies rouges étaient plus grandes au début de la série chronologique de l'échantillonnage commercial. Jusqu'en 1990, elles étaient essentiellement comprises entre 45 et 55 cm, avec des poissons de 60 et 68 cm consignés dans les prises de 1985 et 1986. Depuis cinq ans, les tailles maximales des poissons se situent entre 43 et 47 cm. Ce déclin est visible dans le 97,5^e centile des longueurs mesurées (figure 15).

La figure 17 et le tableau 9 montrent les prises commerciales selon l'âge estimé de 1973 à 2016. Ces estimations ont été calculées en appliquant la clé âge-longueur lissée du relevé de septembre aux estimations des prises commerciales selon l'âge décrit dans la section précédente. Bien que les niveaux des prises aient beaucoup changé au fil du temps, les proportions selon l'âge sont restées relativement stables. Sauf pour 2010 et 2012, qui reflètent les plus petites tailles capturées pendant ces années, l'âge modal n'a pas beaucoup changé avec le temps. Cela n'est pas surprenant puisque les prises selon la longueur affichent peu de changement au fil des ans. Les poissons prélevés dans le cadre de la pêche ont de 5 à 9 ans généralement, mais ils peuvent avoir jusqu'à 12 ans.

Indices de l'abondance

Relevé par navire de recherche

L'indice de l'abondance globale de la plie rouge était plutôt stable pendant la plus grande partie de l'historique du relevé, avec un niveau légèrement supérieur d'environ 61 poissons par trait au début de la série, de 1974 à 1983, suivi par une période prolongée de relative stabilité jusqu'en 2009 à 35 poissons par trait, une diminution en 2010 aux niveaux actuels d'une quinzaine de poissons par trait et une valeur de 10,5 poissons par trait en 2016 (figure 18). La moyenne à long terme est de 37,2 poissons par trait. À titre de comparaison, l'indice incluant les strates côtières 401, 402 et 403 est également indiqué pour la période 1984-2016. Ces strates représentent une grande quantité des prises de plie rouge et leur inclusion dans l'indice produit des tendances très semblables (figure 18). Par contraste, les indices du poids des prises révèlent une tendance à la baisse à long terme pendant la série du relevé, d'une moyenne de 17,4 kg par trait de 1974 à 1983, qui diminue à moins de 2 kg par trait ces dernières années et une valeur de 1,1 kg par trait en 2016. Ici encore, l'inclusion des strates côtières donne un indice très comparable (figure 18).

La figure 19 illustre l'indice des prises pour les tailles commerciales et non commerciales. Les prises de petits poissons (moins de 25 cm) ont augmenté au début des années 1970 et sont demeurées plutôt stables pendant la majorité de la série chronologique, mais elles ont diminué de moitié environ en 2010 et sont restées à ce niveau depuis. En revanche, les prises de taille commerciale (égales ou supérieures à 25 cm) ont connu un déclin marqué et constant dans le temps. Cette baisse est en grande partie due à la diminution de l'abondance des poissons plus grands (voir les résultats fréquence de longueur du NR plus loin).

La figure 20 illustre la variabilité spatiale des indices de l'abondance pour les quatre sous-régions du sud du golfe du Saint-Laurent. Pour les strates 418 et 419, dans la région de la baie des Chaleurs, l'abondance affiche une série très variable d'où se dégagent très peu de tendances temporelles. L'indice pour les strates 420 et 421, près de Miramichi, indique des effets certaines années, mais une tendance est visible avec de légères baisses ces dernières années. Les strates 428 et 435, autour des îles de la Madeleine, ont connu une période d'abondance plus grande de 1973 à 1984, des niveaux plus bas de 1985 à 1999, puis une

augmentation à de nouveaux niveaux en 2000 et une réduction en 2015 et 2016, mais cette tendance est ponctuée par ce qui semble être des effets annuels. À l'est de l'Î.-P.-É., les strates 432 et 433 affichent une tendance très semblable à la tendance globale, mais avec une diminution visible depuis 1995, jusqu'aux niveaux relativement bas de ces dernières années.

Fréquences de longueur

Les fréquences de longueur moyennes stratifiées indiquent une diminution marquée de la taille des plies rouges capturées durant le relevé de septembre par NR (figure 21). Dans les premières années de relevé (1971 à 1985), la longueur modale se situait entre 26 et 30 cm; elle a par la suite chuté à 23 cm du milieu des années 1980, puis à 20 cm au début des années 2000 et, depuis 16 ans, elle atteint à peine 18 à 20 cm (figure 21). La proportion de poissons de plus de 25 cm a progressivement diminué, passant d'un sommet de 81,7 % aux niveaux actuels de 24,6 % de 2011 à 2016. Cette réduction de la taille explique en grande partie celle observée dans les indices des prises du relevé par NR. La répartition annuelle des fréquences de longueur au cours des six dernières années ne montre aucun changement évident, la longueur moyenne à 20 cm environ et l'écart-type demeurant relativement stables (figure 22).

La figure 23 illustre les statistiques annuelles sur la longueur des poissons tirées du relevé par NR. Elle révèle une diminution constante de la taille moyenne initiale de 30 cm en 1971 aux niveaux actuels d'une vingtaine de cm en 2016, avec peu d'écarts par rapport à cette tendance. Cette baisse apparaît également dans les 2,5^e et 97,5^e centiles et dans les quartiles. Elle représente une réduction considérable de la taille des poissons capturés par le relevé par NR.

La figure 24 montre la tendance du poids individuel moyen d'une plie rouge de 25 cm, estimé à partir des données longueur-poids du relevé par NR. Cette série est quelque peu difficile à interpréter dans le sens où la précision des balances à bord des navires a bien changé depuis le début du relevé. À l'origine, on utilisait des balances à ressort d'une précision de 25 g, qui ont été remplacées par des appareils d'une précision de 10 g, 5 g et 1 g au fil du temps. On utilise maintenant des balances d'une précision de 0,1 g. La variabilité au début de la série est ainsi en partie attribuable aux variations de la précision et certaines estimations, comme celles de 1989 et 1993, semblent irréalistes. En supposant que les balances n'étaient généralement pas faussées, une tendance à la baisse se dégage visiblement dans les données, passant de niveaux de 200 g environ au début de la série à des poids de 180 à 190 g aujourd'hui. Même si ces changements peuvent révéler un moins bon état des animaux, d'autres changements physiologiques observés, comme la diminution de la taille à la maturité ou de la croissance, peuvent expliquer la réduction du poids moyen.

Indices de l'abondance à un âge donné

Les abondances chalutables selon l'âge du relevé par NR dans les strates 415 à 439 sont indiquées dans le tableau 10 et représentées par un graphique à bulles sur la figure 25. L'âge moyen et modal de la plie rouge diminue en général dans le temps et il existe peu de preuves de cohortes qui se développent à travers la population. Des diagrammes de dispersion par paire et la corrélation entre les âges sont illustrés sur la figure 26. Les valeurs de la corrélation linéaire sont généralement très faibles et la plus forte, entre les poissons d'âge 8 et d'âge 9, est de 0,312.

La figure 27 montre la longueur moyenne selon l'âge pour les prises du relevé par NR. On observe une réduction de 2 à 3 cm pour tous les âges, jusqu'à un creux entre 2005 et 2008, suivi d'une légère augmentation ces dernières années. Cette réduction reflète celle de la croissance illustrée sur la figure 9.

Pêche sentinelle

La figure 28 montre les indices d'abondance et de biomasse pour les relevés par pêche sentinelle de 2003 à 2016. On observe un déclin global marqué, passant de 10 poissons par trait en moyenne en 2003 à 1 poisson à peine par trait en 2016. Les prises étaient légèrement supérieures les années intermédiaires, de 2009 à 2011, mais ont nettement diminué en 2012 avant d'augmenter un peu depuis pour remonter jusqu'à un niveau d'environ 90 % de celui de 2003. L'indice de biomasse suit une tendance similaire.

Fréquences de longueur

La figure 29 représente les fréquences de longueur moyennes stratifiées pour les prises du relevé par pêche sentinelle avec des engins mobiles de 2003 à 2016 dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Malgré la réduction globale d'abondance, aucune tendance nette ne se dégage pour la taille moyenne sur la durée de la série. La proportion de poissons de moins de 25 cm tend à être plus élevée ces dernières années, à 69 % et 76 % en 2015 et 2016, respectivement.

Détroit de Northumberland

Les indices moyens stratifiés de l'abondance de plie rouge pour les deux sous-ensembles de blocs sont indiqués sur la figure 30. Les prises ont été normalisées à 0,625 milles nautiques lorsque l'on utilisait le chalut à bourrelet et à 0,125 milles nautiques lorsque l'on utilisait le chalut Bigouden Nephrops. Les estimations incluant et excluant la strate 6 étaient très semblables et affichaient des tendances et échelles identiques. Les prises ont augmenté dans toute la zone du relevé (figure 27) et le pourcentage de prises non nulles a grimpé à 97,5 %. La série de 2000 à 2009 est très variable. Les indices annuels sont très variables, avec des valeurs minimales de 15 poissons par trait en 2000, 2004 et 2005, des pics locaux à 30 poissons par trait en 2001 et 2002 et une augmentation globale soudaine en 2006 à 56 poissons par trait. Les prises sont demeurées élevées en 2007 et 2008, mais ont brusquement chuté à 17 poissons par trait en 2009. Comme le protocole de relevé était plutôt constant de 2000 à 2009, ces fluctuations des prises moyennes sont très probablement dues à un afflux de plies rouges de l'extérieur de la zone du relevé. Les prises ont doublé de 2010 à 2011, mais leur échelle ne peut pas être comparée aux autres années à cause de l'utilisation du chalut Bigouden Nephrops. Les prises de 2012 à 2016 affichent une légère tendance à la hausse, d'une vingtaine de poissons par trait à 40 poissons, mais une grande incertitude entoure ces valeurs du fait du nombre réduit de stations d'échantillonnage.

Fréquences de longueur

La distribution des fréquences de longueur est représentée sur la figure 31 pour les deux sous-ensembles de strates étudiés. Les estimations incluant et excluant la strate 6 étaient semblables. Contrairement aux autres relevés, la distribution des longueurs révèle des variations avec quelques signes de cohortes pouvant traverser la zone échantillonnée. Les distributions sont multimodales certaines années, comme en 2012, 2013 et de 2014 à 2016. La taille moyenne a diminué pendant la série de 2000 à 2011, mais a été stable depuis à une quinzaine de cm. Les poissons de plus de 25 cm semblent pour l'essentiel absents des prises depuis 2012.

Répartition spatiale

Relevé par navire de recherche

La répartition spatiale des prises normalisées de plie rouge dans le temps, tirée du relevé de septembre, est illustrée sur la figure 32. Une méthode de pondération inversée avec un paramètre de portée de 10 km a été appliquée aux groupes de données sur cinq ans. Les plies

rouges se répartissent dans les zones côtières de l'ensemble du sud du golfe du Saint-Laurent. Elles se trouvent à l'est et à l'ouest de l'Î.-P.-É, autour de la vallée de Shediac et de la péninsule acadienne et autour des îles de la Madeleine. Même si les prises ont diminué dans le temps, la présence de plies rouges dans les diverses zones est généralement demeurée la même, bien qu'à des niveaux nettement plus bas, à l'exception des zones de la vallée de Shediac et de l'est de l'Î.-P.-É et du nord des îles de la Madeleine, où l'espèce figure désormais très rarement dans les prises du NR.

Les prises cumulatives de plie rouge par le NR en fonction de la profondeur, par période, sont représentées sur les figures 33 et 34. De 80 à 90 % des prises de plie rouge dans le relevé par NR ont été enregistrées dans la tranche d'eau de 25 à 40 mètres des stations. Bien que la distribution en profondeur des captures ait peu varié au fil du temps, il y a eu un léger changement vers les eaux plus profondes. On le voit dans la période récente (2011 à 2016), où 40 % des prises ont eu lieu dans des eaux de moins de 30 mètres de profondeur, contre 60 % pour le reste de la série. La proportion de prises non nulles est restée plutôt constante dans le temps, environ 20 % des traits remontant des plies rouges chaque période.

Pêche sentinelle

La figure 35 illustre la répartition spatiale des prises du relevé par pêche sentinelle de 2003 à 2016. La répartition globale est très semblable à celle du relevé par NR pendant la même période (figure 33). À l'origine, les prises étaient réparties le long de la côte, de la baie des Chaleurs autour de la péninsule acadienne, jusqu'à la vallée de Shediac, puis le long de la côte Nord de l'Î.-P.-É, à l'ouest de l'Î.-P.-É et autour des îles de la Madeleine. Avec le déclin abrupt des prises, les niveaux sont désormais bas tout autour de l'Î.-P.-É et de la vallée de Shediac, ainsi que dans la baie des Chaleurs. La proportion de stations de relevé capturant des plies rouges a également diminué de 25 % entre 2003 et 2006 et de 14 % en 2015 et 2016.

Détroit de Northumberland

La répartition spatiale de la plie rouge dans le relevé du détroit de Northumberland (DN) est représentée sur la figure 36 pour la période 2000-2016. Nous soulignons que la répartition spatiale des stations n'était pas constante de 2000 à 2009. Les strates de relevé 1, 2, 3 et 5 ont été échantillonnées relativement régulièrement dans le temps, mais la strate 6 ne l'a été qu'à partir de 2003. Pour des raisons pratiques, nous avons choisi les stations de relevé des strates 1, 2, 3 et 5 pour estimer les indices et les fréquences de longueur. Nous avons comparé ces valeurs aux indices qui incluaient également la strate 6.

Il convient de noter que la zone de relevé actuelle ne couvre pas certaines parties septentrionales des strates 1 et 2. L'absence d'expériences de pêche comparative et l'hétérogénéité de l'échantillonnage spatial compliquent la comparaison des indices des relevés annuels. La plie rouge est largement répartie dans toute la zone de relevé du DN. À l'exception de 2004 et 2005, le pourcentage de stations capturant des plies rouges a toujours dépassé 80 %. La plie rouge se trouve en grandes concentrations dans les zones près de Richibuctou et à l'ouest de l'Î.-P.-É, aux environs de Cap Tormentine et aux alentours de Pictou, au sud-est de l'Î.-P.-É.

Taille à la maturité

Les tendances annuelles de la taille à la maturité ont été calculées pour toute la série chronologique du relevé par NR. Les poissons échantillonnés ont été classés selon les stades de maturité : immature, mature, en état de frai ou après le frai. La comparaison des proportions relatives de ces stades de maturité montre qu'ils n'ont pas été utilisés uniformément pendant la série chronologique. Les figures 7 (mâles) et 8 (femelles) illustrent les proportions empiriques

des trois groupes de stades de maturité des poissons; ceux qui sont certainement immatures, ceux qui sont certainement matures et ceux au sujet desquels nous ne sommes pas certains (c'est-à-dire que nous ne sommes pas absolument sûrs qu'ils sont matures). Cette incertitude vient d'un mauvais diagnostic du stade de maturité après le frai, clairement un stade post-frai (mature), caractérisé par les petites gonades vides, qui peut être confondu avec le stade immature chez les poissons plus petits.

En supposant que la composante incertaine est composée surtout de poissons matures jusqu'à des tailles plus petites, on peut s'attendre à ce que les tendances entre cette composante et les composantes matures soient parallèles en fonction de la longueur des poissons. Tel semble être le cas de 1971 à 1982, 1998 à 2008 et 2009 à 2015, mais on note des écarts par rapport à ces deux tendances de 1983 à 1989 pour les mâles et de 1990 à 1997 pour les deux sexes. Les observations sur la maturité pour les périodes qui délimitent la série chronologique sont probablement correctes. On observe clairement une tendance à la réduction de la taille chez les proportions de poissons matures, indiquant une tendance à la baisse de la taille à la maturité.

Les régressions logistiques sur la longueur ont été ajustées aux données sur la maturité par année de relevé et sexe. Pour cette analyse, la catégorie incertaine décrite précédemment a été traitée comme mature. La taille à la maturité, à savoir la longueur à laquelle 50 % des poissons sont matures, a été estimée pour chaque année et chaque sexe (figure 37). Malgré le biais possible de 1983 à 1997, une tendance à la baisse se dessine nettement dans la taille à la maturité, de 22 à 24 cm pour les deux sexes au début de la série chronologique jusqu'aux tailles actuelles d'environ 17 cm. Même si elle est ponctuée d'effets marqués certaines années, comme au milieu des années 1980 et en 1992, qui ne sont peut-être pas réalistes, elle se dégage clairement et est conforme à celles observées pour d'autres espèces dans le sud du golfe.

MODÉLISATION DE LA POPULATION

Il est difficile de modéliser la population de plie rouge, car il n'y a pas de signe clair d'abondances relatives de cohortes dans les fréquences de longueur; ces dernières sont généralement unimodales (figures 14 et 21). Les prises selon l'âge du relevé montrent une faible dynamique des cohortes, qui complique l'estimation de l'échelle des paramètres du modèle de population.

MÉTHODES

La plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent a été modélisée comme une seule population, car les données disponibles ne permettaient pas une résolution spatiale plus fine. Une analyse des populations virtuelles (APV) a été utilisée dans l'évaluation précédente (Morin et al. 2002). Dans la présente évaluation, un modèle statistique de prises selon l'âge (SPA) est appliqué, mis en œuvre dans Template Model Builder (TMB) (Kristensen 2014; Kristensen et al. 2016). On présume que les données ont une structure multinomiale avec les prises agrégées du relevé et de la pêche et leurs proportions respectives selon l'âge, ajustées par le modèle. Il s'agit là d'un modèle dans lequel les sexes sont combinés.

Intrants

Les intrants du modèle de population sont les suivants :

- le total des débarquements de 1973 à 2016 (en tonnes; tableau 1);
- l'abondance chalutable estimée d'après les relevés par NR de 1973 à 2016 (en tonnes; figure 18);

- la composition selon l'âge (en nombre) des prises commerciales, de 2 ans à plus de 12 ans, de 1973 à 2016 (tableau 9);
- l'abondance selon l'âge d'après les relevés par NR, de 2 ans à plus de 12 ans, de 1973 à 2016 (tableau 10; figure 25);
- les proportions de poissons matures selon l'âge d'après les relevés par NR de 1973 à 2016 (utilisées pour calculer la biomasse du stock reproducteur (tableau 12));
- les moyennes annuelles estimées du poids selon l'âge, par année, d'après les relevés par NR et la pêche (en kg par poisson) (tableau 13).

Les intrants sont composés de données sur 44 années et 11 classes d'âge.

Paramètres du modèle

Mortalité naturelle

La mortalité naturelle (M) a été considérée comme constante dans chaque bloc de cinq ans à compter de 1973 (la dernière période compte quatre ans, soit 2013 à 2016). Elle pouvait aussi varier par groupe d'âge. Deux scénarios ont été étudiés. Le premier considérait que la mortalité naturelle était semblable dans deux blocs d'âge, l'un composé des âges de 2 à 4 ans et l'autre des âges de 5 ans et plus. Le second scénario comprenait trois blocs d'âge : poissons de 2 à 4 ans, de 5 à 7 ans et de 8 ans et plus. Un poisson d'âge 5 correspond en gros à la taille commerciale de 25 cm, mais la taille moyenne des poissons de cet âge a diminué de 26 cm dans les années 1970 à 22 cm ces dernières années.

Modèle de sélectivité

Il a été posé que les courbes de sélectivité des indices des relevés et de la pêche correspondaient à des courbes logistiques en fonction de l'âge. La sélectivité pour le relevé par NR a été ajustée par rapport à un paramètre de capturabilité globale q_{rv} et celle de la pêche par rapport à la mortalité par pêche globale estimée, F_t , pour chaque année de pêche. Ces courbes logistiques sont paramétrées selon l'âge aux niveaux de sélectivité de 50 % et 95 % et sont définies comme suit :

$$\pi(a) = \left[1 + \exp\left(-\frac{\ln(19)}{\Delta_{95\%}}(a - a_{50\%})\right) \right]^{-1}$$

où $a_{50\%}$ est l'âge auquel la sélectivité relative est de 0,5 et $a_{50\%} + \Delta_{95\%}$ est l'âge auquel elle est de 0,95.

La variation temporelle de la sélectivité a été mise à l'essai en prévoyant différentes courbes pour différents blocs temporels dans certaines variantes du modèle.

Pour les relevés par NR, les séries chronologiques ont été divisées en deux périodes, soit de 1973 à 1984 (au cours de laquelle le navire E.E. Prince était en service), et de 1985 à 2016. Cette division devait refléter les deux chaluts utilisés pendant ces périodes. Les graphiques de la fréquence de longueur (figure 21) et des prises selon l'âge (figure 25) pour le relevé par NR montrent que pendant la période la plus récente, le chalut a capturé des individus plus petits et plus jeunes, une tendance évidente depuis 1990 et peut-être avant pour les poissons d'âge 3, ce qui explique les différentes sélectivités de chalut.

La sélectivité de la pêche pouvait aussi varier par bloc temporel. Compte tenu des changements d'engins, de lieux de pêche et de saisonnalité qui apparaissent sur les figures 3 et 4, la série chronologique a été divisée en plusieurs périodes : de 1973 à 1985, de 1986 à 2005 et de 2006 à 2016. Ces blocs ont été choisis pour refléter les changements dans la composition

des engins de la flottille, avec l'expansion des filets maillants au milieu des années 1980. Le changement de 2005 à 2006 renvoie à la concentration de la pêche autour des îles de la Madeleine.

Dynamique des populations

Posons que $t = 1, \dots, T$ est un indice de l'année de 1973 à 2016, où $T = 44$, et que $a = 1, \dots, A$ est un indice des $A = 11$ catégories d'âges pour les âges de 2 à 12+. Les équations de la dynamique des populations sont les suivantes.

Les abondances de la population de la première année (1973) sont définies comme suit :

$$N_{1,1} = \mu_R \times \exp(\varepsilon_1^{(R)})$$

$$N_{1,a} = \mu_R \times \exp \left[\varepsilon_{-a+2}^{(R)} - \sum_{j=2}^a (F_{init} S_{1,j}^{(f)} + M_{1,j}) \right], a = 2, \dots, A - 1$$

$$N_{1,A} = \frac{\mu_R \times \exp \left[\varepsilon_{-A+2}^{(R)} - \sum_{j=2}^A (F_{init} S_{1,j}^{(f)} + M_{1,j}) \right]}{1 - \exp \left[-S_{1,A}^{(f)} \times F_{init} - M_{1,A} \right]}$$

où $N_{t,a}$ est l'abondance de la population l'année t à l'âge a , μ_R est le taux médian de recrutement, $\varepsilon_t^{(R)} \sim N(0, \sigma_R)$ sont les écarts du recrutement sur l'échelle logarithmique pour $t = -A + 2, \dots, T$ (de 1963 à 2016), F_{init} est le taux d'exploitation initial de la pêche avant 1973, $S_{1,j}^{(f)}$ est la sélectivité de la pêche pour la première année à l'âge j et $M_{1,j}$ est le taux de mortalité naturelle pour la première année à l'âge j . Le recrutement pour la première classe d'âge (l'âge 2) pour $t = 2, \dots, T$ a été exprimé sous une forme autorégressive de premier ordre (AR(1)) :

$$N_{t,1} = \exp \left(\phi_R \ln(N_{t-1,1}) + (1 - \phi_R) \ln \mu_R + \varepsilon_{t-1}^{(R)} \right),$$

où $\varepsilon_{t-1}^{(R)} \sim N(0, \sigma_R)$ et ϕ_R est un paramètre de corrélation auquel a été attribuée la valeur fixe faible ($\text{logit}(\phi_R) = -4$), qui réduit approximativement le modèle de recrutement à une marche aléatoire. Les équations de la dynamique pour les autres années ont été définies comme suit :

$$N_{t,a} = N_{t-1,a-1} \times \exp(-Z_{t-1,a-1}), a = 2, \dots, A - 1,$$

$$N_{t,A} = N_{t-1,A-1} \times \exp(-Z_{t-1,A-1}) + N_{t-1,A} \times \exp(-Z_{t-1,A})$$

où $Z_{t-1,a-1}$ est le taux de mortalité totale pour l'année $t - 1$ et la classe d'âge $a - 1$, défini en tant que $M_{t-1,a-1} + S_{t-1,a-1}^{(f)} F_t$. Les équations des prises de Baranov ont été résolues de manière itérative pour F_t selon la méthode de Newton.

Les valeurs a priori gaussiennes sont énoncées sous la forme $N(\mu_M, \sigma_M)$, où μ_M est la moyenne et σ_M est l'écart-type. Les paramètres de la mortalité naturelle pour le premier bloc d'années (1973 à 1977) se sont vu attribuer les valeurs a priori de $\ln(M_{1,a}) \sim N(0.6, 0.1)$, pour $a = 1, \dots, 3$ (âges 2 à 4) et $\ln(M_{1,a}) \sim N(0.44, 0.1)$, pour $a = 4, \dots, A$ (âges 5+) dans les modèles à deux blocs d'âges. Pour les modèles comportant trois blocs d'âges pour la mortalité naturelle, les valeurs a priori étaient $\ln(M_{1,a}) \sim N(0.6, 0.1)$, pour $a = 1, \dots, 3$ (âges 2 à 4), $\ln(M_{1,a}) \sim N(0.52, 0.1)$, pour $a = 4, \dots, 6$ (âges 5 à 7) et $\ln(M_{1,a}) \sim N(0.44, 0.1)$, pour $a = 7, \dots, A$ (âges 8 et plus).

Une valeur a priori de $\ln(q_{rv}) \sim N(-1.7, 0.7)$ a été attribuée au paramètre de capturabilité du NR, qui a une médiane de 0,20, et des centiles de 2,5 % et 97,5 % de 0,046 et 0,720, une

fourchette qui nous a semblé raisonnable pour le relevé par NR (figure 38). Compte tenu de la couverture incomplète par le relevé de la zone de stock et de l'efficacité de l'engin pour la pêche, il a été jugé très improbable que q_{rv} excède 0,720.

L'incertitude des prises a également été estimée, avec un niveau d'erreur plutôt bas, sauf pour 1984, à laquelle l'erreur associée était présumée importante. Officiellement, nous posons $\ln C_t \sim N(\ln C_t^{(obs)}, 0.1)$, pour $t = 1, \dots, 11, 13, \dots, T$ alors que la valeur a priori $\ln C_{12} \sim N(\ln C_{12}^{(obs)}, 2)$ est supposée pour 1984.

L'abondance chalutable prédite à partir du modèle a été calculée comme suit :

$$\hat{B}_t^{(rv)} = q_{rv} \cdot \sum_{a=1}^A S_{t,a}^{(rv)} \cdot N_{t,a} \cdot \exp(-f^{(rv)} \cdot Z_{t,a}) \cdot w_{t,a}$$

où $f^{(rv)} = 0.71$ est la fraction de l'année pendant laquelle le relevé à lieu, $S_{t,a}^{(rv)}$ est la sélectivité selon l'âge pour le relevé par NR, $w_{t,a}$ est le poids individuel selon l'âge, estimé à partir des relevés par NR, d'après les régressions longueur-poids par année, les fréquences de longueur annuelles et stratifiées et la clé âge-longueur décrite précédemment.

La contribution de logarithme-vraisemblance tirée de la biomasse chalutable observée à partir du relevé par NR $B_t^{(rv)}$ est donnée par la formule suivante :

$$-T \ln \sigma_{(rv)} - \frac{1}{2\sigma_{(rv)}^2} \sum_{t=1}^T (\ln B_t^{(rv)} - \ln \hat{B}_t^{(rv)})^2$$

où $B_t^{(rv)}$ est l'estimation de l'abondance chalutable stratifiée tirée des données dérivées des relevés par NR et $\sigma_{(rv)}$ est l'erreur d'observation du relevé, estimée à partir du modèle de population. Les compositions selon l'âge d'après le modèle ont été calculées à partir de l'abondance chalutable prédite $\hat{N}_{t,a}^{(rv)}$,

$$\hat{P}_{t,a} = \frac{\hat{N}_{t,a}^{(rv)}}{\sum_{a=1}^A \hat{N}_{t,a}^{(rv)}}$$

où $\hat{N}_{t,a}^{(rv)} = q_{rv} \cdot S_{t,a}^{(rv)} \cdot N_{t,a} \cdot \exp(-f^{(rv)} \cdot Z_{t,a})$.

De même, les compositions selon l'âge d'après le modèle pour les prises de la pêche ont été calculées à partir de l'abondance chalutable prédite $\hat{N}_{t,a}^{(f)}$:

$$\hat{N}_{t,a}^{(f)} = S_{t,a}^{(f)} \cdot N_{t,a}$$

La contribution de vraisemblance d'après les données sur la composition selon l'âge pour les prises du relevé et de la pêche a été traitée comme suit : Posons que les résiduels à l'échelle logarithmique pour les proportions observées sont définis par $r_{t,a}^{(P)} = \ln P_{t,a} - \ln \hat{P}_{t,a}$. Nous calculons ensuite la moyenne annuelle de ces résiduels en fonction de l'âge $\mu_t^{(P)} = \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A r_{t,a}^{(P)}$. La contribution de logarithme-vraisemblance ainsi obtenue est calculée comme une somme de carrés :

$$-\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{a=1}^A (r_{t,a}^{(P)} - \mu_t^{(P)})^2$$

avec un terme pour la composition selon l'âge pour les relevés par NR et un autre pour celle de la pêche.

Modèles pris en compte

Sept grandes variantes du modèle ont été prises en compte, selon les blocs de courbe de sélectivité et les blocs d'âge par mortalité naturelle utilisés. Chaque modèle comportait une ou deux courbes de sélectivité pour les relevés par NR, d'une à trois courbes de sélectivité pour la pêche et deux ou trois blocs d'âges pour la mortalité naturelle. Le tableau 11 récapitule chaque modèle, y compris les logarithmes-vraisemblance, le nombre de paramètres, les valeurs des CIA et les problèmes posés par chaque modèle.

En tout, de 123 à 138 paramètres ont été estimés, selon le modèle, y compris le taux de recrutement moyen μ_R , les écarts-types du recrutement $\varepsilon_{t-1}^{(R)}$, la capturabilité des relevés q_{rv} , les paramètres de mortalité naturelle pour chaque bloc d'années et d'âges, les paramètres des courbes de sélectivité, le paramètre d'erreur du relevé par NR $\sigma_{(rv)}$ et les prises estimées.

RÉSULTATS

La figure 39 illustre les courbes ajustées de la sélectivité selon l'âge pour les relevés par NR et la pêche, par inférence du modèle 2. Les courbes de sélectivité pour les relevés par NR ont des valeurs de l'âge à 50 % de 5,9 et 6,4 ans pour les périodes 1973-1984 et 1985-2016, respectivement. La courbe de sélectivité selon l'âge pour la dernière période semble favoriser les poissons plus jeunes, d'âge 2 à 4, tandis que la sélectivité pour les âges 6+ semble plus basse que dans la première période. Cela pourrait être une réaction à l'augmentation de l'abondance des poissons plus jeunes dans la dernière période. La valeur de l'âge à 50 % pour la pêche est de 6,2 ans. Dans le modèle 5, qui comporte trois blocs d'âge de mortalité, les estimations de la sélectivité de l'âge à 50 % étaient plus basses, à 4,5 ans pour la première période et 5,1 ans pour la dernière. Les courbes de sélectivité sont sensibles aux autres éléments du modèle. La capturabilité selon l'âge pour une année donnée est le produit du coefficient du relevé par NR et de la courbe de sélectivité pour cette année.

Le coefficient de capturabilité du relevé q_{rv} a été estimé à 0,232. Cependant, l'estimation du paramètre est faiblement inférée des données. L'établissement d'une valeur a priori fixe pour une fourchette raisonnable de valeurs comprises entre 0,04 et 0,7 a donné des estimations de q_{rv} à la limite supérieure de cette fourchette. La distribution des valeurs a priori représente notre connaissance de la fourchette et de la probabilité de q_{rv} que nous avons tiré d'autres études, et les données donnent peu d'indications pour mettre cette valeur à jour. Les estimations de q_{rv} obtenues à partir d'autres modèles de population ont donné des valeurs semblables.

Le modèle de population de la limande à queue jaune présumait un coefficient de capturabilité de 0,3 environ (Surette et Swain 2016). Cependant, la zone du sud du golfe du Saint-Laurent occupée par la limande à queue jaune est plus étendue que celle où se trouve la plie rouge, et elle est bien couverte par les relevés par NR, qui couvrent moins l'habitat de la plie rouge. La figure 40 indique les surfaces, par intervalles de profondeur de 1 mètre, du sud du golfe du Saint-Laurent et de la zone d'échantillonnage du relevé par NR. Étant donné que la plie rouge est présente à des profondeurs allant des eaux de marée à une profondeur de 45 mètres, on peut voir que le relevé par NR ne couvre que la moitié de l'habitat occupé. Cette zone non échantillonnée a une incidence pour le coefficient de capturabilité présumée du relevé.

Les estimations de la mortalité naturelle (M) pour les modèles 1, 2, 5 et 7 sont indiquées sur la figure 41. Différents modèles avec deux blocs d'âges donnent des estimations de la mortalité peu différentes. Pour le modèle 2 (en haut à droite), M pour les âges 2 à 4 est initialement

estimé à 0,48, diminue jusqu'à 0,25 avant de remonter à 0,72 et 0,90 dans les deux derniers blocs d'âges. La valeur de M est élevée chez les poissons de plus de 5 ans et augmente au fil du temps, passant de 0,68 à 1,25 et 1,02 au cours des derniers blocs d'âges. Les modèles comportant trois blocs d'âges pour M (modèle à 3 blocs M) ont des valeurs et tendances semblables pour la mortalité. Pour le modèle 5, les estimations de M sont nettement inférieures pour les poissons de 5 à 7 ans que pour ceux âgés de 2 à 4 ans et de plus de 8 ans, les tendances de M étant semblables pour les groupes d'âges les plus jeunes et les plus âgés. Pour les poissons de 5 à 7 ans, M est d'abord estimée à 0,44, diminue jusqu'à un creux de 0,12 puis remonte à 0,47. En revanche, pour les âges de 2 à 4, M est d'abord estimée à 0,59 et augmente progressivement jusqu'à 1,36 dans le dernier bloc. De même, pour les âges 8+, M est d'abord estimée à 0,60 et augmente avec le temps jusqu'à 1,37 avant de redescendre à 0,84 pendant la dernière période. Sauf pour le bloc des âges 5 à 7 du modèle à 3 blocs M, on remarque une augmentation plutôt régulière de la mortalité, surtout chez les plies rouges plus jeunes et plus âgées. On ne sait pas pourquoi les estimations de M sont plus basses pour les poissons de 5 à 7 ans.

La figure 42 compare la biomasse chalutable totale par NR, observée et prédite, d'après le modèle 2. La version du modèle est généralement bonne, sauf pour les effets annuels marqués dans les années 1970, surtout en 1974, 1976 et 1977. Le nombre de stations de relevé était moins grand ces premières années que plus tard et les indices de la biomasse pour ces années sont plus incertains. Nous pensons que le modèle exécute plus de lissage dans les années 1970 que pour les périodes subséquentes. Ces dix dernières années, le modèle et les observations concordent bien, sauf pour un effet annuel positif en 2009.

Il existe un certain nombre d'effets annuels marqués, surtout dans les années 1970, comme on le voit dans les estimations de la biomasse totale (figure 43). Plus récemment, il y a des effets annuels positifs pour 2009 et 2010 et un négatif pour 2012. Le profil résiduel global est plutôt bon dans la mesure où la prévalence d'années adjacentes présentant des biais uniformes est basse. L'exception en est pour les âges 2 et 3 au début de la série chronologique. Ce profil est particulièrement solide pour le modèle 1, avec des profils opposés pour les périodes 1973-1994 (surestimations) et 1995-2016 (sous-estimations). Ce profil est généralement assez bon pour le modèle 2, mais l'ajout d'une autre courbe de sélectivité pour le relevé par NR l'améliore. La capturabilité des poissons d'âge 2 est plutôt faible et n'est pas bien estimée par le relevé. L'ajout d'un bloc d'âges M n'améliore que légèrement le profil.

La figure 44 représente les courbes de résidus à l'échelle logarithmique des proportions ajustées des compositions des prises selon l'âge des relevés par NR et de la pêche. Le profil des compositions révèle davantage de problèmes que les résiduels de l'abondance des relevés par NR. Pour les compositions des relevés, il y a des périodes de blocs de compositions faussées, comme les poissons de plus de 8 ans de 1982 à 1988. Dans l'ensemble, toutefois, le profil pour les compositions des relevés par NR est semblable à celui des résiduels pour les abondances prédites des relevés par NR, comme on peut s'y attendre puisqu'ils sont liés. Pour les compositions des prises, on peut distinguer visuellement les périodes présentant des biais semblables. De 1975 à 1982, il y a des biais négatifs pour les poissons de 6 ans et plus et des biais positifs pour les poissons plus jeunes. Un changement se produit ensuite en 1985, qui dure environ jusqu'en 2009, avec des biais positifs pour les poissons de 8 ans et plus. L'inclusion de la sélectivité de la pêche variable dans le temps n'a permis de résoudre le problème que partiellement. Si l'ajustement des proportions présente une certaine pertinence, nous notons que ces proportions représentent deux éléments de la vraisemblance du modèle et que l'accent est davantage mis sur les ajustements de l'indice des relevés d'abondance par NR.

Les ajustements des modèles 2, 5 et 7 sont très semblables dans l'ensemble. Le modèle 1 est inclus aux fins de comparaison et montre le manque d'ajustement pour les âges jeunes dans

toute la série. Les abondances des âges 2-3 au début de la série sont estimées comme étant légèrement inférieures dans le modèle 2 que dans les modèles 5 et 7.

La figure 45 illustre les abondances estimées de la population par groupe d'âge pour le modèle 2. L'abondance des individus de 2 à 4 ans est assez stable au fil du temps, malgré une diminution de 20 % environ ces 10 dernières années. Chez les poissons de 5 à 7 ans, l'abondance a culminé autour de 1980, de 1990 et de 2003, mais un déclin marqué a été constaté de 2008 à 2016 (de 744 à 203 millions de poissons environ). De même, l'abondance des individus de 8 à 10 ans a atteint des sommets en 1983, en 1993 et 2003, mais un déclin continu jusqu'aux faibles niveaux actuels de 12 à 13,5 millions de poissons. Il s'agit d'un déclin de 89 % par rapport au sommet enregistré. Le même phénomène est observé chez les poissons de 11 et 12 ans : après avoir atteint des pointes de 10 millions de poissons environ dans les années 1970 et au début des années 1980, l'abondance a chuté à 1,4 million en 1998 et, après être remontée à 4,4 millions en 2004, a poursuivi son déclin jusqu'aux niveaux actuels de 0,46 million de poissons.

La figure 46 illustre l'abondance totale, en chiffres, pour les poissons de 2 à plus de 12 ans, telle qu'elle est prévue par le modèle 2. On note une légère baisse entre 1973 et 2009, avec des pics intermédiaires à 7,2 milliards de poissons en 1976, 5,1 milliards en 1993, 4,9 milliards en 2001 et 5,3 milliards en 2008. Le stock total tombe ensuite à 3,05 milliards en 2016, une diminution de 42 % en moins de 10 ans.

La figure 47 montre le taux annuel de mortalité par pêche estimé (F) pour les âges pleinement recrutés dans le modèle 2. La mortalité par pêche, par âge, pour une année donnée est le produit du taux F annuel pleinement recruté et de la courbe de la sélectivité annuelle selon l'âge. On estime que F est très faible pour les poissons de 2, 3 et 4 ans, toutes les valeurs de la série chronologique étant inférieures à 0,000008, à 0,00006 et à 0,0005, respectivement. Les valeurs maximales de F dans la série étaient de 0,003 à 4 ans; 0,015 à 5 ans; 0,039 à 6 ans; 0,049 à 7 ans, et 0,051 à plus de 8 ans. Dans l'ensemble, le taux de mortalité par pêche est très faible par rapport à celui de la mortalité naturelle. La mortalité naturelle est de 5 à 25 fois le taux maximal de mortalité par pêche en 1991, et de 15 à 65 fois le taux de mortalité par pêche ces dernières années.

La figure 48 représente les estimations de la biomasse du stock reproducteur (BSR). La BSR moyenne totale est estimée à 257 000 tonnes. C'est entre 1975 et 1994 que les niveaux étaient les plus élevés, avec une moyenne de 356 100 t, qui a chuté à 165 400 t pendant la période suivante (1995-2016). En outre, un autre déclin a été enregistré dans cette période, de 235 700 t en 2003 à 76 270 t en 2016, soit une réduction de 67 %. La proportion de poissons plus âgés a également diminué pendant cette période, passant de 30 à 40 % dans les années 1970 et au début des années 1980 à 20 % depuis 2010.

Le recrutement des poissons de 2 et 3 ans dans la population est illustré sur la figure 49. L'âge 3 est inclus, mais l'âge 2 n'est pas bien représenté dans l'indice du relevé par NR et on craint que les chiffres reconstitués soient trop lissés par le modèle pour refléter correctement le réel recrutement sous-jacent. On estime que le recrutement des poissons de 2 ans est relativement constant pendant la série chronologique. Malgré un premier pic de l'abondance à 3,0 milliards de poissons en 1974, le reste de la série affiche une légère augmentation, de 1,7 milliard en 1979 à 1,8 milliard en 2015 et 1,8 milliard en 2016. Le recrutement des poissons de 3 ans est lui aussi généralement stable et présente le même niveau maximal de l'abondance à 1,8 milliard d'individus au milieu des années 1970, qui s'est maintenu de façon assez stable de 1980 à 2009. Les niveaux ont passé de 1,2 milliard en 2009 à 0,7 milliard en 2016, une diminution de 36 %.

Les estimations des écarts aléatoires du recrutement sont représentées sur la figure 50. Les résultats présentent une certaine autocorrélation et les écarts aléatoires révèlent un pic du recrutement au milieu des années 1970, suivi d'une légèrement hausse du taux de recrutement à partir de 1979. Ces écarts aléatoires déterminent les valeurs et les tendances observées pour les poissons de 2 ans (figure 49).

Une analyse rétrospective a été effectuée afin de déterminer la cohérence des estimations du modèle lorsque l'on ajoutait ou retirait les données des cinq années précédentes (figure 51). Les années supplémentaires de données avaient peu d'incidence sur les tendances temporelles dans les estimations, mais influençaient le niveau global de l'abondance des poissons plus jeunes (de 2 à 4 ans), tandis que la tendance relative à l'abondance des poissons plus âgés affichait un certain effet, mais pas très marqué, sur le niveau global. Les années supplémentaires de données pour les poissons jeunes se sont traduites par des diminutions de l'abondance inférée, l'écart le plus grand résultant de l'ajout des données de 2015 et au-delà. Il ne semble pas y avoir de biais uniforme pour les poissons plus âgés. L'ajout des données de 2015 et 2016 a entraîné le plus grand écart dans les estimations et celui des données d'avant 2011 a produit les écarts les plus faibles. Les tendances sont presque identiques, sauf pour l'ajout des données de 2015 et 2016, qui a mené à des réductions de l'abondance des poissons jeunes et âgés. Le profil rétrospectif de la BSR montre un léger changement global, mais les tendances sont très semblables. Le déclin de la BSR ces dernières années est plus marqué lorsque l'on ajoute les années de données supplémentaires. Il y avait peu de profils rétrospectifs pour F. Le profil rétrospectif des estimations de M était bon dans l'ensemble. Pour les poissons plus jeunes (de 2 à 4 ans), on note des changements des niveaux d'abondance globaux, mais ces variations ne sont pas très importantes. Les estimations de M augmentent lorsque l'on retire des années. Le retrait des données de 2014 a produit une diminution importante, de plus de la moitié, de la mortalité naturelle inférée pour le dernier bloc d'années, composé des années 2013 et 2014. Pour les poissons plus âgés, le profil était bon et le niveau global a peu changé. La variabilité est surtout apparente dans les deux derniers blocs d'années, mais il n'y a pas de biais uniforme dans les estimations.

DISCUSSION

Les résultats du modèle de population indiquent des augmentations de la mortalité naturelle de cette population, à des niveaux généralement élevés. Les estimations des modèles de population à trois blocs d'âge pour la mortalité montrent que M pour les poissons jeunes (de 2 à 4 ans) et plus âgés (de plus de 8 ans) est à des niveaux globaux très élevés et a augmenté avec le temps. En revanche, les estimations de la mortalité naturelle pour les âges intermédiaires (de 5 à 7 ans) étaient nettement plus basses, malgré l'augmentation constatée plus récemment. Ces augmentations de la mortalité naturelle fournissent une explication de la diminution de l'abondance des poissons. Elles sont également conformes aux changements de productivité observés dans toute la communauté de poissons marins du sud du golfe du Saint-Laurent (Benoît et Swain 2008; Swain et Benoît 2015). Pour toutes les périodes, la mortalité par pêche estimée est très faible comparée à la mortalité naturelle, ce qui permet de penser que la mortalité par pêche a peu d'incidence sur la trajectoire de la population. Cependant, le modèle de population est établi à l'échelle de tout le sud du golfe, alors que l'activité de pêche est maintenant largement restreinte aux eaux qui entourent les îles de la Madeleine. De plus, on soupçonne qu'une grande partie du stock se trouve dans les zones peu profondes non couvertes par le relevé par NR: Il se peut que la pêche ait eu un impact important sur la plie rouge aux alentours des îles de la Madeleine et que cet impact ne soit pas très visible au niveau de tout le stock du sud du golfe.

POINTS DE RÉFÉRENCE

En l'absence d'un modèle de production excédentaire acceptable ou d'un modèle de stock et de recrutement pour calculer des points de référence fondés sur la biomasse au rendement maximal durable (BRMD), celle-ci a été définie de manière approximative comme étant la biomasse du stock reproducteur de la plie rouge au cours d'une période productive, de 1973 à 1994 (MPO 2009; figure 48). On a choisi cette période, car la BSR était élevée et qu'elle comprenait un nombre important de poissons plus gros et plus âgés. La biomasse moyenne pendant la période productive est de 369,6 milliers de tonnes. Le point de référence supérieur du stock, défini à 80 % de BRMD, correspond à 295,7 milliers de tonnes. La valeur du point de référence limite (PRL; 40 % de BRMD) du modèle est de 147,8 milliers de tonnes.

Il ressort de la modélisation que la BSR a été inférieure au PRL depuis 2006, sauf en 2008. En 2016, la BSR modélisée a été estimée à 52 % du PRL, avec une probabilité de 76 % de se trouver en deçà.

PROJECTIONS

Des projections de population sur cinq ans ont été établies, en supposant que les conditions actuelles de productivité persisteront de 2017 à 2021 (figure 52) Il a été supposé que le recrutement au cours de cette période s'établirait au niveau moyen des cinq dernières années. Quatre niveaux (0 t, 100 t, 200 t et 300 t) des pêches annuelles ont été pris en compte.

Les projections par rapport aux niveaux de prises étudiés ne présentent aucune différence perceptible dans les tendances du stock au cours des cinq prochaines années par rapport à un scénario sans pêche. La BSR projetée en l'absence de pêche recule légèrement au cours de la période, passant de 74,7 milliers de tonnes en 2017 à 73,8 milliers de tonnes en 2021. Selon le scénario de 300 tonnes de prises, le déclin serait accru de 0,1 tonne seulement. L'incertitude estimée est très importante au cours de la période de projection. Dans tous les scénarios de prises, y compris le scénario sans pêche, on s'attend à une BSR inférieure au PRL pour toutes les années de projection. La mortalité par pêche compte pour une très faible partie de la mortalité totale chez la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent. On estime que la mortalité naturelle est le facteur le plus déterminant de l'abondance dans cette région.

ANALYSE DES INDICATEURS PENDANT LES ANNÉES INTERMÉDIAIRES

La plie rouge dans la division 4T de l'OPANO est actuellement évaluée et gérée selon un cycle de cinq ans. Or, des indicateurs sont nécessaires pour caractériser l'état du stock entre les années d'évaluation (MPO 2016b). L'indicateur utilisé à cette fin est l'indice de la biomasse des plies rouges de taille commerciale (plus de 25 cm) d'après les relevés par NR. Étant donné que cet indice peut donner lieu à d'importantes erreurs d'observation et qu'il faut se garder de conclure à des variations dans l'état du stock à partir de variations annuelles de l'indice, une moyenne mobile sur trois ans est recommandée.

La mise en œuvre de cette méthode requiert de ramener le PRL à l'échelle de la modélisation de la population et à celle de l'indice de la biomasse de la plie rouge de taille commerciale d'après les relevés de septembre par NR. Au cours de la période productive utilisée pour définir la valeur approximative de la BRMS, soit de 1973 à 1994, l'indice moyen de la biomasse chalutable des plies rouges égales ou supérieures à 25 cm s'établissait à 16 523 tonnes (figure 53). Le point de référence limite réajusté (selon la biomasse chalutable), de 40 % de Brms, s'établit à 6 609 t (40 % de 16 523 t).

En 2016, l'indice de la biomasse chalutable de plies rouges de taille commerciale a été estimé à 744 tonnes, soit 11,3 % du PRL remis à l'échelle (figure 53). La moyenne sur 3 ans de l'indice jusqu'en 2016 a été estimée à 20,2 % du PRL remis à l'échelle. Comme le stock est actuellement en deçà du PRL et devrait rester à ce niveau malgré l'absence de pêche, une réévaluation est recommandée si jamais l'indicateur de l'état du stock suggère que l'abondance pourrait dépasser le PRL.

Une mise à jour des années intermédiaires sera faite au milieu du cycle d'évaluation de cinq ans, c'est-à-dire au début de décembre 2019. Ce délai laissera suffisamment de temps pour effectuer une évaluation complète et planifier l'examen par les pairs si les indicateurs pointent vers la nécessité d'une réévaluation à l'hiver 2020.

CONCLUSIONS

La plie rouge fait actuellement l'objet d'une pêche dirigée plutôt restreinte, avec des débarquements de 190 à 320 tonnes au cours des 10 dernières années. La pêche se concentre maintenant autour des îles de la Madeleine et approvisionne le marché des appâts. La longueur des plies rouges a diminué, les poissons mesurant plus de 25 cm représentant aujourd'hui environ 20 % des prises des relevés par NR, contre 85 % de ces prises au début des années 1970. La longueur moyenne des prises de ces relevés est passée de 30 à 20 cm de 1971 à 2016.

Les indices tirés de relevés par NR montrent que l'abondance des petites plies rouges (moins de 25 cm) n'a pas beaucoup varié au fil du temps, bien que l'on constate un certain recul ces huit dernières années; en revanche, après avoir été relativement élevée au début et au milieu des années 1970, l'abondance des plies rouges de grande taille (plus de 25 cm) a diminué pendant une grande partie de la série chronologique.

On a estimé que la mortalité naturelle annuelle, généralement élevée chez la plie rouge, aurait augmenté de 49 % en 1973-1977 à 64 % en 2013-2016 chez les individus plus âgés (5 ans et plus), et de 38 à 60 % chez les plus jeunes (2 à 4 ans).

La biomasse du stock reproducteur (BSR) a diminué durant une grande partie de la série chronologique; ces dernières années, elle ne représentait plus que 78 % de la moyenne enregistrée de 1975 à 1994. En outre, la proportion de poissons plus âgés (5 ans et plus) a diminué, passant de 30-40 % à 20 %. Cela a des effets négatifs sur la productivité du stock, car des poissons plus jeunes et plus petits produisent moins d'œufs, qui peuvent aussi être de moins bonne qualité, que des poissons plus âgés et plus gros.

De manière générale, on estime que la mortalité par pêche est très faible pour la plupart des âges et des années. La mortalité par pêche influe tellement peu sur l'estimation de la mortalité totale de la plie rouge qu'aucun écart n'est attendu au cours des cinq prochaines années dans les tendances (à venir) du stock selon les projections des prises de 0, 100, 200 et 300 tonnes par an.

Le point de référence limite pour ce stock (PRL = 147,8 milliers de tonnes) a été calculé en fonction des estimations modélisées de la BSR pendant une période productive. La BSR modélisée (médiane) a été inférieure au PRL depuis 2006, sauf en 2008. En 2016, la BSR a été estimée à 52 % du PRL, avec une probabilité de 76 % de se trouver en deçà du PRL.

La contraction de la structure des tailles chez la plie rouge, la diminution de la taille estimée à la maturité chez la moitié des poissons (de 23 ou 24 cm dans les années 1970 à 17 ou 18 cm ces dernières années), ainsi que le recul des indices d'abondance auparavant élevés des poissons de taille commerciale sont corrélatifs à des taux de mortalité très élevés dans ce stock. À

l'échelle du sud du golfe, il semble que la mortalité naturelle soit le facteur le plus déterminant de l'état du stock. Les causes de la mortalité naturelle élevée et croissante ne sont pas bien connues, mais les preuves disponibles appuient l'hypothèse selon laquelle la prédation par les phoques gris représente une composante importante.

INCERTITUDES

Les relevés annuels effectués dans le sud du golfe du Saint-Laurent n'échantillonnent pas toute l'aire de répartition de la plie rouge. Les petites plies rouges, jeunes, sont présentes dans la zone côtière de la région couverte par le relevé (figure 54). Cela signifie que les plus petits poissons sont sous-représentés dans les données des relevés.

Le modèle de population présume que la proportion de plies rouges qui se trouve en dehors de la zone de relevé est constante d'une année sur l'autre. Si l'aire de répartition occupée par la plie rouge se contracte et s'étend en fonction de la densité de l'espèce, cette hypothèse d'une disponibilité constante pour le relevé ne serait pas correcte. Si le coefficient de capturabilité du relevé par NR tiré du modèle de population corrige en principe cette proposition côtière non échantillonnée du stock, sa valeur est difficile à établir à l'aide des données disponibles et reflète la valeur précédemment présumée. L'échelle globale de la population est donc incertaine.

La structure du stock est une source d'incertitude pour cette ressource. Les plies rouges sont dispersées de manière discontinue le long des côtes, et certaines caractéristiques connues, comme leurs œufs adhésifs et les déplacements limités des individus marqués, suggèrent qu'il existe une population reproductrice locale dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Un certain degré de mélanges est fort probable étant donné le stade larvaire pélagique et le vagabondage des adultes.

Les densités de plies rouges dans les eaux peu profondes sont inconnues. Toutefois, il ressort des relevés par NR que certaines eaux peu profondes pourraient jouer un rôle important et que les poissons qui y vivent seraient plutôt petits. Les données sur les âges s'avèrent tout aussi incertaines, car elles ne sont pas étalonnées par rapport à un ensemble de référence; de plus, on n'a pas vérifié si le récent exercice de détermination des âges avait donné des résultats cohérents avec les interprétations antérieures. Du fait de l'absence ou de la rareté des données, il a fallu utiliser un modèle complexe pour lisser les estimations des clés âge-longueur, de sorte qu'il est difficile de savoir si les valeurs interpolées et lissées sont pertinentes.

Il existe également des incertitudes observationnelles concernant les courbes de maturité de la plie rouge en fonction du temps, en ce sens que les critères de la maturité ne sont pas appliqués de manière uniforme d'une année à l'autre. Ces lacunes touchent principalement les années intermédiaires, tandis que les observations dérivées des relevés plus anciens et plus récents laissent supposer des changements marqués dans la taille à maturité, une transition qui est largement reflétée dans les valeurs des années intermédiaires. L'incertitude des courbes annuelles de maturité se répercute sur les estimations de la biomasse du stock reproducteur (BSR).

RÉFÉRENCES CITÉES

Beacham, T.D. 1982. Biology and exploitation of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in the Canadian Maritimes area of the Northwest Atlantic Ocean. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1113. 33 p.

-
- Benoît, H.P. 2006. Standardizing the southern Gulf of St. Lawrence bottom trawl survey time series: Results of the 2004-2005 comparative fishing experiments and other recommendations for the analysis of the survey data. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/008. 127 p.
- Benoît, H.P., and Swain, D.P. 2003. Standardizing the southern Gulf of St. Lawrence bottom-trawl survey time series: adjusting for changes in research vessel, gear and survey protocol. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. no. 2505: iv + 95 pp.
- Benoît, H.P., and Swain, D.P. 2008. Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2088-2104.
- Burton, M. 1998. Gametogenesis in northwest Atlantic teleosts. Ital. J. Zool. 65(Suppl.): 199-202.
- Burton, M.P.M. 1991. Induction and reversal of the non-reproductive state in winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* Walbaum, by manipulating food availability. J. Fish. Biol. 39: 909-910.
- Comeau, M., Hanson, J.M., Rondeau, A., Mallet, M., and Chassé, J. 2008. Framework and assessment for American lobster, *Homarus americanus*, fisheries in the southern Gulf of St. Lawrence: LFA 23, 24, 25, 26A and 26B. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/054. 111 p.
- Conan, G.Y., Comeau, M., Gosset, C., Robichaud, G., and Garaicoechea, C. 1994. The Bigouden Nephrops trawl, and the Devismes trawl, two otter trawls efficiently catching benthic stages of snow crab (*Chionoecetes opilio*) and American lobster (*Homarus americanus*). DFO Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1992. 27 p.
- Clay, D., Chouinard, G., Hurlbut, T., Currie, L., and Clay, H. 1984. Stock report for American plaice (*Hippoglossoides platessoides* (Fabricius)) and other flatfishes in the Gulf of St. Lawrence, including a discussion of discard levels and mesh selectivity of plaice. DFO Can. Atl. Fish. Stock Ass. Comm. Res. Doc. 84/76. 30 p.
- Daigle, D., and Benoît, H.P. 2007. Procedures for commercial catch sampling of finfish and shrimp in the southern Gulf of St. Lawrence (Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region). Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2833. iv+63 p.
- Darbyson, E., and Benoît, H.P. 2003. An atlas of the seasonal distribution of marine fish and invertebrates in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1113. iii + 294 p.
- de Lafontaine, Y., Demers, S., and Runge, J. 1991. Pelagic food web interactions and productivity in the Gulf of St. Lawrence: a perspective, p. 99-123. In J.-C. Therriault [ed.]. The Gulf of St. Lawrence: small ocean or big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113. 359 p.
- de Lafontaine, Y., Sinclair, M., El-Sabh, M.I., Lassus, C., and Fournier, R. 1984. Temporal occurrence of ichthyoplankton in relation to hydrographic and biological variables at fixed stations in the St. Lawrence estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 18: 177-190.
- Dunn, R.S. 1970. Further evidence for a three-year oocyte maturation time in the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 27: 957-960.
- Faber, D.J. 1976. Hyponeustonic fish larvae in the Northumberland Strait during summer 1962. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1167-1174.

-
- Fletcher, G.L. 1977. Circannual cycles of blood plasma freezing point and Na⁺ and Cl⁻ concentrations in Newfoundland winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): correlations with water temperature and photoperiod. *Can. J. Zool.* 55: 789-795.
- Frank, K.T., and Leggett, W.C. 1984. Selective exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) eggs by winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): capelin egg mortality rates, and contribution of egg energy to the annual growth of flounder. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1294-1302.
- FRCC. 1993. 1994 conservation requirements for Atlantic groundfish. Report to the Minister of Fisheries and Oceans. Fisheries Resource Conservation Council, Ottawa.
- Froese, R., and Pauly, D. 2012. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2012).
- Hanson, J.M. 1996. Seasonal distribution of juvenile Atlantic cod in the southern Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Biol.* 49: 1138–1152.
- Hanson, J.M., and Courtenay, S.C. 1996. Seasonal use of estuaries by winter flounder in the southern Gulf of St. Lawrence. *Trans. Am. Fish. Soc.* 125: 705-718.
- Hanson, J.M., and Lanteigne, M. 2000. Evaluation of Atlantic cod predation on American lobster in the southern Gulf of St. Lawrence, with comments on other potential fish predators. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129: 13–29.
- Hurlbut, T., and Clay, D. 1990. Protocols for research vessel cruises within the Gulf Region (demersal fish) (1970-1987). *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2082. 143 p.
- Kennedy, V.S., and Steele, D.H. 1971. The winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) (Walbaum), on the Atlantic Coast. *J. Fish. Res. Board Can.* 20: 1153-1165.
- Klein-MacPhee, G. 1978. Synopsis of biological data for the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). FAO Fisheries Synopsis No. 117. 43 p.
- Kristensen, K. 2014. TMB: general random effect model builder tool inspired by ADMB. Available from <https://github.com/kaskr/adcomp>.
- Kristensen, K., Nielsen, A., Berg, C.W., Skaug, H., and Bell, B M. 2016. TMB: Automatic Differentiation and Laplace Approximation. *Journal of Statistical Software.* 70(5) 10.18637/jss.v070.i05.
- McCracken, F.D. 1963. Seasonal movements of the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum), on the Atlantic coast. *J. Fish. Res. Board Can.* 20: 551-586.
- Morin, R., Forest-Gallant, I., Hanson, J.M., Hébert, R., and Swain, D. 1995. Status of winter flounder in NAFO division 4T, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/60. 27 p.
- Morin, R., Forest, I., and Benoît, H. 2002. Status of NAFO Division 4T winter flounder, February 2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/033. 56 p.
- Morin, R., Swain, D.P., and LeBlanc, S.G. 2012. The status of NAFO Division 4T winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), February 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/053. iii + 60 p.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution.](#)
- MPO. 2010. [Taille à la maturité sexuelle et caractéristiques des captures de la pêche à la limande à queue jaune et la plie rouge aux Îles-de-la-Madeleine.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2009/020.
-

-
- MPO. 2012. [Évaluation de la plie rouge \(*Pseudopleuronectes americanus*\) du sud du golfe du Saint-Laurent \(division 4T de L'OPANO\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/016.
- MPO. 2014. [Mise à jour des indices d'abondances jusqu'en 2013 pour les stocks de six espèces de poisson de fond évalués par la Région du Golfe du MPO](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2014/028.
- MPO. 2015. [Mise à jour des indices d'abondances jusqu'en 2014 pour les stocks de six espèces de poisson de fond évalués par la Région du Golfe du MPO](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2014/015.
- MPO. 2016a. [Mise à jour des indices d'abondances jusqu'en 2015 pour les stocks de six espèces de poisson de fond évalués par la Région du Golfe du MPO](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2016/016.
- MPO. 2016b. [Lignes directrices sur la prestation de mises à jour et d'avis scientifiques pour les évaluations pluriannuelles](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/020.
- Murua, H., and Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 33: 23-31.
- Pearcy, W.G. 1962. Ecology of an estuarine population of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). Parts I to IV. *Bull. Bingham Ocean. Coll. Yale U.* 18: 1-78.
- Phelan, B.A. 1992. Winter flounder movements in the Inner New York Bight. *Trans. Am. Fish. Soc.* 121: 777-784.
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Savoie, L. 2014. Results from the 2012 and 2013 sentinel bottom-trawl surveys in the southern Gulf of St. Lawrence and comparisons with previous 2003 to 2011 surveys. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2014/054: v + 63 p.
- Scott, J.S. 1976. Summer distribution of groundfish on the Scotian Shelf 1970-74. *Fisheries and Marine Service Technical Report* 635. iv + 51 p.
- Scott, W.B., and Scott, M.G. 1988. Atlantic fishes of Canada. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 219: 731 p.
- Stari, T., Preedy, K.F., McKenzie, E., Gurney, W.S.C., Heath, M.R., Kunzlik, P.A., and Speirs, D.C. 2010. Smooth age length keys: Observations and implications for data collection on North Sea haddock. *Fish. Res.* 105(1): 2-12.
- Surette, T., and Swain, D.P. 2016. The Status of Yellowtail Flounder in NAFO Division 4T to 2015. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/058. xi + 74 p.
- Swain, D.P., and Benoît, H.P. 2015. Extreme increases in natural mortality prevent recovery of collapsed fish populations in a Northwest Atlantic ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 519: 165-182.
- Swain, D.P., Chouinard, G.A., Morin, R., and Drinkwater, K.F. 1998. Seasonal variation in the habitat associations of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the southern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 2548-2561.

-
- Tibbo, S.N., Scarratt, D.J., and McMullon, P.W. 1963. An investigation of herring (*Clupea harengus* L.) spawning using free-diving techniques. J. Fish. Res. Board Can. 20: 1067-1079.
- Vaillancourt, R., Brêthes, J.-C.F., and Desrosiers, G. 1985. Croissance de la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Can. J. Zool. 63: 1610-1616.
- Voutier, J.L., and Hanson, J.M. 2008. Distribution, abundance, and feeding of a disjunct population of lady crab in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. Aquat. Ecol. 42: 43–60.

TABLEAUX

Tableau 1. Débarquements (tonnes) annuels enregistrés de plie rouge dans la division 4T de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), du sud du golfe du Saint-Laurent, de 1960 à 2016. Les données de 1960 à 1995 sont tirées de dossiers de l'OPANO. Les données de 1996 à 2015 sont tirées de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO (fichiers ZIFF). Les débarquements (t) attribués à la pêche expérimentale à l'appât aux îles de la Madeleine, de 2001 à 2015, sont mis entre parenthèses. Les données de 2017 ne sont pas présentement disponible (nd).

Année	Débarquements (t)	Année	Débarquements (t)
1960	900	1989	2089
1961	1596	1990	2077
1962	2312	1991	2536,2
1963	3148	1992	1892,7
1964	3002	1993	1664,8
1965	4412	1994	1237,1
1966	3056	1995	668,0
1967	2444	1996	836,1
1968	550	1997	1128,9
1969	1694	1998	620,7
1970	2684	1999	647,5
1971	2821	2000	576,7
1972	1822	2001	573,3 (11,4)
1973	2300	2002	440,3 (7,6)
1974	1920	2003	468,3 (13,8)
1975	2010	2004	381,4 (29,7)
1976	2407	2005	383,3 (20,7)
1977	1235	2006	246,7 (19,9)
1978	1121	2007	192,8 (29,3)
1979	1585	2008	197,3 (38,9)
1980	1976	2009	209,7 (64,6)
1981	1941	2010	301,3 (122,2)
1982	2305	2011	317,8 (113,9)
1983	1799	2012	305,9 (62)
1984	149	2013	211,1 (6,5)
1985	1180	2014	191,9 (10,5)
1986	2044	2015	215,9 (10,9)
1987	1811	2016	191,9
1988	1414	2017	nd

Tableau 2. Mesures de gestion de la pêche de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Mesure de gestion	Particularité
Pêche expérimentale avant l'ouverture	Oui, dans les endroits avec des probabilités élevées de prises accessoires de morue
Merluche et autre espèces	limite quotidienne de 10 %
Limite de prises-accessoires de morue	5 % par jour pour engins fixes; 10 % par sortie pour engins mobiles
Systèmes d'appel de sortie en mer	Oui
Couverture d'observateurs, engins fixes	5 % pour engins mobiles; 25 % dans le sud-est du Golfe (4T8), 10 % ailleurs
Monitoring à quai	100 %, sauf pour la pêche pour l'appât aux îles de la Madeleine
Protocole pour petits poissons, toutes espèces	Oui
Engin de pêche, taille minimale de la maille	145 mm pour filet maillants et engins mobiles

Tableau 3. Débarquements annuels (kg) de plie rouge dans l'ensemble et par sous-division dans la division 4T de l'OPANO, de 1991 à 2015. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO. Les sous-divisions inconnues de l'OPANO sont regroupées dans l'en-tête 4T.

Année	4T	4Tf	4Tg	4Th	4Tj	4Tk	4Tl	4Tm	4Tn	4To	4Tp	4Tq
1991	577 434	228 621	740 072	390 713	12 423	1 250	187 383	226 294	152 304	678	0	19 065
1992	16 844	150 777	771 422	185 356	11 204	314	338 251	297 514	116 049	148	49	4 817
1993	70 155	192 100	293 136	120 051	7 686	541	525 479	318 414	135 493	888	482	418
1994	87 180	403	457 071	129 286	6 383	1 406	240 856	121 731	190 726	2 084	0	0
1995	197	5 185	247 660	179 225	158	2 325	72 796	113 032	38 309	8 288	200	578
1996	14 986	79	370 652	135 283	21	127	111 893	147 311	21 252	23 501	15	10 934
1997	90 524	72 461	444 293	102 617	134	843	266 240	78 992	61 574	10 982	0	220
1998	259	34 536	308 793	45 895	185	5	195 654	29 351	5 296	697	0	39
1999	0	83 492	364 885	53 835	715	0	82 258	24 524	37 472	336	0	0
2000	0	217 163	252 199	14 264	29	0	56 091	25 861	11 043	0	0	0
2001	0	178 274	270 207	34 628	67	499	75 338	10 073	4 176	85	0	0
2002	0	100 079	277 662	14 062	1 349	36	39 808	6 377	898	0	0	0
2003	0	133 761	220 928	15 415	0	633	67 897	17 239	12 206	0	0	240
2004	18	155 328	163 949	25	1 695	0	29 301	16 021	15 070	0	0	0
2005	4 150	174 069	149 669	1 845	328	31	43 364	8 249	1 631	0	0	0
2006	5 998	160 954	31 507	0	0	272	35 208	11 975	745	0	0	0
2007	760	121 696	45 582	0	0	0	10 789	13 806	133	0	0	0
2008	272	111 921	64 793	0	0	45	9 633	10 665	0	0	0	0
2009	15	155 417	27 020	2 341	0	0	8 820	14 759	1 343	0	0	0
2010	666	242 779	36 213	0	0	0	8 246	13 369	0	0	0	0
2011	2 467	243 948	58 068	235	0	498	2 582	9 962	0	0	0	0
2012	248	235 006	53 223	617	0	75	611	15 220	919	0	0	0
2013	116	163 453	35 196	0	0	180	0	10 751	1 372	0	0	0
2014	0	173 099	5 549	0	0	30	0	11 562	1 627	0	0	0
2015	0	168 388	28 112	0	0	126	0	17 133	2 168	0	0	0

Tableau 4. Débarquements annuels (kg) par mois de plie rouge dans la division 4T de l'OPANO, de 1960 à 2015. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO.

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1960	4 000	9 000	0	0	0	13 000	93 000	147 000	144 000	246 000	241 000	3 000
1961	4 000	0	0	0	17 000	127 000	60 000	52 000	288 000	468 000	537 000	43 000
1962	3 000	11 000	0	0	33 000	99 000	194 000	153 000	502 000	945 000	297 000	75 000
1963	23 000	0	0	0	86 000	172 000	224 000	327 000	527 000	1 528 000	243 000	18 000
1964	0	0	0	3 000	88 000	148 000	240 000	258 000	503 000	1 412 000	341 000	9 000
1965	4 000	0	0	63 000	224 000	144 000	200 000	495 000	528 000	2 263 000	461 000	30 000
1966	5 000	0	0	133 000	115 000	225 000	241 000	290 000	560 000	1 151 000	267 000	69 000
1967	0	0	0	7 000	197 000	104 000	118 000	239 000	551 000	829 000	364 000	35 000
1968	0	1 000	0	33 000	82 000	93 000	126 000	16 000	10 000	69 000	119 000	1 000
1969	7 000	0	0	0	23 000	3 000	103 000	116 000	159 000	709 000	562 000	12 000
1970	3 000	0	2 000	111 000	128 000	153 000	239 000	229 000	474 000	661 000	637 000	47 000
1971	21 000	0	0	112 000	243 000	172 000	280 000	152 000	324 000	1 023 000	452 000	42 000
1972	0	1 000	0	0	4 000	33 000	81 000	212 000	277 000	782 000	418 000	14 000
1973	1 000	1 000	0	1 000	2 000	222 000	202 000	291 000	606 000	894 000	80 000	0
1974	1 000	1 000	0	0	10 000	59 000	405 000	389 000	433 000	472 000	150 000	0
1975	1 000	0	0	0	0	49 000	217 000	463 000	721 000	534 000	23 000	2 000
1976	1 000	0	0	0	14 000	543 000	595 000	442 000	475 000	334 000	3 000	0
1977	1 000	0	0	0	4 000	18 000	309 000	336 000	328 000	233 000	6 000	0
1978	0	1 000	0	0	25 000	43 000	165 000	211 000	281 000	372 000	23 000	0
1979	0	0	0	1 000	6 000	59 000	275 000	404 000	429 000	392 000	19 000	0
1980	0	3 000	0	0	38 000	229 000	322 000	372 000	487 000	511 000	14 000	0
1981	0	0	2 000	42 000	74 000	119 000	424 000	531 000	385 000	361 000	3 000	0
1982	2 000	2 000	3 000	1 000	155 000	158 000	372 000	438 000	762 000	388 000	23 000	1 000
1983	2 000	2 000	0	0	33 000	207 000	156 000	556 000	505 000	327 000	11 000	0
1984	1 000	0	0	4 000	54 000	13 000	6 000	8 000	36 000	26 000	0	1 000
1985	0	0	0	0	47 000	84 000	208 000	271 000	319 000	230 000	21 000	0
1986	0	0	0	7 000	180 000	160 000	460 000	479 000	434 000	306 000	18 000	0
1987	0	0	0	6 000	185 000	191 000	333 000	378 000	329 000	367 000	22 000	0
1988	0	0	0	2 000	182 000	155 000	271 000	257 000	286 000	238 000	23 000	0
1989	0	0	0	2 000	281 000	286 000	368 000	421 000	509 000	220 000	2 000	0
1990	0	0	0	1 000	207 000	439 000	459 000	397 000	346 000	223 000	5 000	0
1991	0	0	0	0	110 668	379 813	571 979	484 200	693 930	291 138	4 509	0
1992	0	0	0	91	93 470	205 211	366 448	412 235	522 549	283 940	8 801	0
1993	92	0	0	563	196 342	224 450	178 980	188 161	406 096	470 144	15	0
1994	0	0	0	0	19 231	209 803	165 319	206 078	498 741	137 747	0	207
1995	579	99	0	0	6 824	78 931	173 983	133 667	162 328	111 455	87	0
1996	0	0	0	0	57 293	114 889	119 039	166 196	234 695	143 883	59	0
1997	0	0	0	0	140 353	277 840	73 621	185 968	239 217	209 776	2 105	0
1998	0	0	0	1 013	154 925	70 912	29 868	84 848	173 496	103 108	2 528	12
1999	148	280	0	11 291	122 362	60 832	59 499	116 135	193 308	83 631	31	0
2000	0	0	0	3 709	126 068	154 205	55 245	78 442	76 921	82 050	10	0

Année	jan.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
2001	0	0	0	5 499	142 321	100 959	27 566	108 693	117 623	70 132	554	0
2002	0	0	0	5 275	84 532	47 855	13 360	111 426	126 616	51 120	87	0
2003	0	0	0	2 851	125 140	69 520	31 878	61 630	132 467	44 833	0	0
2004	0	0	0	4 429	101 460	85 824	13 742	67 348	79 582	29 022	0	0
2005	0	0	0	6 612	129 204	84 582	15 922	56 548	65 815	24 653	0	0
2006	0	0	0	7 047	135 460	56 992	3 723	6 767	21 820	14 850	0	0
2007	0	0	0	17 204	63 533	59 376	4 552	9 463	24 487	14 151	0	0
2008	0	0	0	4 143	70 127	57 307	1 793	30 548	27 976	5 435	0	0
2009	0	0	0	14 570	85 627	77 392	4 132	5 200	18 337	4 457	0	0
2010	0	0	0	37 051	102 492	126 900	1 067	2 852	9 088	21 823	0	0
2011	0	0	0	33 481	125 816	94 885	10 648	295	41 544	11 091	0	0
2012	0	0	0	29 969	115 620	87 919	19 062	0	23 621	29 521	207	0
2013	0	0	0	14 431	84 035	76 741	80	116	25 968	9 697	0	0
2014	0	0	0	504	85 406	83 463	16 842	0	2 476	3 176	0	0
2015	0	0	0	711	64 495	80 138	38 927	2 083	3 036	25 711	826	0

Tableau 5. Débarquements annuels (kg) de plie rouge dans la division 4T de l'OPANO, par type d'engin, de 1960 à 2016. Les données sont tirées des estimations de prises non déclarées et de journaux de bord de pêche de la Direction des statistiques, au MPO. Les données de 2016 sont préliminaires.

Année	Chalut	Senne	Filet maillant	Combinés	Palangre	Autre
1960	730 000	137 000	0	0	17 000	16 000
1961	1 043 000	452 000	1 000	0	2 000	98 000
1962	1 407 000	642 000	115 000	0	8 000	140 000
1963	2 324 000	697 000	66 000	0	15 000	46 000
1964	2 247 000	546 000	0	0	0	209 000
1965	4 026 000	217 000	12 000	0	89 000	68 000
1966	2 640 000	300 000	53 000	0	0	63 000
1967	1 870 000	464 000	58 000	0	33 000	19 000
1968	424 000	107 000	16 000	0	2 000	1 000
1969	1 263 000	51 000	25 000	0	12 000	343 000
1970	1 809 000	576 000	142 000	0	21 000	136 000
1971	1 769 000	572 000	79 000	0	23 000	378 000
1972	1 193 000	533 000	36 000	0	44 000	16 000
1973	1 807 000	399 000	29 000	0	42 000	23 000
1974	1 330 000	388 000	23 000	0	4 000	175 000
1975	1 577 000	254 000	35 000	0	3 000	141 000
1976	2 142 000	96 000	24 000	0	3 000	142 000
1977	903 000	48 000	24 000	0	6 000	254 000
1978	744 000	104 000	77 000	0	13 000	183 000
1979	1 280 000	52 000	64 000	0	10 000	179 000
1980	1 264 000	80 000	274 000	0	147 000	211 000
1981	1 605 000	30 000	215 000	0	16 000	75 000
1982	1 652 000	32 000	579 000	0	1 000	41 000
1983	1 413 000	131 000	231 000	0	7 000	17 000
1984	43 000	32 000	13 000	0	4 000	57 000
1985	935 000	56 000	97 000	51 000	38 000	3 000
1986	1 167 000	243 000	538 000	80 000	6 000	10 000
1987	824 000	307 000	526 000	62 000	85 000	7 000
1988	783 000	280 000	321 000	4 000	20 000	6 000
1989	1 191 000	392 000	469 000	0	37 000	0
1990	1 171 000	274 000	588 000	0	32 000	12 000
1991	1 864 196	187 927	347 385	118 306	13 813	4 610
1992	1 233 267	225 760	323 659	102 474	3 726	3 859
1993	774 985	64 327	763 620	29 363	2 489	30 059
1994	731 888	31 829	458 883	349	1 947	12 230
1995	386 990	10 000	267 185	2 417	0	1 361
1996	487 404	10 666	336 627	1 192	165	0
1997	524 875	64 953	528 365	10 629	58	0
1998	314 876	10 974	259 507	14 326	20 844	183
1999	362 441	11 878	199 980	72 596	194	428
2000	299 151	113 882	141 968	21 587	39	23
2001	331 432	76 992	163 419	1 485	19	0
2002	306 971	55 831	67 188	10 246	12	23
2003	274 389	70 994	119 001	3 934	1	0
2004	176 976	85 068	104 510	14 853	0	0
2005	210 886	76 785	95 254	382	29	0
2006	85 336	89 363	69 104	290	0	2 566
2007	96 014	48 934	39 186	4 583	13	4 036
2008	128 300	28 869	36 191	0	0	3 969
2009	116 603	32 997	54 860	696	143	4 416
2010	170 292	56 884	67 886	0	1	6 210
2011	202 758	29 134	74 033	0	5 909	5 926
2012	197 784	16 136	90 096	0	0	1 903
2013	131 842	15 196	62 842	0	371	701
2014	124 984	12 253	53 928	0	0	702
2015	94 461	27 920	93 544	0	2	0
2016	125 000	37 700	29 400	0	0	0

Tableau 6. Résumé de l'effort d'échantillonnage annuel par type d'engin utilisé pour déterminer les prises commerciales selon la longueur. Les codes d'engins sont les suivants : OTB = chaluts à panneaux; SNU = sennes; FIX = filets maillants et palangres; MOB = chaluts et sennes combinés; SEN = programme de pêche sentinelle (soit le chalut [O], soit la senne [S], soit des engins mobiles combinés (M), soit un engin fixe [F]). Le nombre d'échantillons prélevés au port et de sorties d'observateurs (n) ainsi que le nombre de poissons mesurés sont également indiqués. ¹ Échantillons commerciaux et de la pêche sentinelle (culs de chaluts sans doublure) combinés.

Année	Engin	n	Mesuré	Année	Engin	n	Mesuré	Année	Engin	n	Mesuré	Année	Engin	n	Mesuré
1973	MOB	5	1000	1989	SNU	4	587	1999	FIX ¹	15	2126	2008	FIX	6	1304
1974	MOB	8	1550	1989	FIX	3	358	1999	MSEN	4	121	2008	OSEN	9	628
1975	MOB	12	3550	1990	OTB	4	550	2000	OTB ¹	20	3426	2009	OTB	12	1956
1976	MOB	16	3599	1990	SNU	5	757	2000	SNU ¹	5	1015	2009	SNU	5	686
1977	MOB	11	3249	1990	FIX	2	206	2000	FIX ¹	24	4316	2009	FIX	12	2075
1978	MOB	5	849	1991	OTB	1	225	2001	OTB ¹	15	2767	2009	OSEN	9	941
1979	MOB	2	328	1991	SNU	4	701	2001	SNU ¹	4	620	2010	OTB	10	1590
1980	MOB	7	974	1991	FIX	4	179	2001	FIX ¹	25	4131	2010	SNU	2	360
1980	FIX	2	400	1992	OTB	12	1562	2002	MOB ¹	18	3154	2010	FIX	9	1500
1981	MOB	6	774	1992	SNU	4	373	2002	FIX	11	2497	2010	OSEN	9	741
1981	FIX	2	400	1992	FIX	4	434	2002	SSEN	6	521	2011	OTB	14	2849
1982	OTB	4	510	1993	OTB	4	790	2003	OTB	19	6379	2011	SNU	4	584
1982	SNU	1	136	1993	SNU	2	394	2003	SNU	6	803	2011	FIX	15	2209
1982	FIX	2	400	1993	FIX	7	661	2003	FIX	8	1871	2011	OSEN	7	466
1983	OTB	17	2722	1994	OTB	11	9965	2003	OSEN	11	3382	2012	GNS	24	6436
1983	SNU	1	234	1994	SNU	3	969	2004	OTB	22	6223	2012	SNU	6	816
1983	FIX	4	362	1994	FIX	3	363	2004	SNU	4	605	2012	OTB	41	7611
1984	OTB	9	1430	1995	OTB	15	9039	2004	FIX ¹	13	2749	2013	GNS	17	3709
1984	SNU	2	163	1995	SNU	1	162	2004	OSEN	10	2271	2013	SNU	7	791
1984	FIX	3	289	1995	FIX	10	1634	2005	OTB	15	4957	2013	OTB	39	7946
1985	OTB	6	1280	1996	MOB	23	8024	2005	SNU	3	672	2014	GNS	18	2545
1985	SNU	1	258	1996	FIX	13	3220	2005	FIX ¹	12	2821	2014	LLS	1	1
1985	FIX	1	227	1996	MSEN	10	1378	2005	OSEN	10	1459	2014	SNU	4	370
1986	OTB	7	1684	1996	FSEN	49	1213	2006	OTB	4	1034	2014	OTB	34	4574
1986	SNU	2	300	1997	OTB	25	3793	2006	SNU	5	648	2015	GNS	25	5795
1986	FIX	12	847	1997	SNU ¹	6	1304	2006	FIX	2	429	2015	SNU	5	1091
1987	OTB	24	3051	1997	FIX ¹	37	4023	2006	OSEN	11	851	2015	OTB	16	3040
1987	SNU	54	7063	1997	MSEN	4	413	2007	OTB	17	2460	2016	GNS	13	1319
1987	FIX	2	233	1998	OTB ¹	21	3347	2007	SNU	8	902	2016	LLS	1	1
1988	OTB	1	183	1998	SNU ¹	3	554	2007	FIX	5	1160	2016	SNU	8	1503
1988	SNU	2	280	1998	FIX ¹	29	4638	2007	OSEN	11	925	2016	OTB	231	4132
1988	FIX	2	143	1998	MSEN	3	117	2008	OTB	7	747	2017	na	na	na
1989	OTB	10	1645	1999	MOB ¹	12	2417	2008	SNU	4	224	2017	na	na	na

Tableau 7. Nombre de traits de relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles effectués par chaque navire, de 2003 à 2016.

Année	Riding it out	Line Guy	Cape Ryan	Cap Adele	Alberto	Manon Yvon	Viking II	Atlantic Quest	Tamara Louise	Miss Lameque	J.L.S.R.
2003	50	0	0	0	52	54	0	0	0	65	0
2004	50	0	0	0	0	56	64	0	0	67	0
2005	51	0	0	0	0	56	70	0	0	68	0
2006	51	0	0	51	0	0	63	0	0	61	0
2007	0	0	0	52	0	0	65	51	0	62	0
2008	0	0	0	51	0	0	64	50	0	59	0
2009	0	0	0	42	0	0	54	44	0	48	0
2010	0	0	0	42	0	0	54	0	44	48	0
2011	0	0	0	38	0	0	53	0	41	44	0
2012	0	0	0	40	0	0	53	0	41	43	0
2013	0	0	0	37	0	0	59	0	39	35	0
2014	0	0	57	33	0	0	0	0	35	0	31
2015	0	27	56	32	0	0	0	0	0	0	27
2016	0	33	55	28	0	0	0	0	0	0	30

Tableau 8. Nombre d'otolithes datés valides par année provenant du relevé par navire de recherche (NR) mené en septembre, par année et par âge.

Année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+	Total
1975	0	8	26	18	22	35	21	11	6	4	5	156
1977	4	16	26	45	19	17	10	10	5	4	6	162
1978	6	11	21	38	64	35	22	2	7	2	0	208
1979	7	21	29	53	65	53	44	16	7	2	2	299
1980	4	28	49	49	53	53	49	13	10	2	2	312
1981	11	22	42	54	49	63	31	26	9	5	0	317
1982	0	3	5	13	24	20	11	5	0	0	0	81
1990	25	67	133	141	79	60	32	16	9	4	3	569
1991	17	50	102	111	102	81	51	25	5	3	3	551
1992	39	106	116	124	121	88	60	29	17	6	4	720
1993	60	118	124	127	125	80	69	45	25	5	7	790
1997	29	110	135	144	130	109	76	36	10	5	3	792
1998	16	29	21	24	24	23	21	12	4	0	1	176
1999	13	22	15	19	15	15	29	14	4	4	2	181
2004	54	106	114	124	115	68	61	31	15	8	3	702
2005	33	101	125	125	126	81	68	32	19	7	4	723
2006	40	135	195	183	141	113	103	72	29	16	13	1046
2007	54	129	147	195	164	108	67	58	26	10	6	972
2012	21	16	19	13	15	14	25	12	5	0	2	145
2013	19	19	18	19	17	11	18	5	6	4	1	158
2014	22	21	15	18	15	8	19	15	4	3	2	161

Tableau 9. Prises commerciales selon l'âge (nombre, en milliers) de plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016. Les estimations de 2016 sont préliminaires.

Année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	0	1	72	378	898	1260	1060	610	344	170	165
1974	3	44	239	519	857	1088	771	399	220	111	111
1975	3	60	765	988	1347	1218	800	362	157	63	47
1976	31	323	1199	1874	1646	1399	808	357	178	90	71
1977	11	127	430	1058	905	782	480	277	87	37	24
1978	47	407	749	921	1397	583	352	106	98	48	26
1979	0	0	310	1373	1725	1440	853	251	66	27	14
1980	0	1	164	752	1818	1988	1464	226	85	46	19
1981	0	16	228	1053	1576	1841	960	447	95	69	23
1982	0	6	226	1397	1860	1650	1083	499	243	122	98
1983	5	25	152	581	1291	1544	1118	576	210	76	43
1984	0	6	50	120	155	124	73	29	9	3	2
1985	0	4	33	143	405	627	614	385	171	68	42
1986	1	33	264	805	1260	1245	932	474	199	81	58
1987	1	38	393	1054	1373	1270	919	448	174	68	36
1988	1	45	476	1220	1300	1007	612	259	94	37	20
1989	0	7	225	952	1351	1334	929	482	212	88	58
1990	0	1	209	1184	1624	1555	856	299	79	50	28
1991	0	137	571	1464	2623	1921	1094	410	91	15	23
1992	24	79	430	993	1460	1176	760	358	167	41	20
1993	0	22	269	671	1158	965	819	437	245	43	29
1994	5	22	199	674	1102	860	637	289	96	29	16
1995	0	3	51	214	433	436	368	187	66	23	12
1996	0	4	70	292	570	601	497	244	80	29	16
1997	1	20	152	472	922	959	738	289	71	45	16
1998	0	4	70	275	523	517	319	139	44	15	7
1999	0	3	62	277	542	541	354	150	46	16	7
2000	1	9	60	221	391	417	457	188	57	23	11
2001	2	9	57	227	418	417	422	184	61	25	12
2002	5	18	68	212	361	328	311	137	47	19	8
2003	0	7	77	274	463	368	320	137	48	19	7
2004	0	2	25	150	348	258	272	134	44	28	17
2005	1	5	61	172	389	297	285	146	68	12	16
2006	0	1	27	67	174	172	223	147	41	30	13
2007	3	4	22	112	162	169	108	93	36	9	2
2008	5	6	16	73	165	171	142	87	30	11	4
2009	3	7	29	104	191	178	152	76	25	9	4
2010	35	113	197	263	287	226	205	93	32	12	6
2011	32	122	220	288	324	254	255	98	31	11	5
2012	13	74	236	363	291	210	117	46	15	6	3
2013	5	23	100	211	184	144	78	33	12	5	2
2014	2	11	66	148	185	152	88	33	9	3	2
2015	5	13	33	86	134	122	165	92	35	16	8
2016	3	10	36	99	154	135	146	69	24	10	4

Tableau 10. Abondance chalutable (nombre, en milliers) selon l'âge de la plie rouge d'après le relevé annuel par NR mené en septembre dans la division 4T de l'OPANO, de 1973 à 2016.

Année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	387	2028	5306	6371	6742	6678	4726	2322	1110	514	399
1974	11381	11428	10564	14498	20262	26622	20330	11095	5852	2848	2240
1975	111	1210	8089	9507	12503	11714	7950	3796	1915	797	792
1976	1529	15401	48329	59452	46577	40860	25153	11944	6293	3258	3128
1977	439	4051	8450	12297	6694	4223	2284	1559	371	158	99
1978	100	2489	11841	23764	33984	13603	8256	2591	2279	1140	677
1979	226	5086	8825	14166	13041	10986	6434	2288	1039	456	407
1980	164	4057	14594	19283	23245	23579	17933	3117	1419	746	448
1981	2347	7587	12994	17859	17659	19800	10742	5743	2553	1652	948
1982	127	1247	6208	17271	15576	12106	7749	3709	1965	1022	927
1983	808	5976	13897	21775	26244	23348	15026	7484	2779	1016	555
1984	1203	3280	5121	5949	5486	4721	3649	2266	1092	445	308
1985	1414	4283	6776	9398	9034	6696	4148	1813	664	255	153
1986	1603	7385	13050	14997	12675	9501	6244	2908	1148	455	274
1987	824	4443	8330	8486	5632	3644	2229	1009	399	159	90
1988	694	3856	9762	12568	9515	6831	4260	1924	735	289	158
1989	710	6289	19575	23339	13435	7699	3853	1555	612	251	166
1990	1947	9512	28774	30570	12341	6319	2734	676	93	93	43
1991	2644	7932	17666	15921	8824	5137	2886	926	205	24	51
1992	2408	12818	18495	18326	13276	7465	3008	1272	454	121	57
1993	1795	7490	10730	11331	10829	5989	4501	2409	1300	232	230
1994	3606	5453	6433	7439	6437	3751	2460	1066	356	108	56
1995	19438	29683	18923	12956	8562	5036	3218	1331	427	145	88
1996	4225	10571	11028	10541	7969	5104	3246	1350	434	162	105
1997	4785	12933	13084	11581	7669	4650	2445	847	236	137	48
1998	2878	10094	11337	9506	6080	3390	1583	581	169	58	27
1999	4776	13079	16666	17061	12567	7377	3606	1236	340	116	47
2000	6845	17178	16860	17359	11828	7106	5471	1650	401	156	66
2001	3085	9519	10835	11254	8321	5024	3730	1216	329	129	57
2002	6667	15030	13886	13351	11319	8068	7257	3337	1291	553	279
2003	5784	12779	11568	10118	7508	4284	3296	1363	498	208	91
2004	3055	9041	13780	14124	11317	5455	4658	1555	563	256	137
2005	13065	25583	16093	12158	10901	5767	3770	1575	647	105	163
2006	1697	7288	10936	9953	7218	5022	4184	2419	692	402	199
2007	1487	7502	8845	10463	8146	4707	2795	2401	984	393	151
2008	2539	6475	7327	8386	6347	3595	2188	1094	358	136	62
2009	9494	19192	14730	11779	8132	4804	3318	1456	443	160	60
2010	3167	9080	10599	9053	5955	3354	2537	1032	340	128	60
2011	1977	3699	4416	4062	3288	2145	1964	712	211	75	30
2012	1129	3098	4539	3844	1831	955	441	154	48	18	8
2013	2126	4824	6339	5432	2923	1848	879	325	101	37	15
2014	5844	8947	8150	5354	2792	1423	634	200	51	18	12
2015	3260	5498	4086	3472	2440	1452	1553	720	250	109	53
2016	2794	4819	4132	3034	1605	783	636	255	81	33	14

Tableau 11. Résumé des caractéristiques des modèles de population proposés et examinés pour l'analyse de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, y compris le nombre de courbe de sélectivité de NR, les blocs d'années pour la courbe de sélectivité de la pêche, le nombre de blocs d'âges pour la mortalité naturelle (M), le nombre de paramètres (k), les valeurs des logarithmes-vraisemblance (lnL), le coefficient de capturabilité du relevé par NR (qrv), les valeurs des critères d'information d'Akaike (CIA), et un résumé des considérations liés au modèle.

Modèle	Nombre de courbes de sélectivité de NR	Nombre de courbes de sélectivité de la pêche	Nombre de blocs d'âges pour M	k	lnL	qrv	CIA	Considérations
1	1	1	2	123	41,6	0,214	162,9	Profils des résidus du NR pour les âges 2 et 3
2	2	1	2	125	54,9	0,233	140,2	Profil modeste des résidus du NR, mais généralement bien
3	1	3	2	127	52,0	0,178	150,0	Profils des résidus du NR pour les âges 2 et 3
4	2	3	2	129	63,4	0,212	131,3	Profil modeste des résidus du NR Différences importantes dans les courbes de sélectivité du NR
5	2	1	3	134	72,5	0,211	123,1	Bon profil des résidus Les courbes de sélectivité du NR sont l'inverse de celles du modèle 4
6	1	3	3	136	62,1	0,195	147,8	Profils des résidus du NR pour les âges 2 et 3
7	2	3	3	138	77,3	0,209	121,5	Bon profil des résidus Les courbes de sélectivité du NR sont l'inverse de celles du modèle 4

Tableau 12. Proportions de plies rouges arrivées à maturité selon l'âge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	0,054	0,212	0,472	0,689	0,847	0,920	0,954	0,976	0,987	0,990	0,995
1974	0,082	0,192	0,693	0,887	0,949	0,974	0,985	0,991	0,994	0,995	0,997
1975	0,276	0,448	0,795	0,869	0,945	0,969	0,980	0,988	0,994	0,996	0,999
1976	0,269	0,494	0,712	0,835	0,921	0,961	0,978	0,989	0,994	0,995	0,998
1977	0,205	0,382	0,562	0,740	0,850	0,940	0,967	0,936	0,989	0,991	0,996
1978	0,223	0,671	0,670	0,818	0,880	0,937	0,950	0,997	0,994	0,988	0,998
1979	0,079	0,257	0,466	0,722	0,857	0,869	0,921	0,951	0,989	0,993	0,998
1980	0,078	0,304	0,529	0,698	0,842	0,899	0,944	0,977	0,985	0,993	0,998
1981	0,114	0,219	0,501	0,752	0,894	0,925	0,947	0,965	0,938	0,991	0,998
1982	0,267	0,498	0,713	0,821	0,884	0,918	0,937	0,954	0,967	0,971	0,980
1983	0,475	0,614	0,762	0,857	0,918	0,950	0,967	0,980	0,987	0,989	0,993
1984	0,429	0,714	0,856	0,923	0,962	0,982	0,991	0,996	0,998	0,998	0,999
1985	0,382	0,562	0,803	0,906	0,951	0,970	0,981	0,988	0,993	0,995	0,997
1986	0,430	0,618	0,789	0,887	0,946	0,970	0,982	0,989	0,994	0,995	0,997
1987	0,408	0,584	0,738	0,838	0,909	0,946	0,966	0,981	0,989	0,991	0,995
1988	0,345	0,555	0,749	0,854	0,919	0,952	0,968	0,980	0,987	0,989	0,994
1989	0,405	0,589	0,760	0,854	0,912	0,943	0,961	0,977	0,988	0,990	0,996
1990	0,396	0,703	0,826	0,899	0,949	0,955	0,971	0,981	0,997	0,993	0,998
1991	0,601	0,720	0,816	0,886	0,956	0,968	0,964	0,983	0,994	0,998	0,996
1992	0,704	0,811	0,905	0,939	0,969	0,971	0,989	0,990	0,998	0,998	1,000
1993	0,416	0,712	0,855	0,906	0,959	0,977	0,984	0,988	0,993	0,999	0,999
1994	0,255	0,532	0,802	0,905	0,950	0,970	0,980	0,987	0,992	0,993	0,996
1995	0,180	0,372	0,617	0,798	0,911	0,955	0,973	0,984	0,991	0,993	0,997
1996	0,174	0,394	0,669	0,829	0,918	0,955	0,973	0,985	0,992	0,994	0,997
1997	0,267	0,437	0,707	0,824	0,910	0,958	0,981	0,991	0,989	0,990	0,990
1998	0,392	0,561	0,727	0,831	0,905	0,946	0,968	0,983	0,991	0,993	0,996
1999	0,337	0,546	0,761	0,869	0,929	0,956	0,971	0,982	0,989	0,991	0,995
2000	0,322	0,522	0,737	0,861	0,929	0,959	0,973	0,984	0,991	0,992	0,996
2001	0,323	0,520	0,731	0,859	0,933	0,963	0,976	0,985	0,991	0,993	0,996
2002	0,252	0,458	0,695	0,855	0,945	0,976	0,987	0,993	0,996	0,997	0,998
2003	0,218	0,427	0,686	0,849	0,943	0,975	0,987	0,993	0,996	0,997	0,999
2004	0,254	0,494	0,730	0,880	0,955	0,968	0,981	0,992	0,967	0,999	0,998
2005	0,201	0,371	0,642	0,880	0,951	0,971	0,985	0,992	0,996	0,999	0,996
2006	0,217	0,398	0,656	0,840	0,927	0,959	0,984	0,987	0,995	0,998	0,998
2007	0,193	0,395	0,606	0,816	0,893	0,943	0,969	0,981	0,998	0,989	1,000
2008	0,282	0,463	0,709	0,852	0,930	0,961	0,976	0,986	0,992	0,993	0,997
2009	0,312	0,463	0,668	0,833	0,930	0,965	0,979	0,987	0,992	0,993	0,996
2010	0,378	0,564	0,754	0,868	0,937	0,968	0,982	0,991	0,995	0,996	0,998
2011	0,332	0,592	0,791	0,899	0,956	0,977	0,986	0,992	0,995	0,996	0,998
2012	0,391	0,647	0,853	0,936	0,972	0,986	0,991	0,995	0,997	0,998	0,999
2013	0,285	0,546	0,781	0,916	0,971	0,986	0,991	0,994	0,996	0,996	0,997
2014	0,229	0,430	0,703	0,856	0,935	0,967	0,981	0,989	0,994	0,995	0,998
2015	0,301	0,458	0,689	0,847	0,932	0,965	0,979	0,988	0,993	0,994	0,997
2016	0,251	0,468	0,677	0,804	0,893	0,940	0,964	0,980	0,989	0,991	0,995

Tableau 13. Poids moyens (kg) selon l'âge de la plie rouge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

Année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	0,046	0,094	0,152	0,215	0,291	0,360	0,422	0,499	0,584	0,616	0,741
1974	0,036	0,060	0,187	0,278	0,365	0,443	0,503	0,566	0,624	0,644	0,708
1975	0,067	0,097	0,181	0,230	0,316	0,404	0,467	0,570	0,717	0,806	1,041
1976	0,078	0,118	0,169	0,223	0,299	0,369	0,426	0,493	0,577	0,619	0,853
1977	0,064	0,093	0,129	0,179	0,240	0,316	0,382	0,357	0,548	0,585	0,706
1978	0,062	0,162	0,142	0,193	0,234	0,338	0,398	0,599	0,563	0,550	0,712
1979	0,042	0,077	0,114	0,182	0,250	0,276	0,340	0,446	0,582	0,625	0,777
1980	0,051	0,097	0,141	0,184	0,258	0,310	0,354	0,470	0,547	0,591	0,767
1981	0,053	0,079	0,138	0,210	0,295	0,336	0,379	0,432	0,542	0,576	0,760
1982	0,066	0,114	0,176	0,225	0,272	0,313	0,350	0,398	0,458	0,484	0,574
1983	0,052	0,076	0,118	0,165	0,225	0,286	0,341	0,408	0,473	0,495	0,559
1984	0,037	0,076	0,121	0,169	0,242	0,334	0,418	0,502	0,570	0,592	0,664
1985	0,046	0,074	0,139	0,196	0,254	0,310	0,365	0,442	0,535	0,573	0,721
1986	0,052	0,083	0,132	0,191	0,266	0,334	0,396	0,479	0,572	0,607	0,729
1987	0,048	0,076	0,115	0,161	0,222	0,288	0,352	0,433	0,512	0,539	0,619
1988	0,048	0,082	0,133	0,184	0,247	0,308	0,361	0,424	0,491	0,518	0,614
1989	0,059	0,091	0,138	0,181	0,231	0,283	0,341	0,435	0,550	0,592	0,718
1990	0,037	0,090	0,132	0,180	0,241	0,277	0,315	0,384	0,717	0,564	0,887
1991	0,052	0,081	0,113	0,151	0,240	0,298	0,310	0,408	0,508	0,688	0,558
1992	0,081	0,101	0,148	0,182	0,235	0,266	0,366	0,409	0,546	0,563	0,778
1993	0,043	0,090	0,146	0,188	0,256	0,322	0,384	0,442	0,514	0,705	0,774
1994	0,030	0,067	0,132	0,186	0,242	0,293	0,340	0,401	0,465	0,488	0,557
1995	0,029	0,055	0,099	0,158	0,233	0,295	0,347	0,417	0,509	0,550	0,720
1996	0,031	0,061	0,111	0,163	0,222	0,279	0,335	0,415	0,513	0,551	0,678
1997	0,035	0,055	0,104	0,143	0,198	0,261	0,318	0,416	0,438	0,400	0,418
1998	0,048	0,072	0,108	0,146	0,200	0,262	0,322	0,398	0,477	0,507	0,610
1999	0,040	0,068	0,115	0,160	0,210	0,258	0,303	0,365	0,434	0,460	0,547
2000	0,034	0,057	0,097	0,140	0,189	0,234	0,276	0,334	0,405	0,433	0,530
2001	0,038	0,061	0,100	0,146	0,199	0,242	0,278	0,329	0,402	0,436	0,575
2002	0,033	0,056	0,096	0,151	0,223	0,286	0,336	0,396	0,459	0,482	0,558
2003	0,032	0,053	0,090	0,138	0,200	0,252	0,294	0,345	0,403	0,426	0,504
2004	0,032	0,057	0,090	0,137	0,194	0,227	0,254	0,317	0,317	0,404	0,396
2005	0,022	0,037	0,075	0,129	0,179	0,214	0,259	0,295	0,336	0,437	0,374
2006	0,025	0,043	0,078	0,118	0,170	0,207	0,256	0,302	0,374	0,394	0,458
2007	0,029	0,046	0,074	0,125	0,158	0,235	0,270	0,331	0,430	0,429	0,578
2008	0,031	0,049	0,087	0,128	0,175	0,216	0,254	0,305	0,366	0,391	0,483
2009	0,033	0,048	0,080	0,127	0,184	0,230	0,267	0,310	0,351	0,365	0,407
2010	0,039	0,058	0,089	0,124	0,170	0,217	0,262	0,322	0,387	0,410	0,478
2011	0,035	0,060	0,095	0,134	0,179	0,216	0,248	0,288	0,330	0,346	0,394
2012	0,035	0,063	0,108	0,152	0,201	0,245	0,285	0,339	0,403	0,428	0,507
2013	0,030	0,059	0,108	0,176	0,241	0,283	0,313	0,346	0,380	0,394	0,439
2014	0,031	0,053	0,097	0,144	0,199	0,250	0,295	0,353	0,426	0,460	0,591
2015	0,040	0,058	0,098	0,148	0,205	0,255	0,296	0,347	0,406	0,430	0,519
2016	0,035	0,060	0,094	0,129	0,176	0,226	0,272	0,325	0,376	0,394	0,446

FIGURES

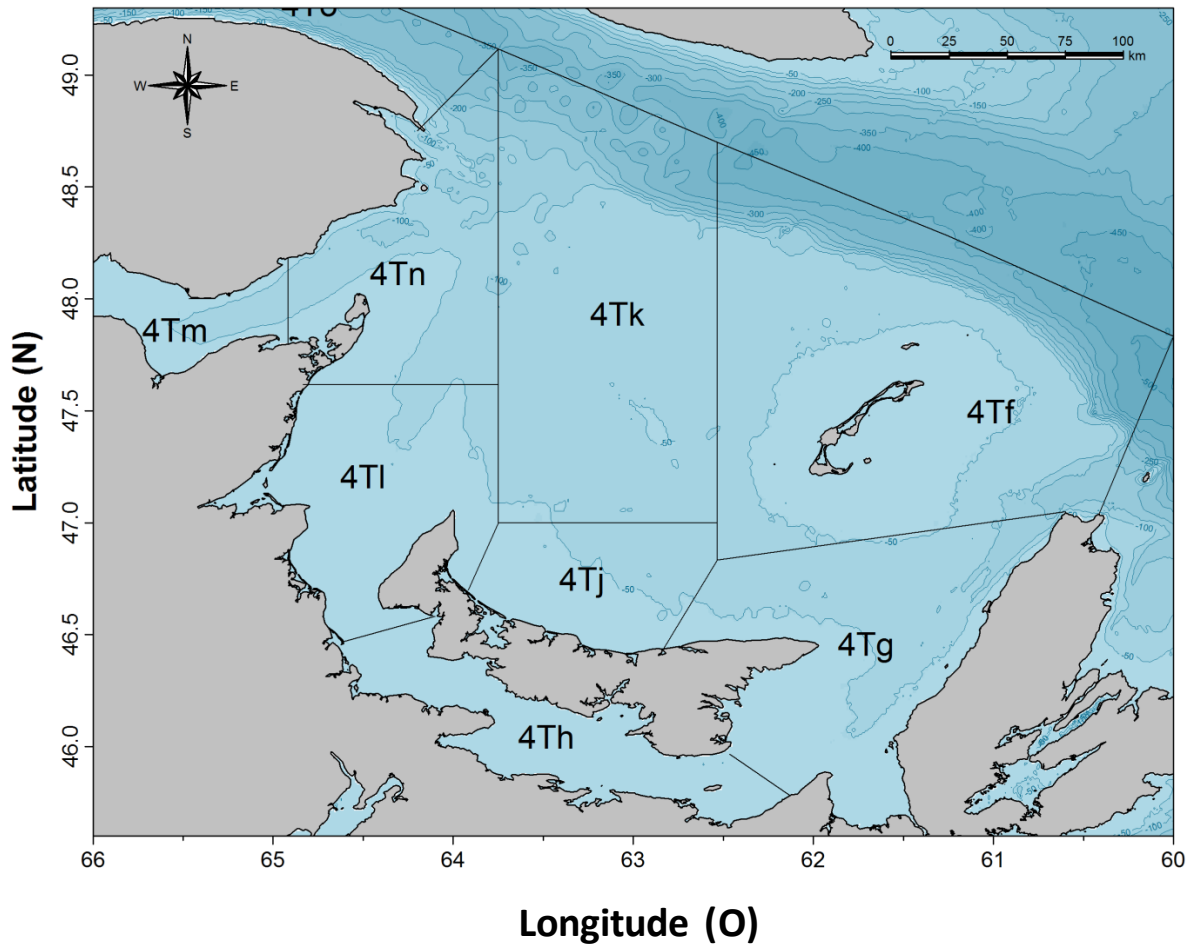


Figure 1. Sud du golfe du Saint-Laurent et sous-divisions dans la division 4T de l'OPANO.

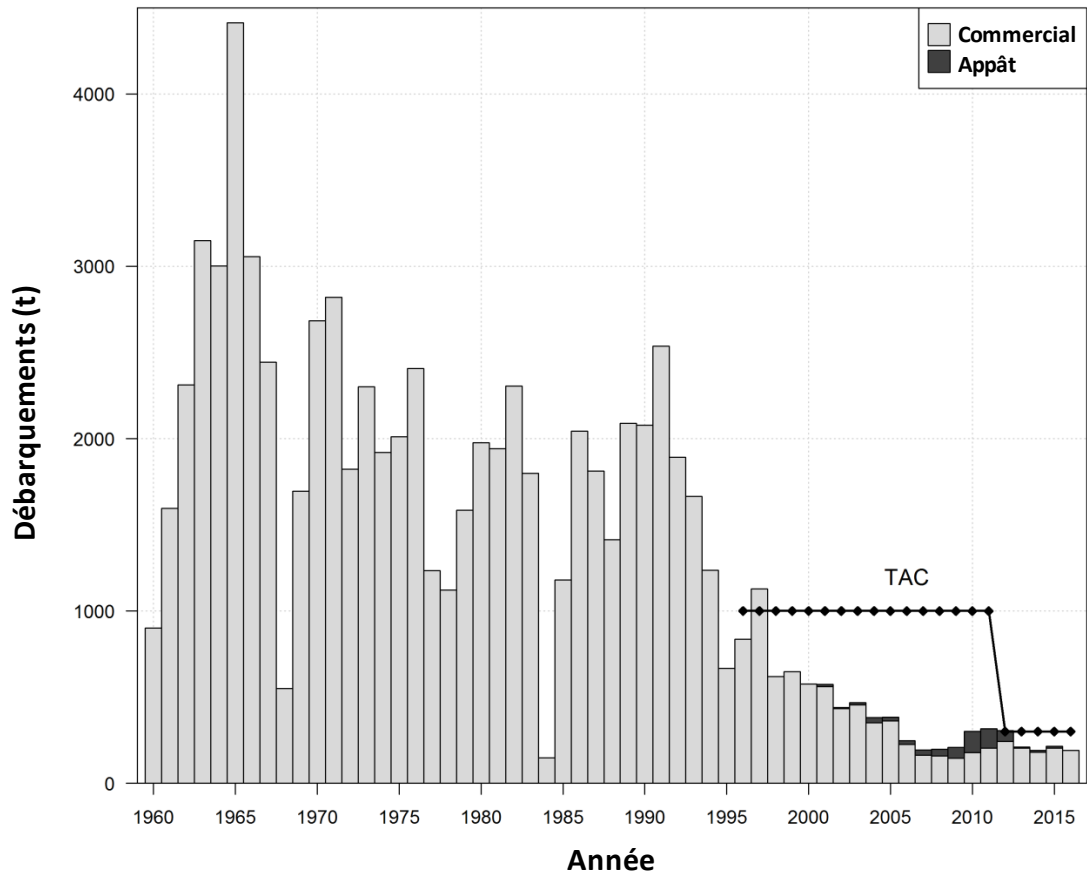


Figure 2. Débarquements (tonnes) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1960 à 2016. La ligne de pointillés en losange montre les totaux autorisés des captures (TAC) annuels et la teinte plus foncée représente la pêche à l'appât madelinienne.

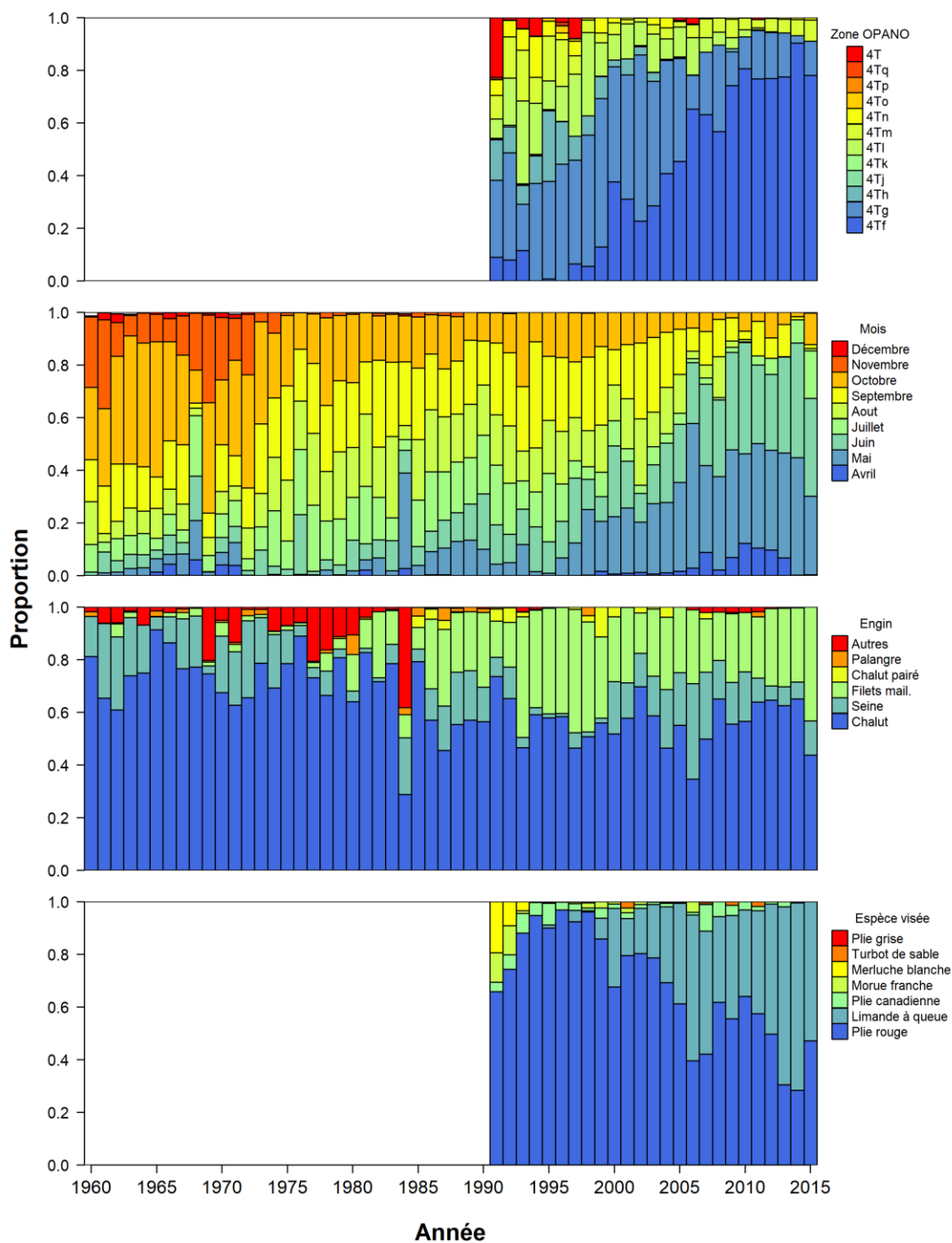


Figure 3. Proportion des débarquements de plie rouge par année, par sous-division dans la division 4T de l'OPANO (premier graphique du haut), selon le mois de pêche (deuxième graphique), le type d'engin de pêche (troisième graphique) et l'espèce ciblée (quatrième graphique du bas).

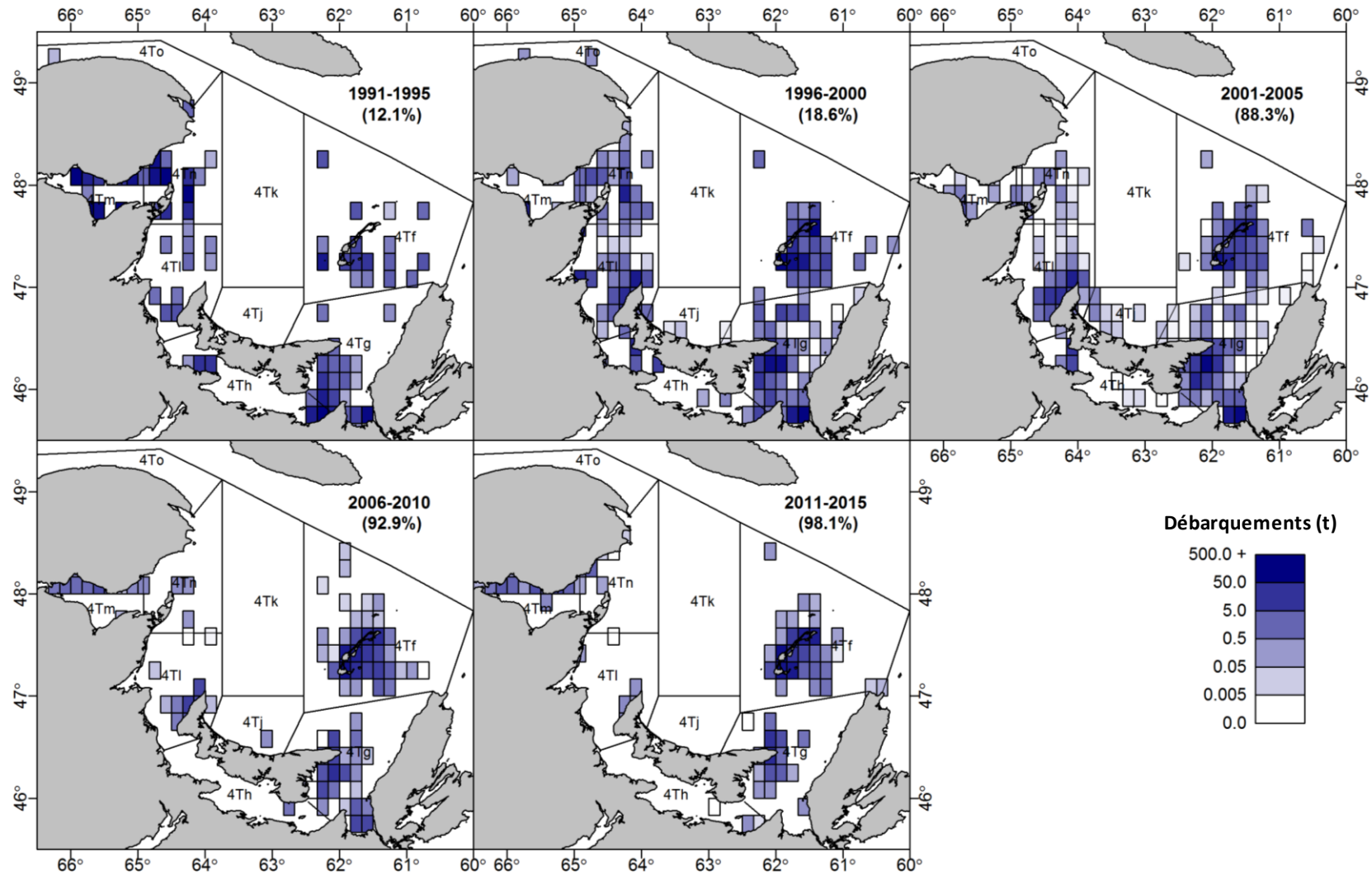


Figure 4. Répartition spatiale sur l'échelle logarithmique des prises de plie rouge consignées dans les journaux de bord, par période de cinq années, dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Chacune des cartes donne le taux de débarquements déclarés avec les coordonnées géographiques pour chaque période. À des fins d'illustration, les débarquements géoréférencés ont été mis à l'échelle par rapport à l'ensemble des débarquements.

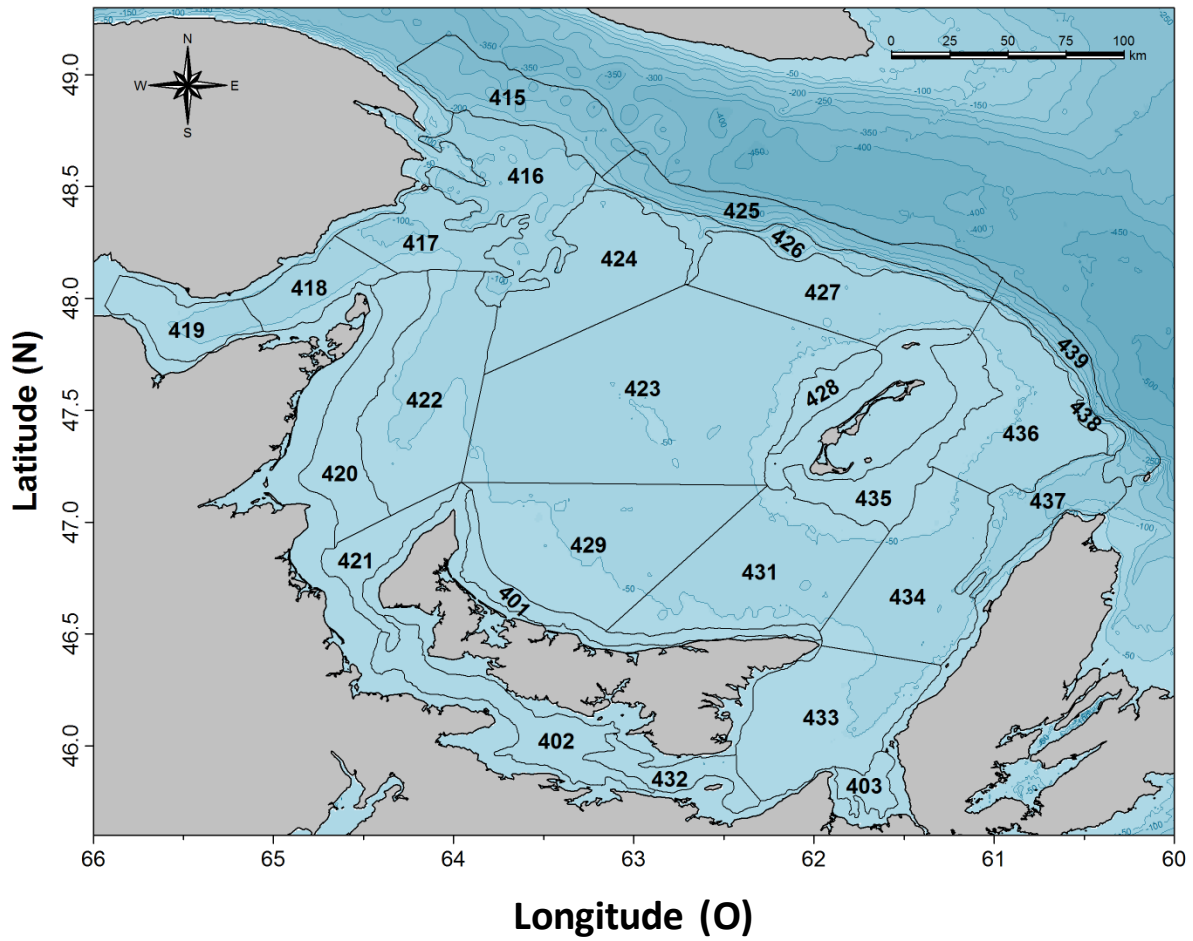


Figure 5. Système de stratification des relevés annuels plurispécifiques au chalut de fond effectués par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

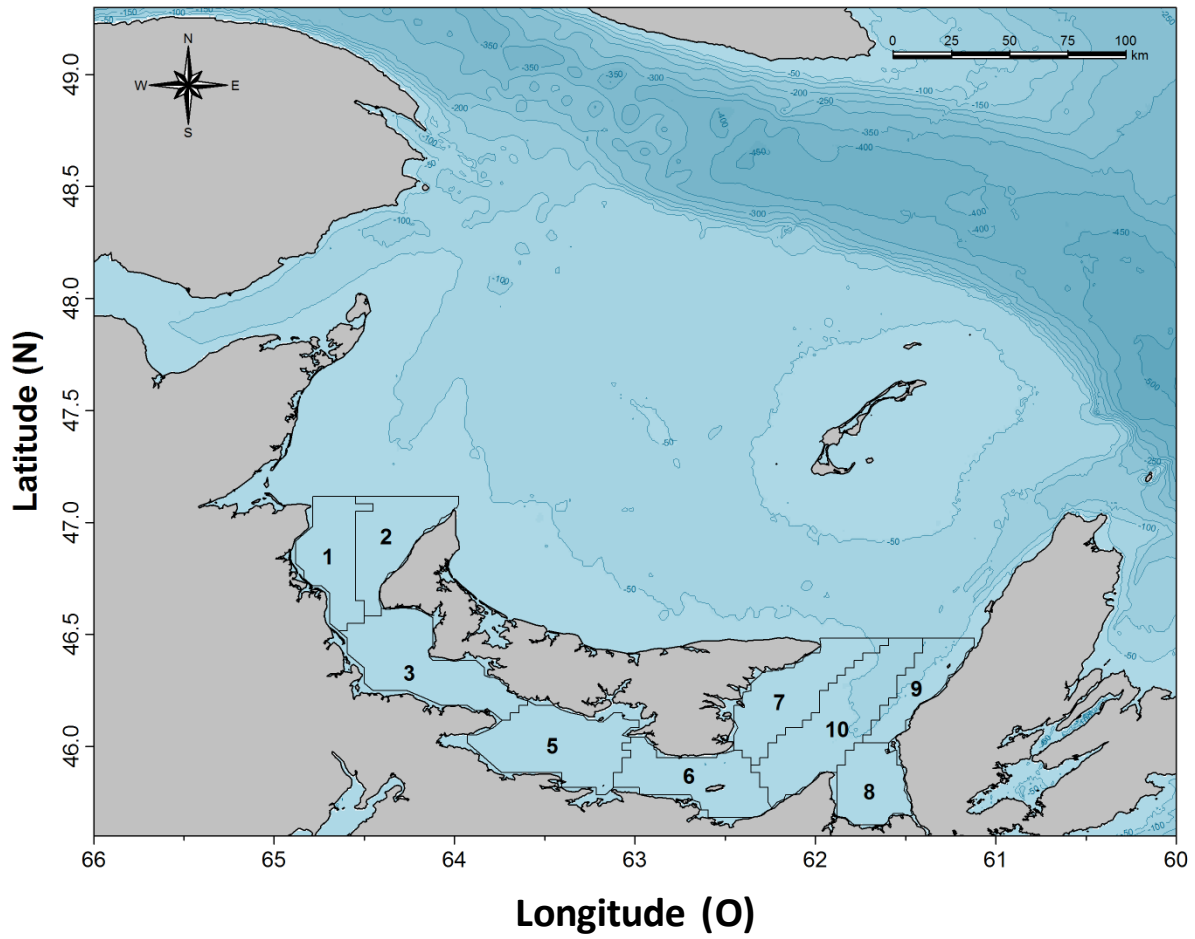


Figure 6. Système de stratification des relevés annuels au chalut de fond effectués dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

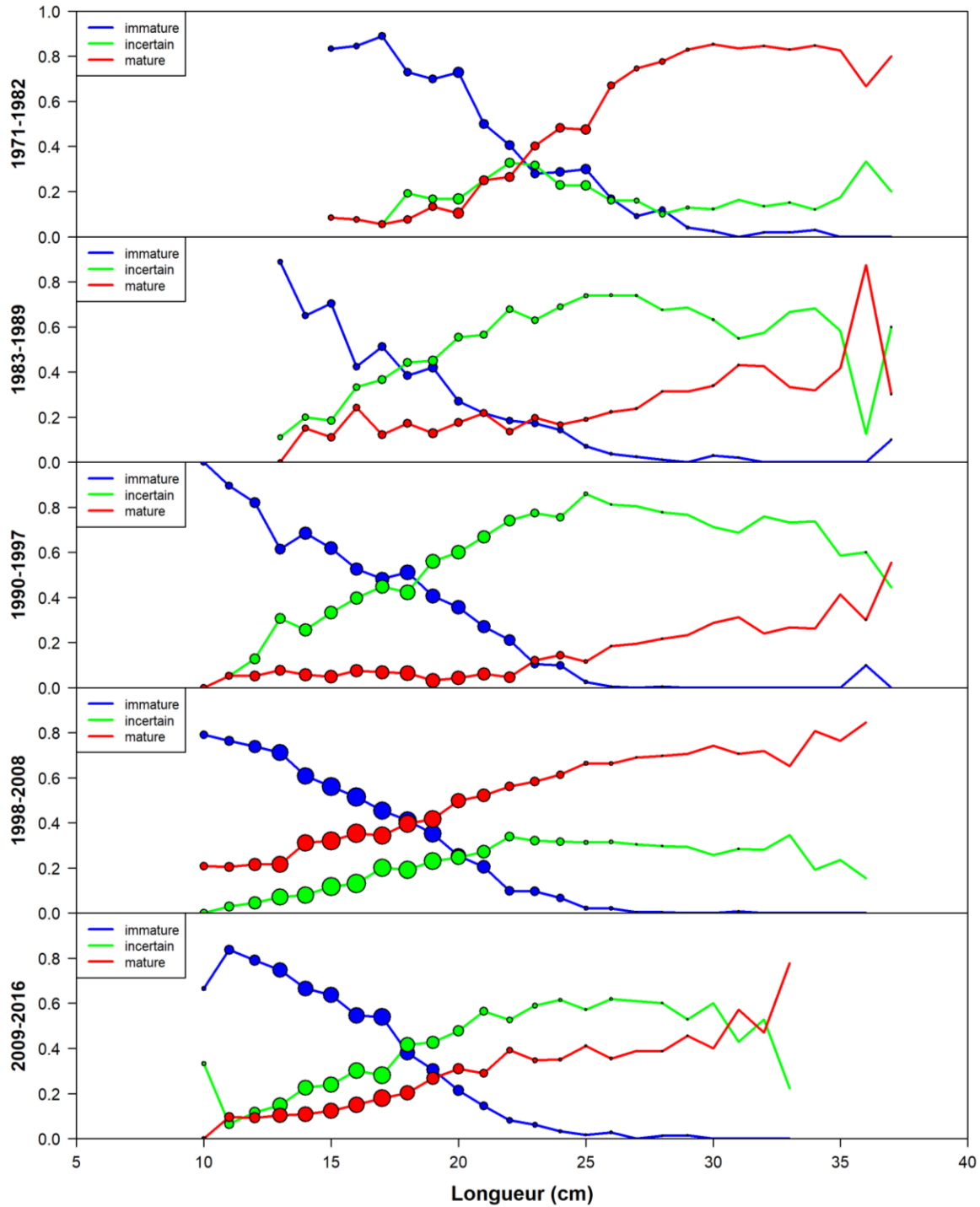


Figure 7. Proportions des stades de maturité observées par longueur de poisson pour la plie rouge mâle à l'aide des données du relevé par NR de septembre, par blocs d'années. La catégorie « incertain » traduit un codage censé représenter les poissons ayant atteint la maturité, mais pour lesquels il existe un degré d'erreur de classification de la part du personnel scientifique à bord. Les périodes qui posent problème sont les suivantes : de 1983 à 1989 et de 1990 à 1997.

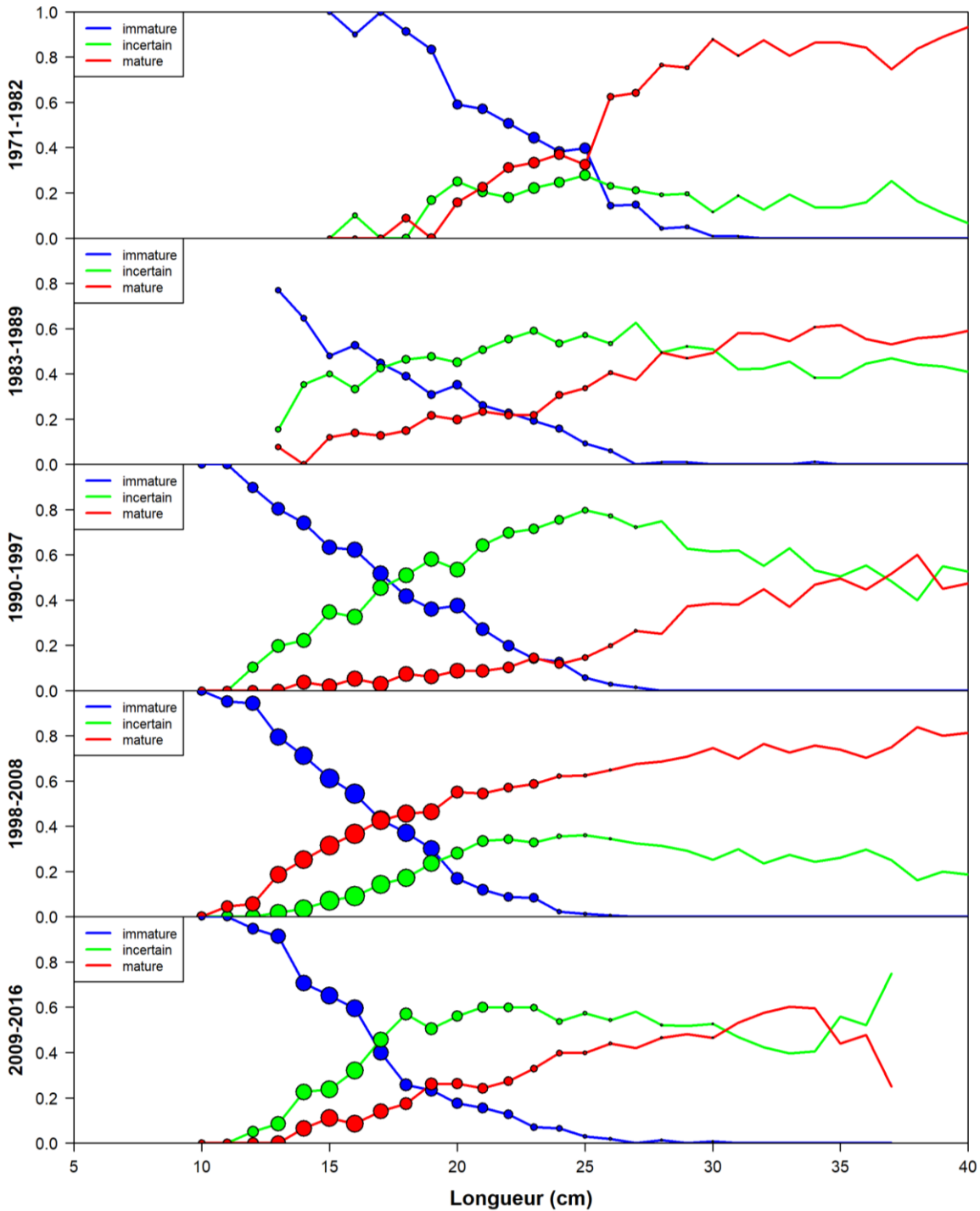


Figure 8. Proportions des stades de maturité observées par longueur de poisson pour la plie rouge femelle à l'aide des données du relevé par NR de septembre, par blocs d'années. La catégorie « incertain » traduit un codage censé représenter les poissons ayant atteint la maturité, mais pour lesquels il existe un degré d'erreur de classification de la part du personnel scientifique à bord. Les périodes qui posent problème sont les suivantes : de 1983 à 1989 et de 1990 à 1997.

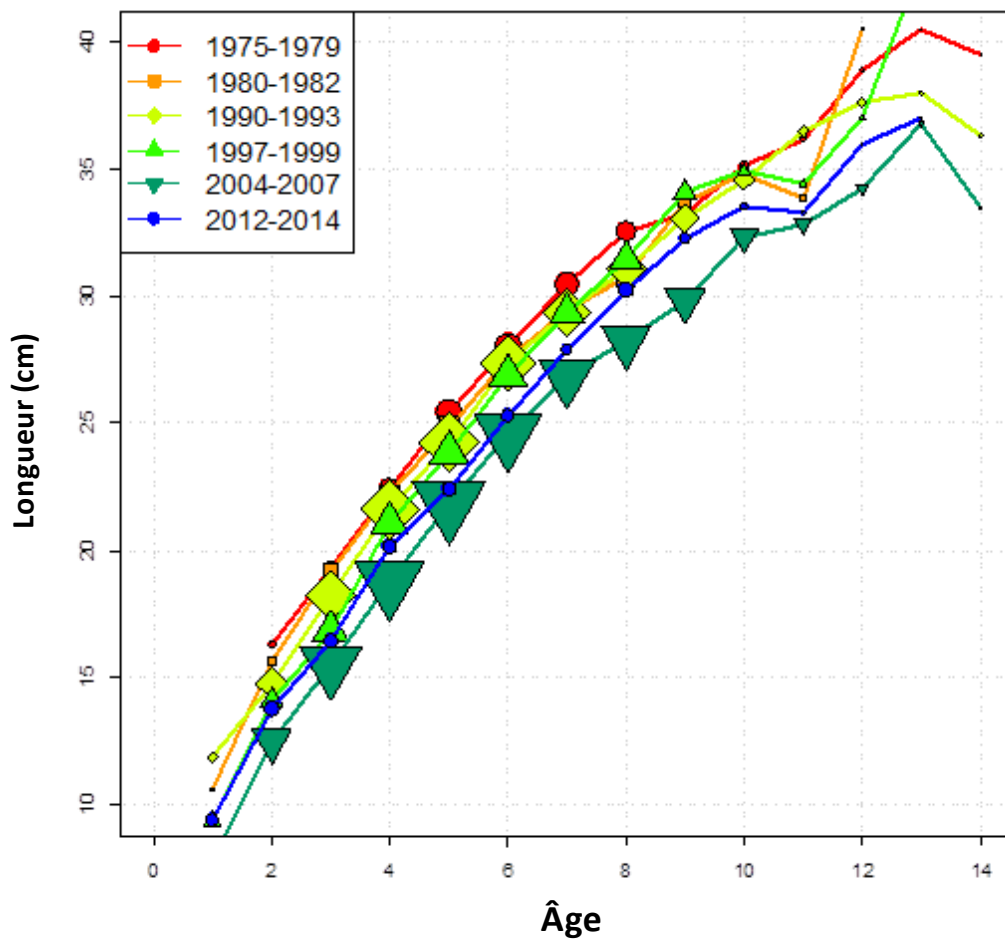


Figure 9. Longueur moyenne empirique (cm) selon les courbes d'âges, par groupes d'année, de la plie rouge fondée sur la détermination de l'âge des échantillons prélevés pendant le relevé par NR de septembre. La zone de chaque symbole est proportionnelle au nombre d'échantillons analysés.

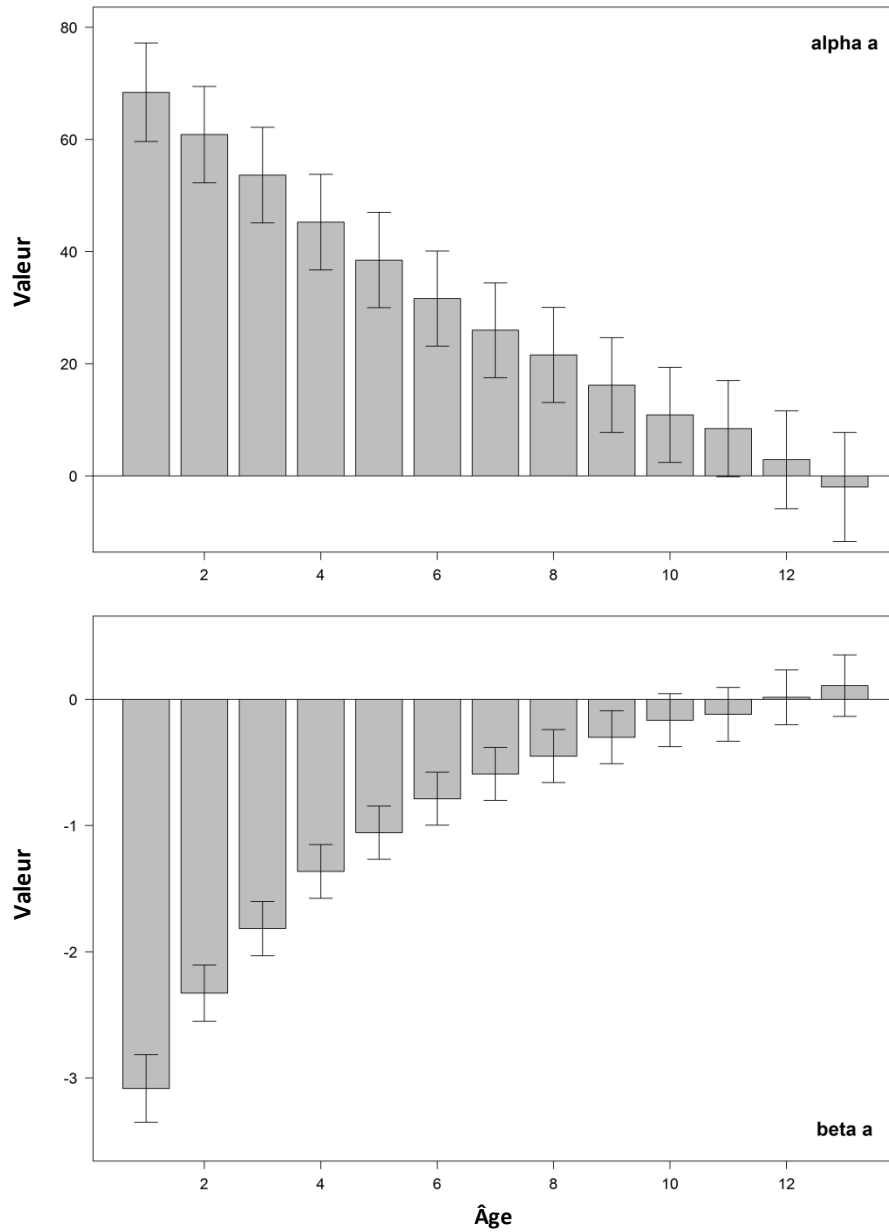


Figure 10. Estimations de la probabilité maximale et intervalles de confiance de 95 % des paramètres d'intersection (αa) (graphique du haut) et de pente (βa) (graphique du bas) à l'échelle logit provenant du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent.

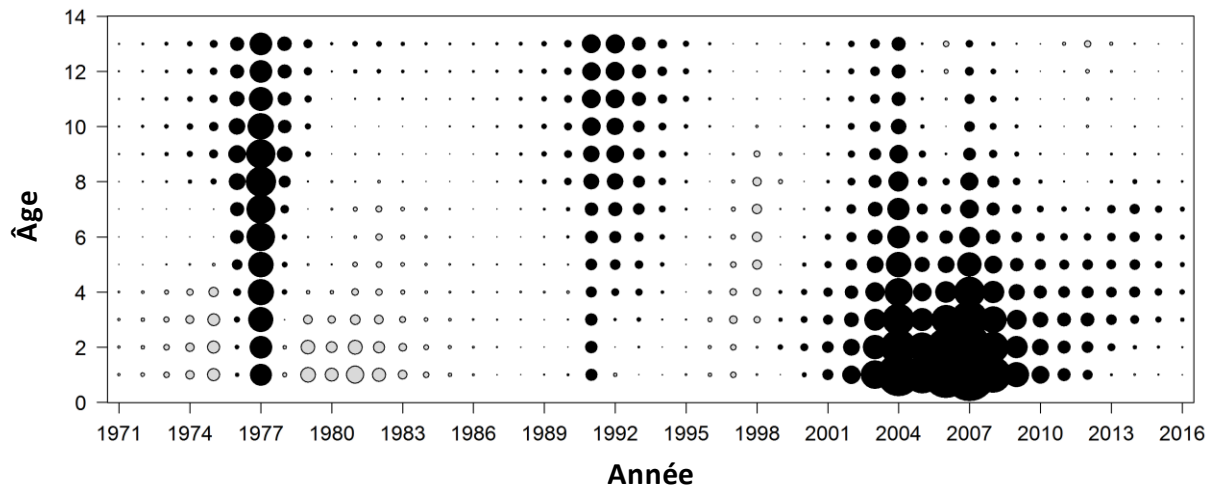


Figure 11. Graphique à bulles du terme d'intersection aléatoire à l'échelle logit ($\hat{\varphi}_{at}$) provenant du modèle de clé âge-longueur lissée pour la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent montrant les écarts par rapport aux termes d'intersection fixes ($\hat{\alpha}_a$) au fil du temps. Les écarts négatifs sont illustrés en noir et les écarts positifs sont présentés en gris.

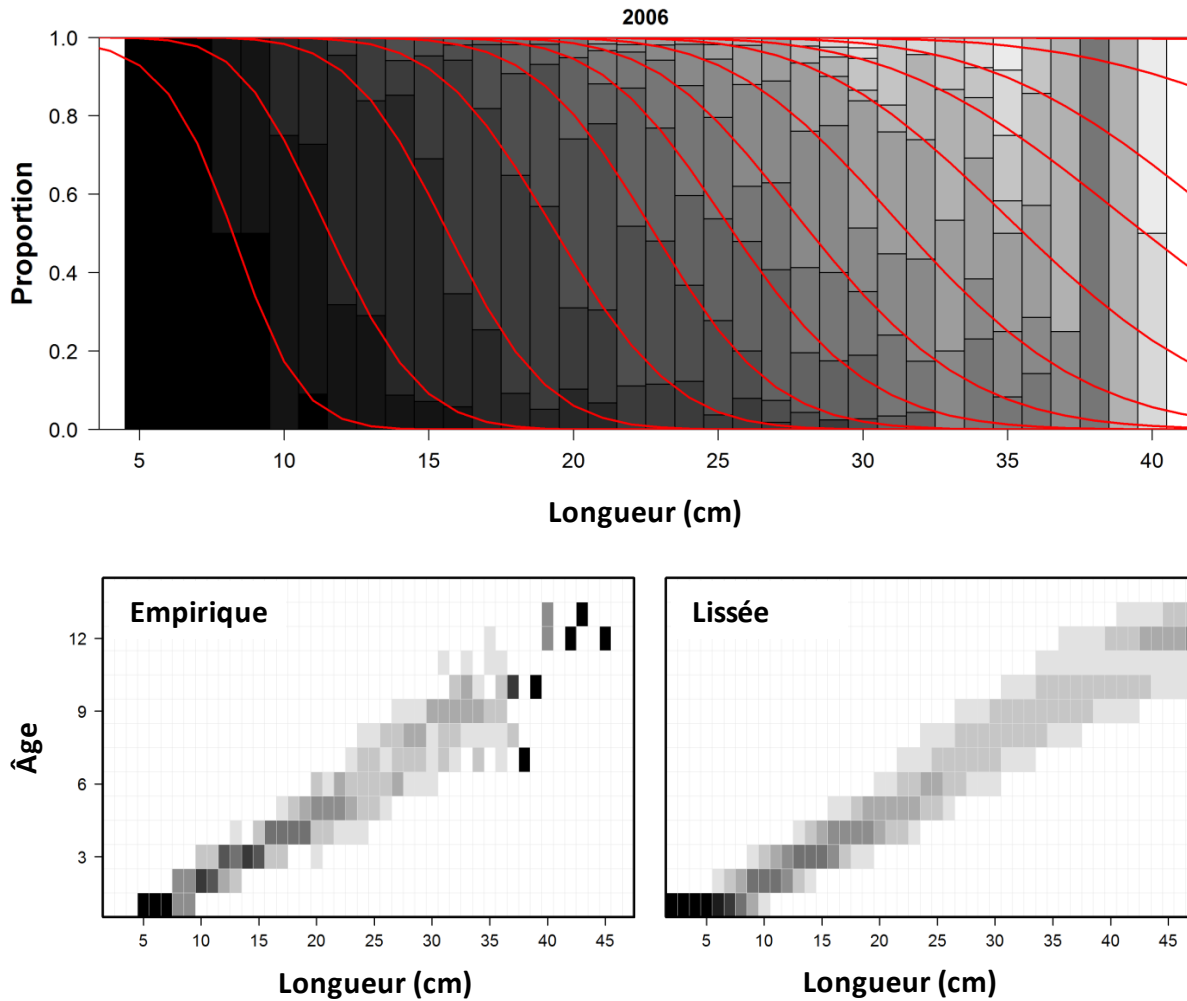


Figure 12. Version du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour une année riche en données en 2006 ($n = 1\ 046$). Le graphique du haut montre les estimations du modèle (lignes pleines rouges) par rapport aux valeurs empiriques (barres en tons de gris). De même, les deux graphiques du bas présentent la longueur empirique selon l'âge (en bas, à gauche) et la version du modèle (en bas, à droite) en tant que proportions selon l'âge, où les teintes plus foncées indiquent des proportions plus élevées.

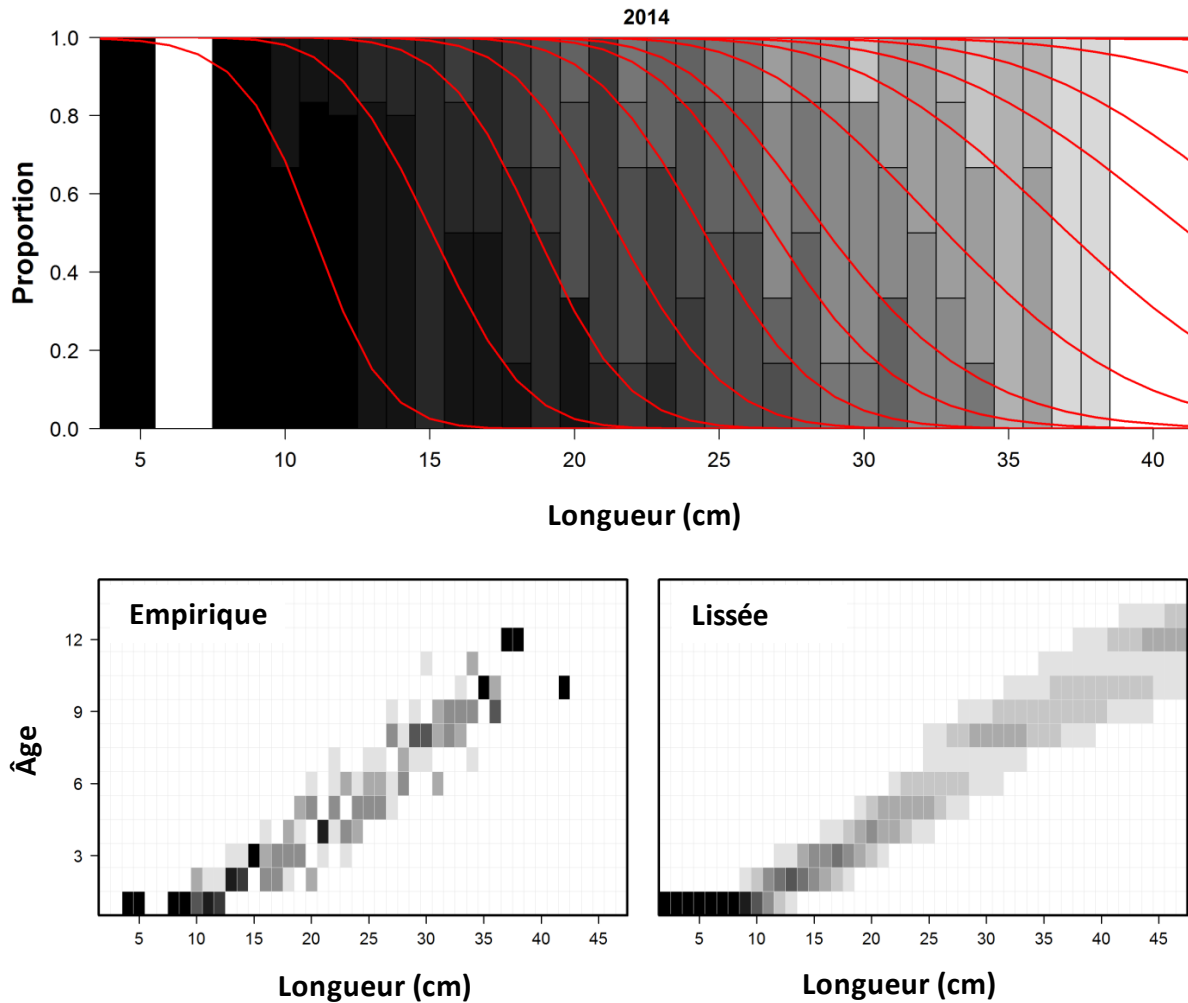


Figure 13. Version du modèle de clé âge-longueur lissée concernant la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour une année pauvre en données en 2014 ($n = 161$). Le graphique du haut montre les estimations du modèle (lignes pleines rouges) par rapport aux valeurs empiriques (barres en tons de gris). De même, les deux graphiques du bas présentent la longueur empirique selon l'âge (en bas, à gauche) et la version du modèle (en bas, à droite) en tant que proportions selon l'âge, où les teintes plus foncées indiquent des proportions plus élevées.

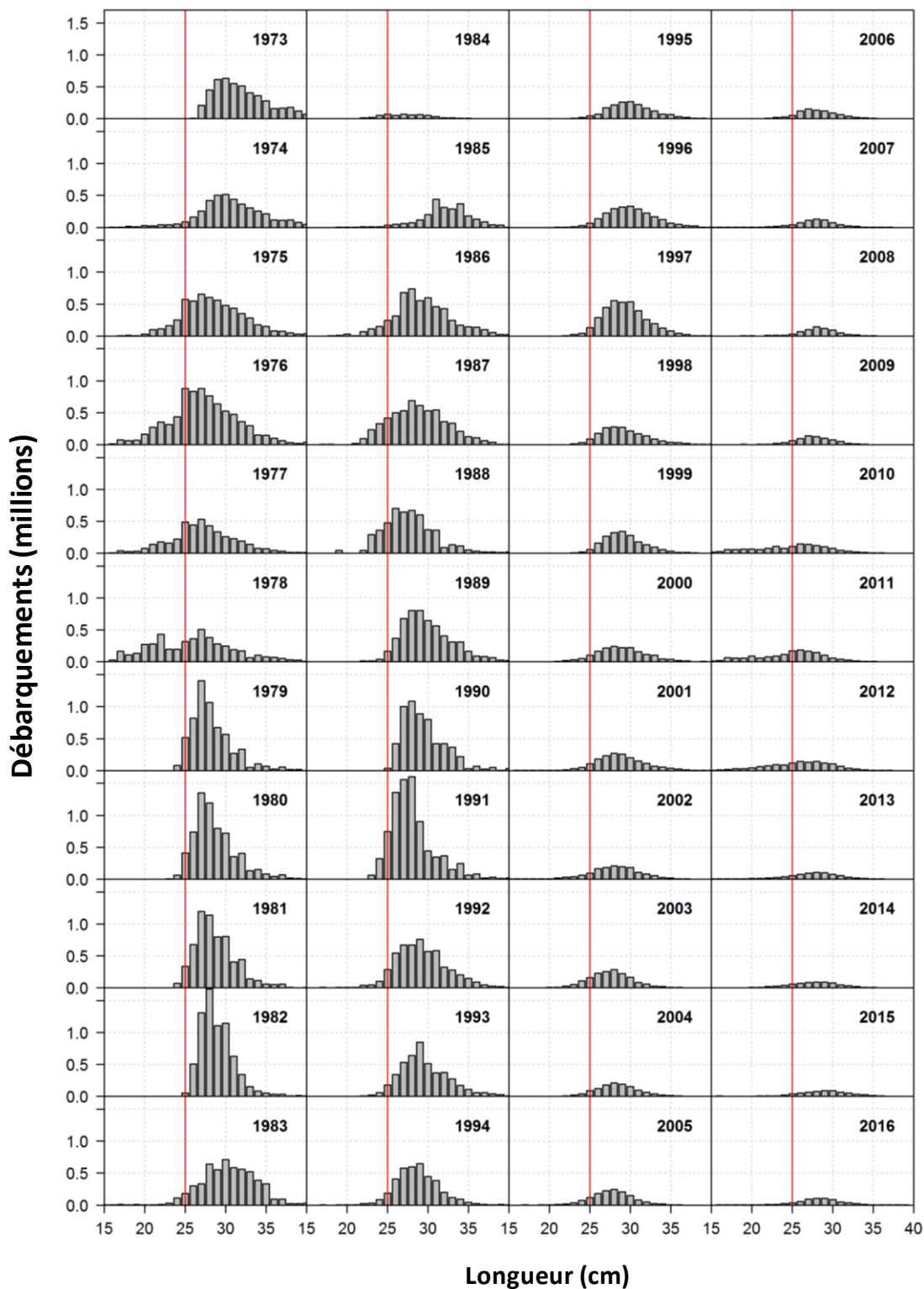


Figure 14. Prises selon la longueur (nombre de poissons) par groupe de longueur en cm de plie rouge dans le cadre des pêches commerciales pratiquées dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016, estimées à partir de l'échantillonnage des prises commerciales. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale minimale de 25 cm.

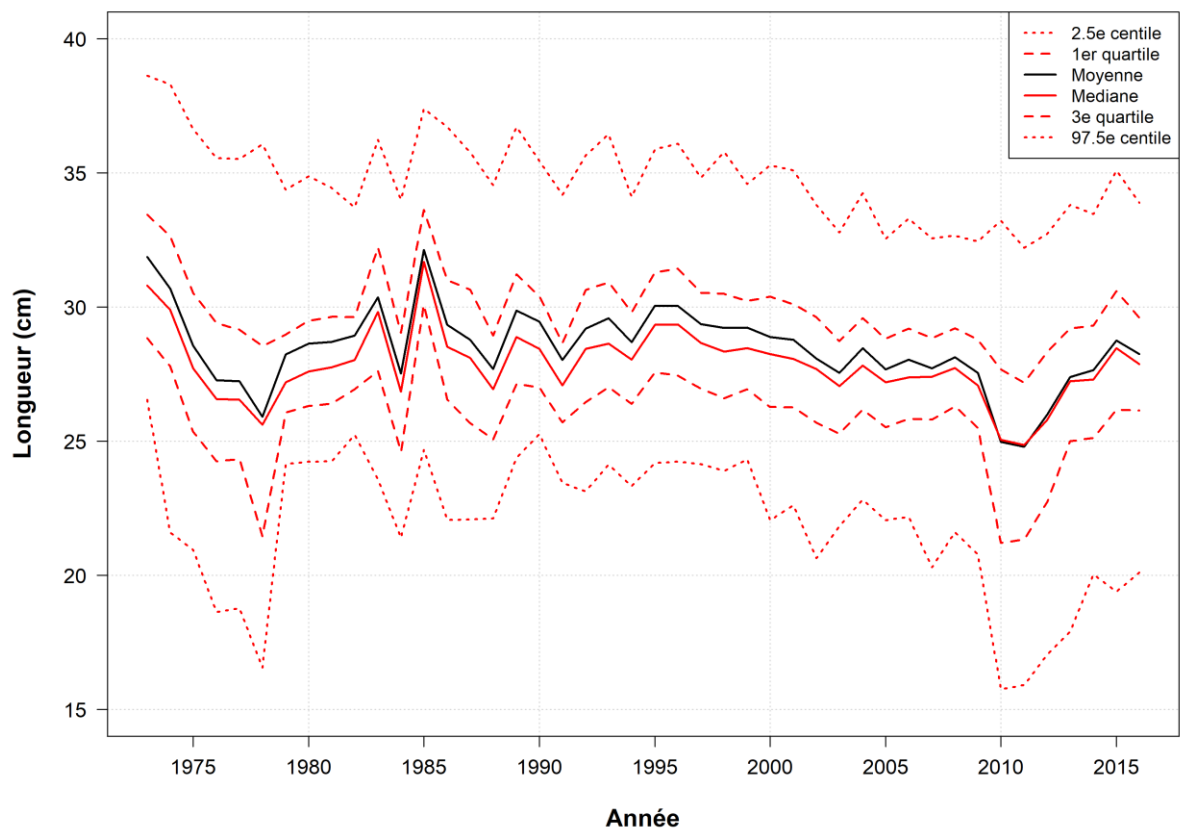


Figure 15. Variation annuelle des statistiques sur la longueur totale (cm) de la plie rouge lors des prises commerciales dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

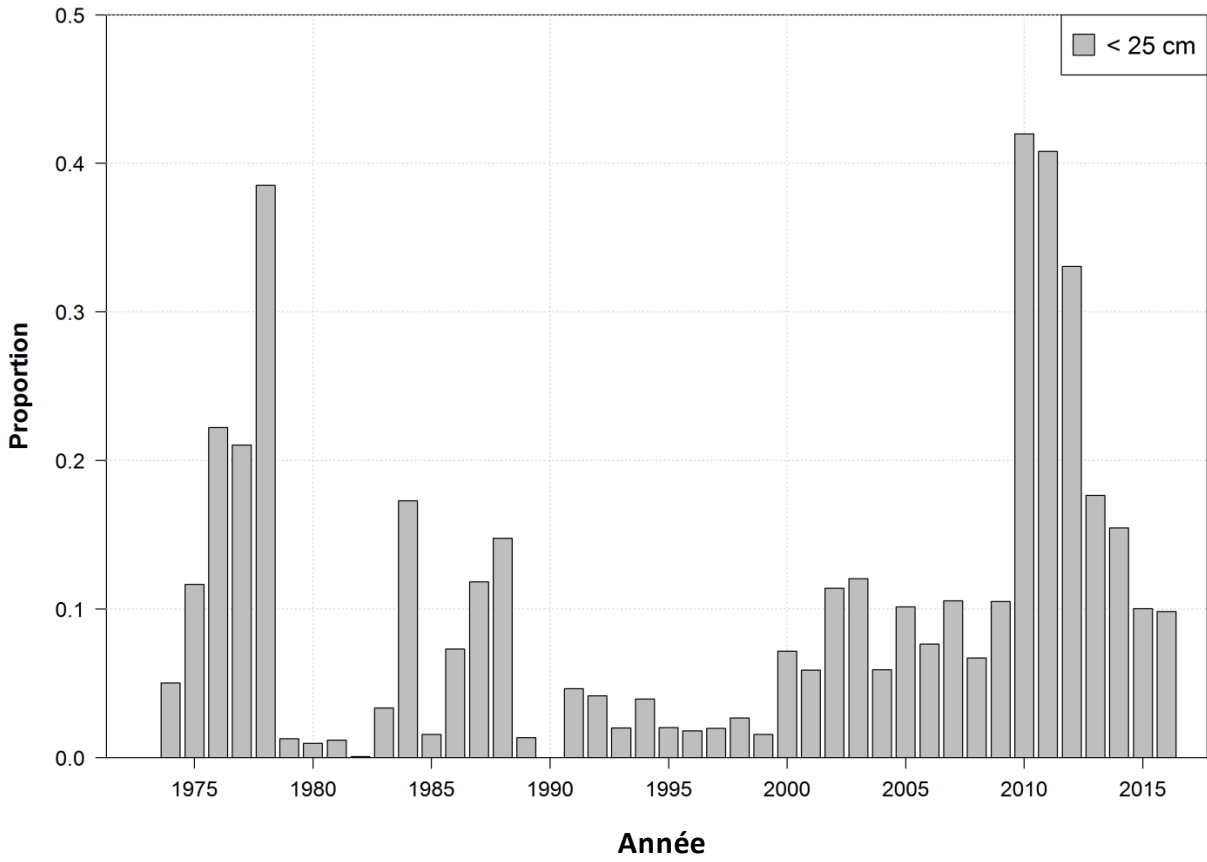


Figure 16. Proportions de plies rouges dont la longueur totale est inférieure à 25 cm dans les prises commerciales dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

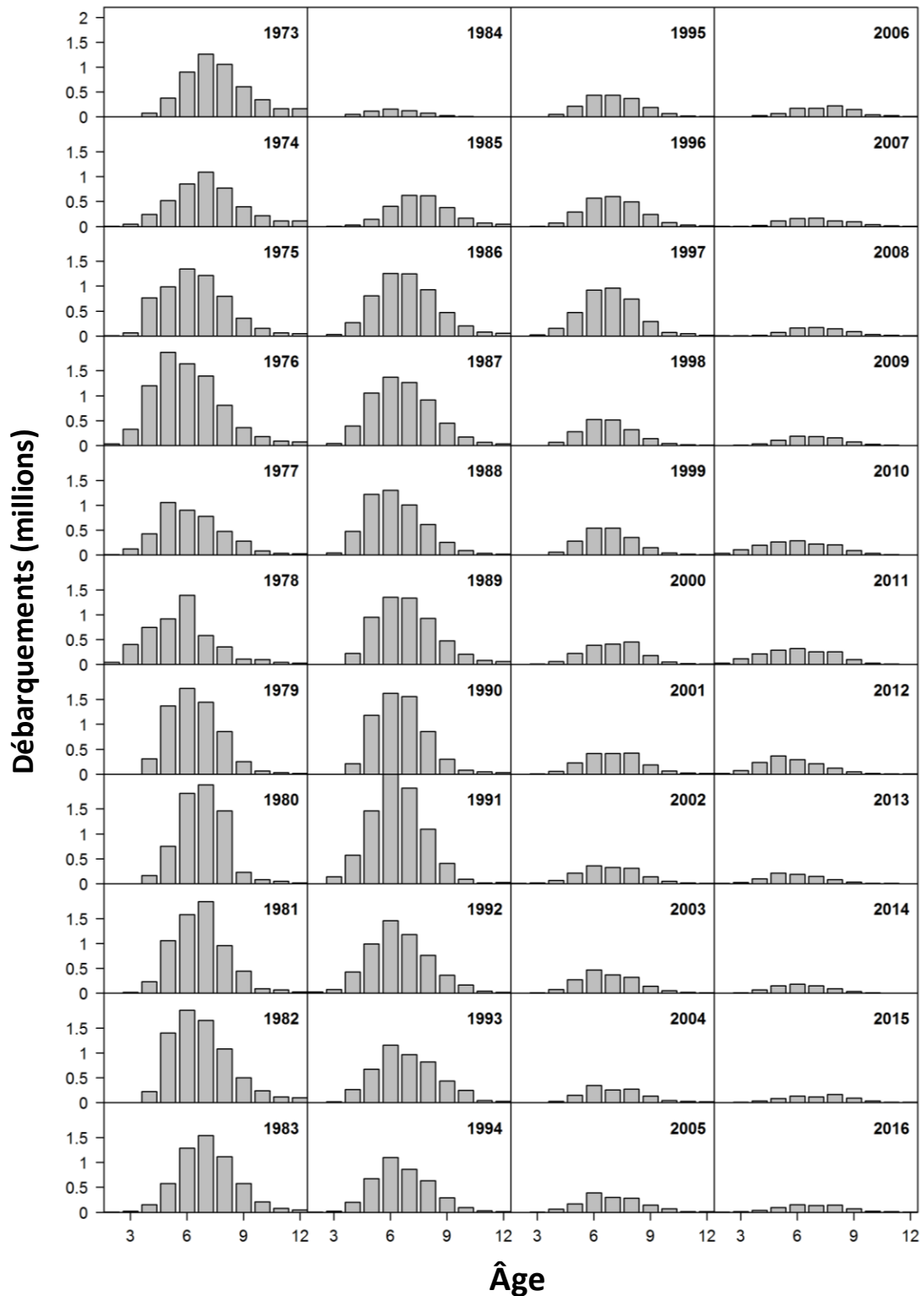


Figure 17. Prises commerciales selon l'âge (nombre de poissons) de plie rouge dans le cadre des pêches commerciales pratiquées dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

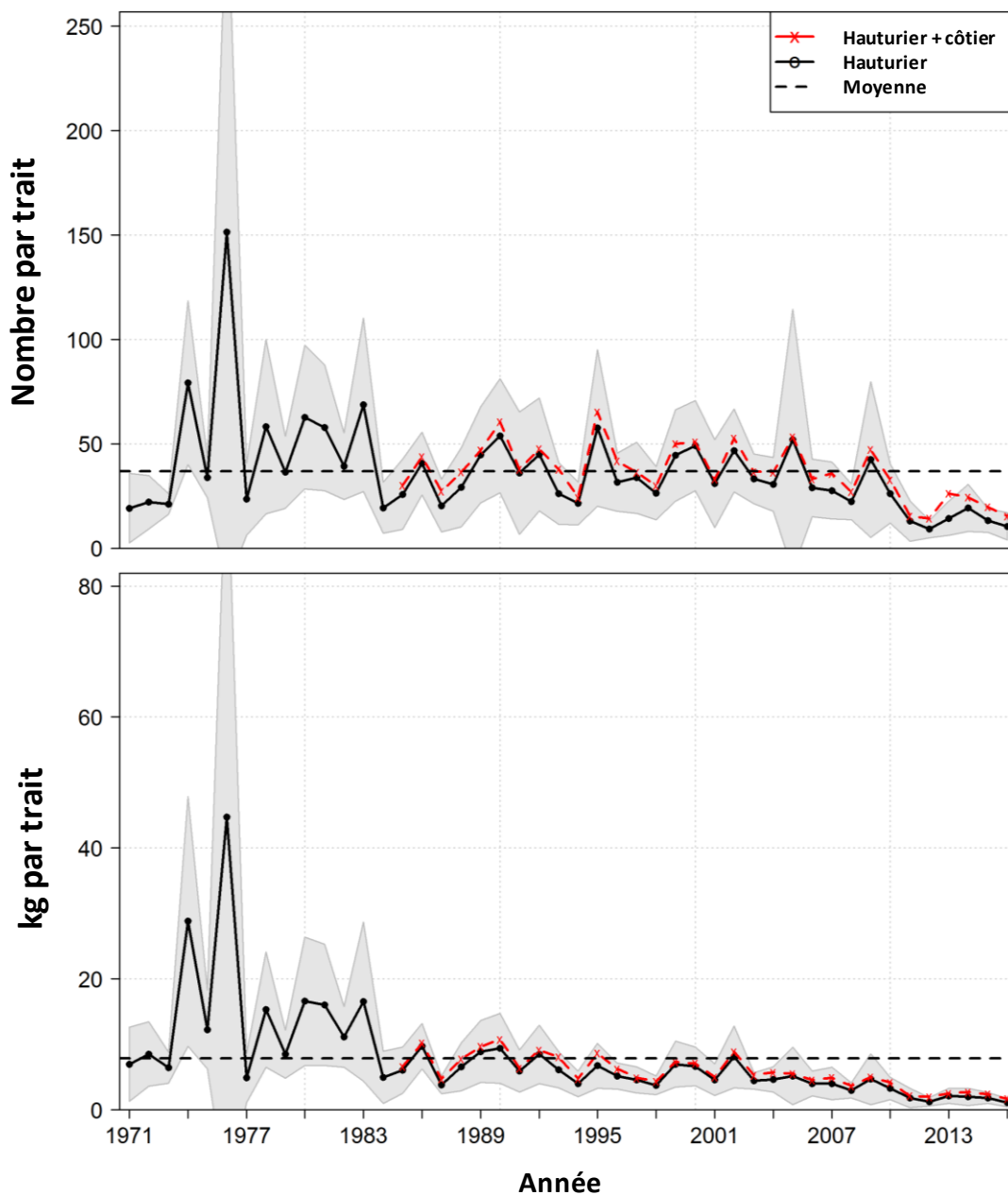


Figure 18. Indices de l'abondance, en nombre par trait (graphique du haut) et en poids par trait (kg; graphique du bas) de la plie rouge lors du relevé annuel de septembre par navire de recherche (NR) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. Les lignes pleines sont des indices pour les strates 415 à 439, l'intervalle de confiance de 95 % apparaissant en gris. Les lignes pointillées rouges représentent les indices avec les strates côtières (401 à 403) incluses, depuis 1984. La ligne pointillée horizontale correspond à la moyenne des séries.

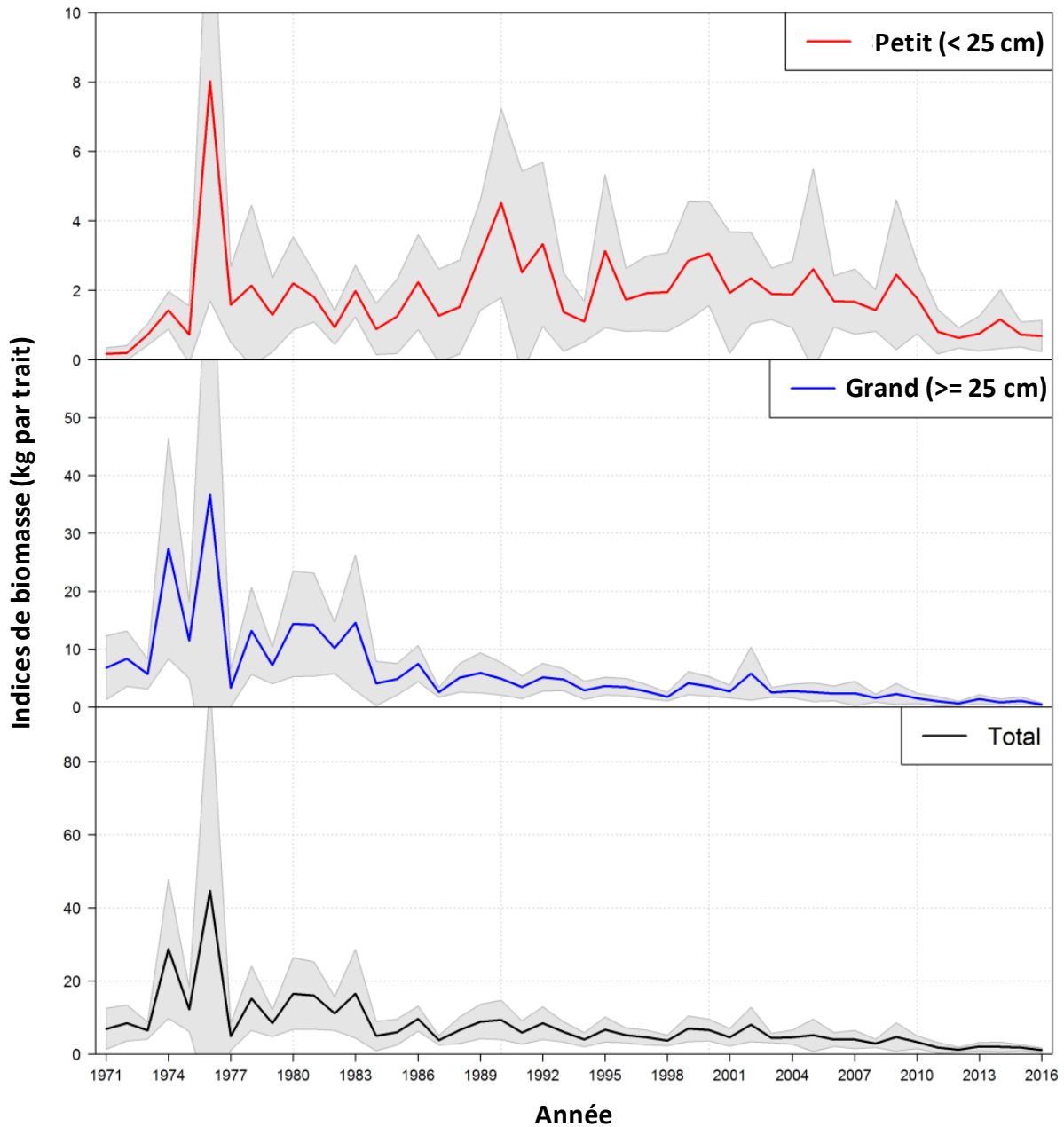


Figure 19. Indices de l'abondance, en poids par trait (kg), pour les tailles non commerciales (< 25 cm; graphique du haut), les tailles commerciales (>= 25 cm; graphique du milieu) et les tailles combinées (graphique du bas) de la plie rouge lors du relevé annuel de septembre par navire de recherche (NR) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.

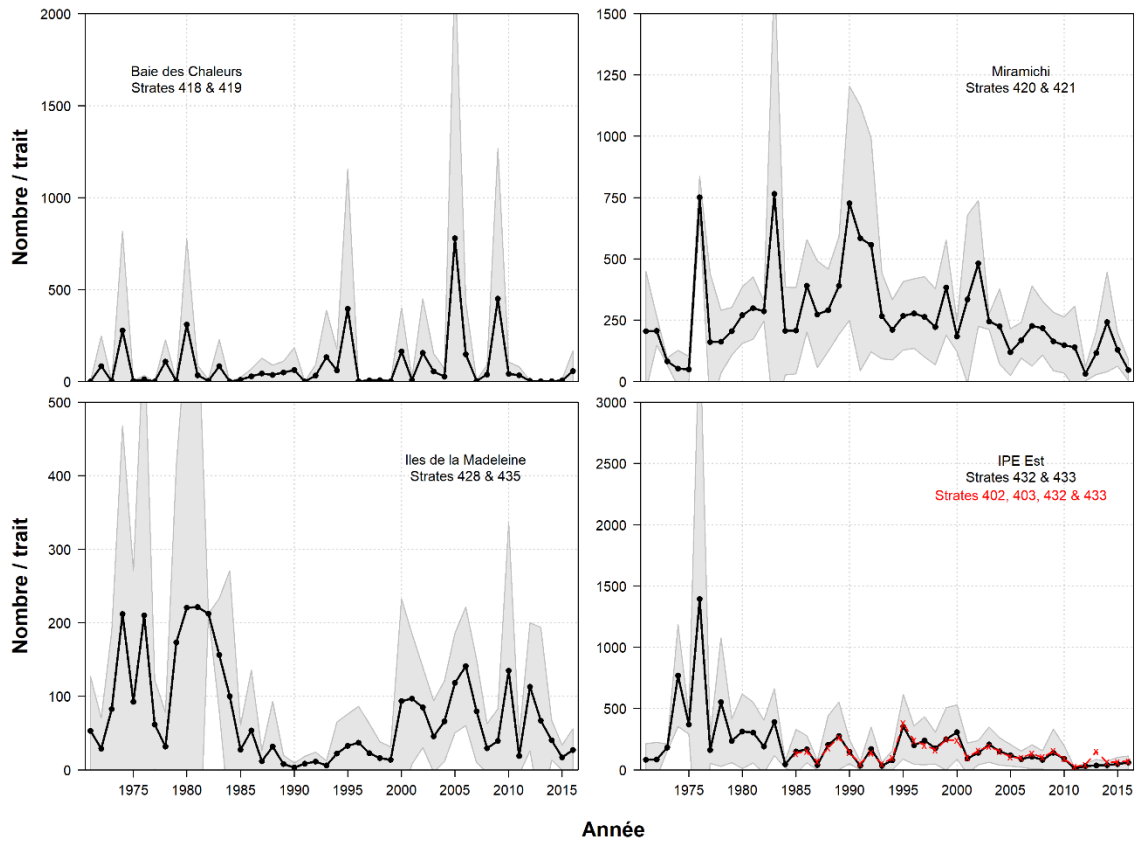


Figure 20. Indices de l'abondance, en nombre par trait, de la plie rouge par sous-région (baie des Chaleurs, en haut, à gauche; Miramichi, en haut, à droite; îles de la Madeleine, en bas, à gauche; est de l'Île-du-Prince-Édouard, en bas, à droite) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. La ligne pleine révèle des indices fondés sur les strates 415 à 439, l'intervalle de confiance de 95 % apparaissant en gris. La ligne pointillée rouge dans le graphique inférieur de droite représente l'indice, avec les strates côtières (402 et 403) incluses, depuis 1984.

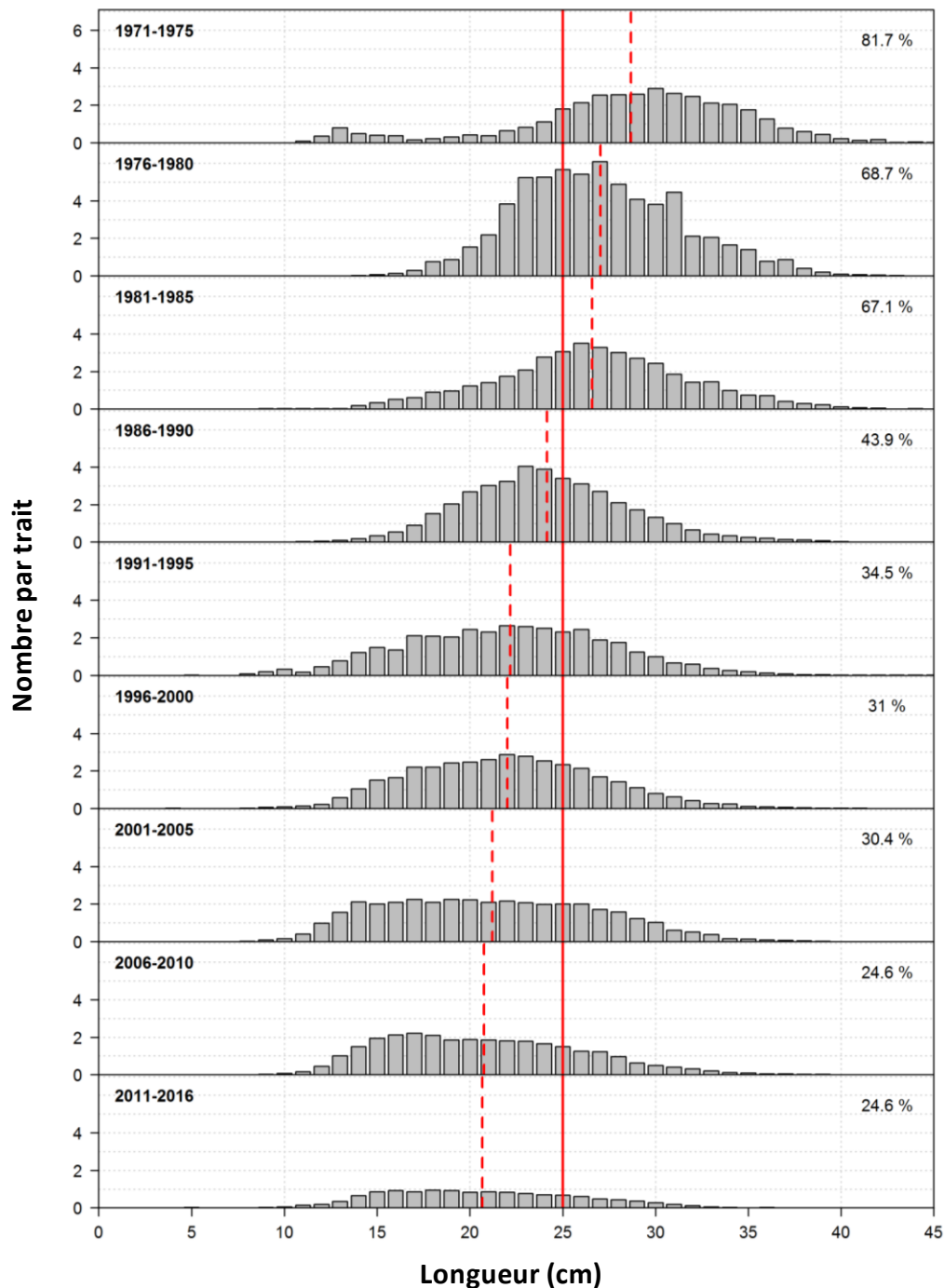


Figure 21. Répartitions des fréquences de longueur, exprimées en nombre par trait, de la plie rouge d'après le relevé par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent (strates hauturières 415 à 439 uniquement, par période de cinq ans, de 1971 à 2016. La ligne verticale pointillée rouge indique la longueur moyenne au cours de la période et la ligne verticale pleine désigne la taille commerciale (25 cm). Le taux de prises supérieures ou égales à 25 cm est indiqué en haut, à droite, dans chaque graphique.

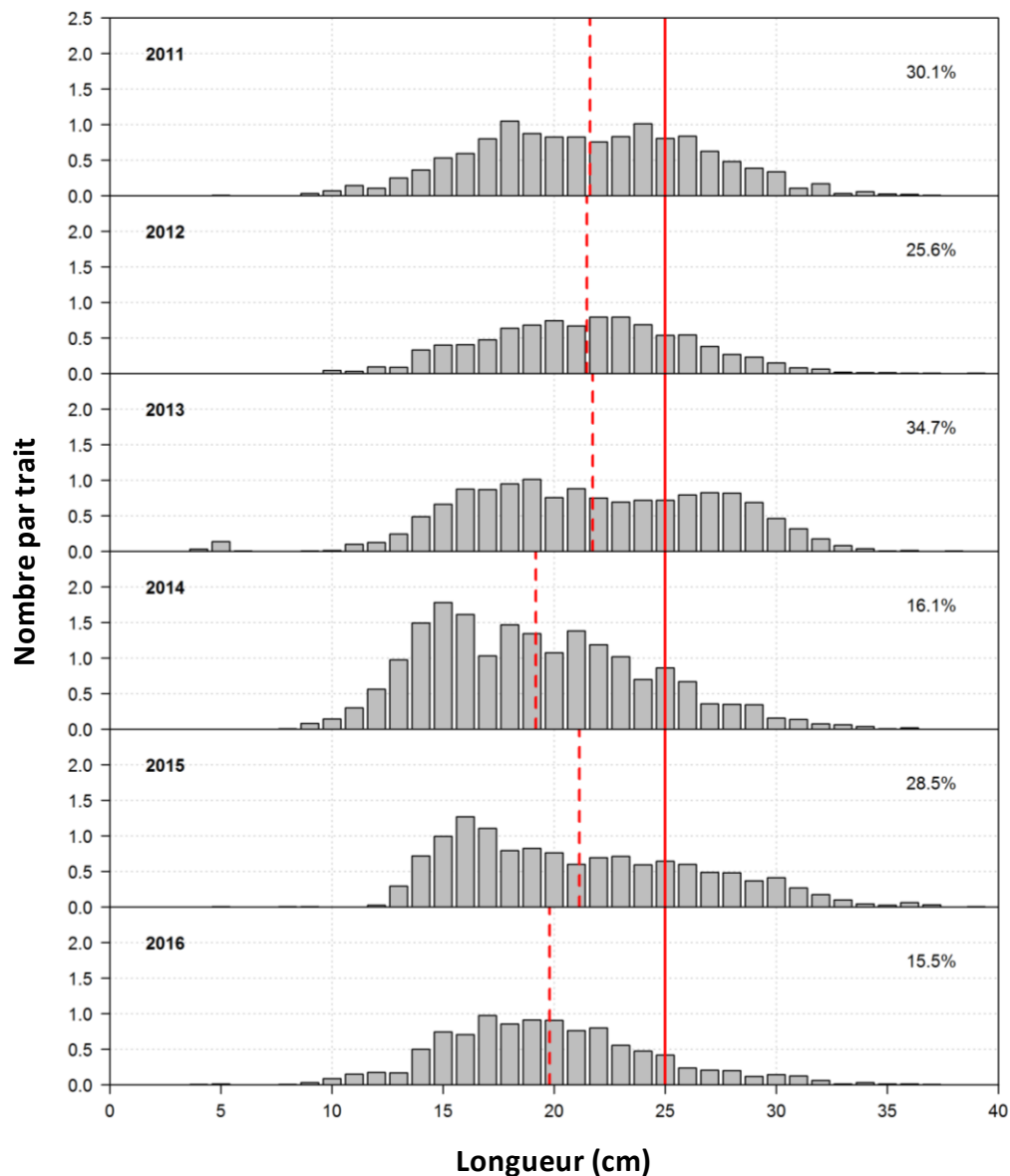


Figure 22. Répartitions des fréquences de longueur, exprimées en nombre par trait, de la plie rouge d'après le relevé par navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent (strates hauturières 415 à 439) pour la période allant de 2011 à 2016. La ligne verticale pointillée rouge indique la longueur moyenne pendant l'année et la ligne verticale pleine désigne la taille commerciale (25 cm). Le taux de prises supérieures ou égales à 25 cm est indiqué en haut, à droite, dans chaque graphique.



Figure 23. Variation annuelle des statistiques sur la longueur totale (cm) de la plie rouge lors des prises du relevé de septembre par NR dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.

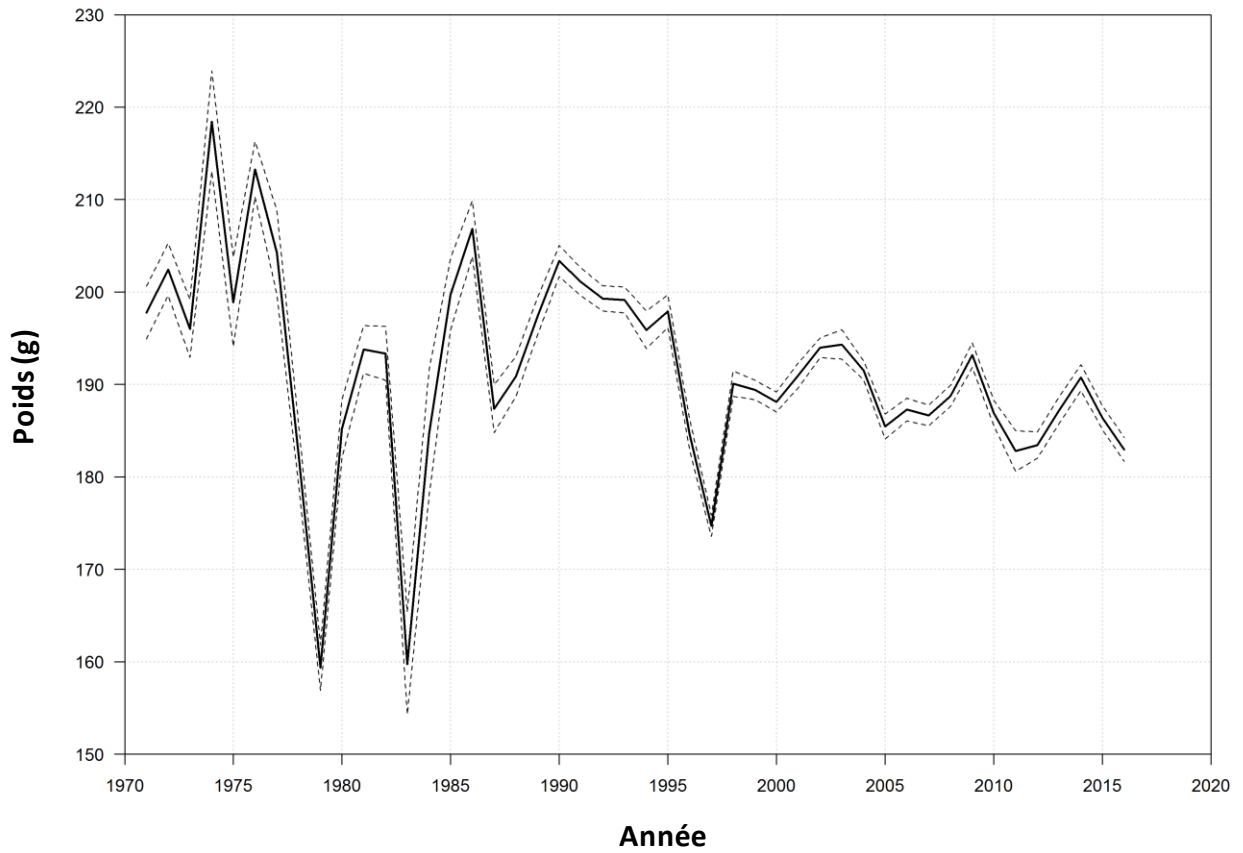


Figure 24. Poids prévu (g; moyenne et intervalle de confiance de 95 %) d'une plie rouge mesurant 25 cm d'après les régressions longueur-poids des relevés par NR.

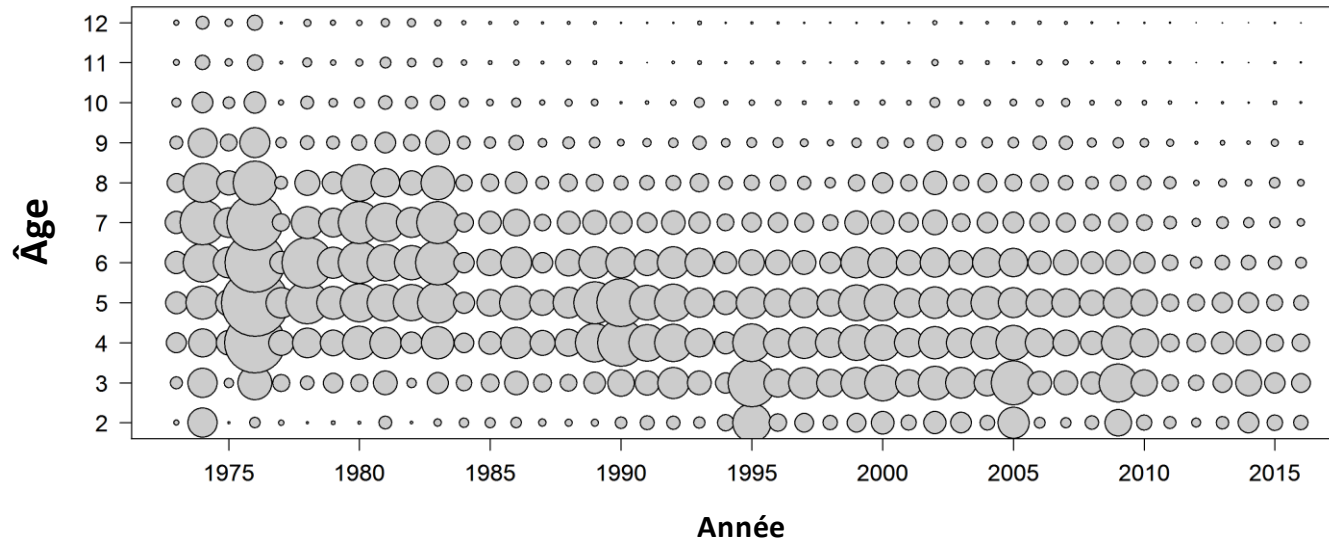


Figure 25. Prises selon l'âge (nombre de poissons) de plie rouge des strates hauturières (415 à 439) durant le relevé de septembre par NR effectué dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016. La taille des cercles est proportionnelle à la biomasse chalutable estimée.

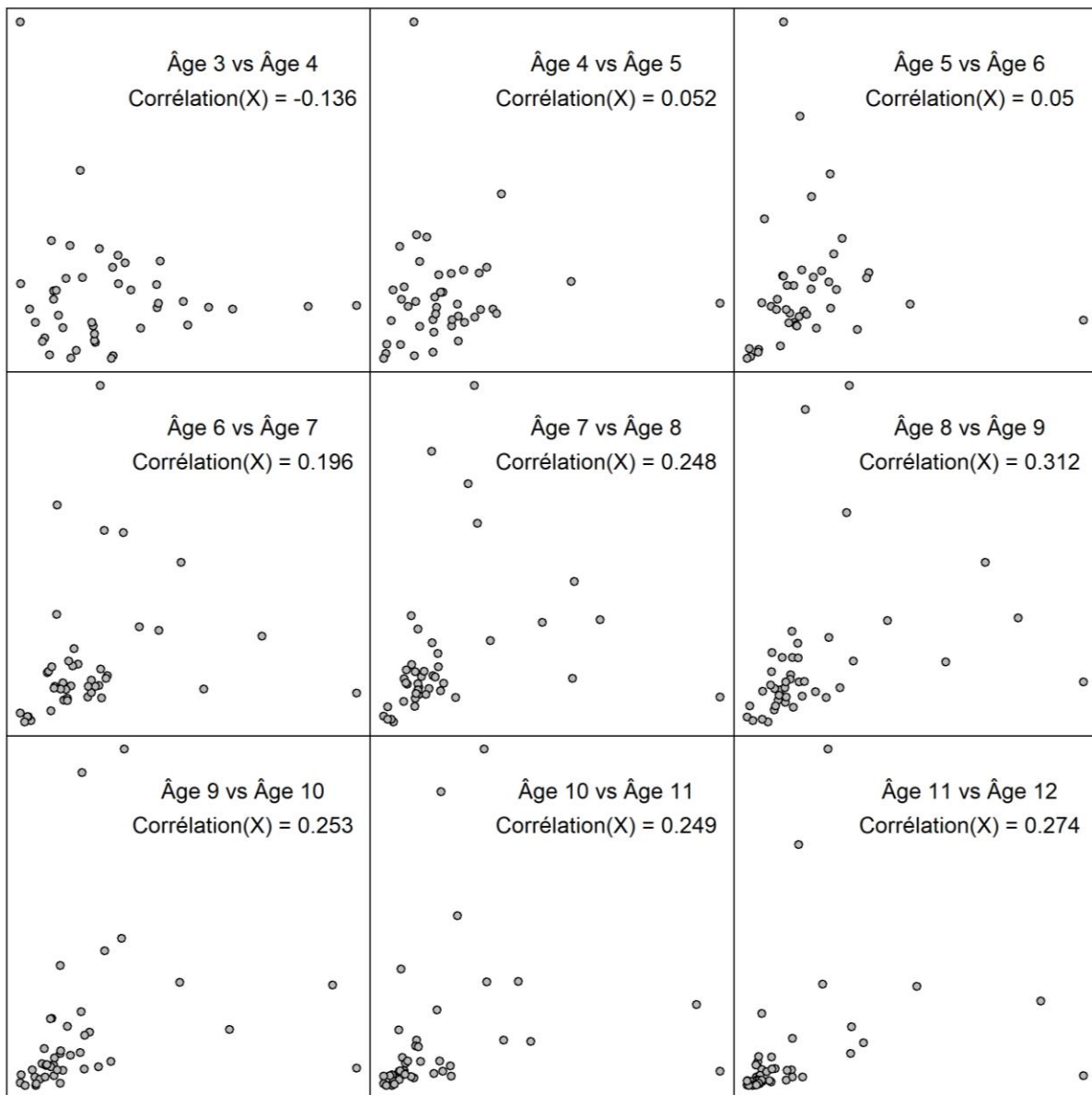


Figure 26. Corrélations selon l'âge pour les cohortes de Plie rouge de 3 à 12 ans et plus dans le sud du golfe du Saint-Laurent, d'après les fréquences de longueur du relevé de septembre par NR.

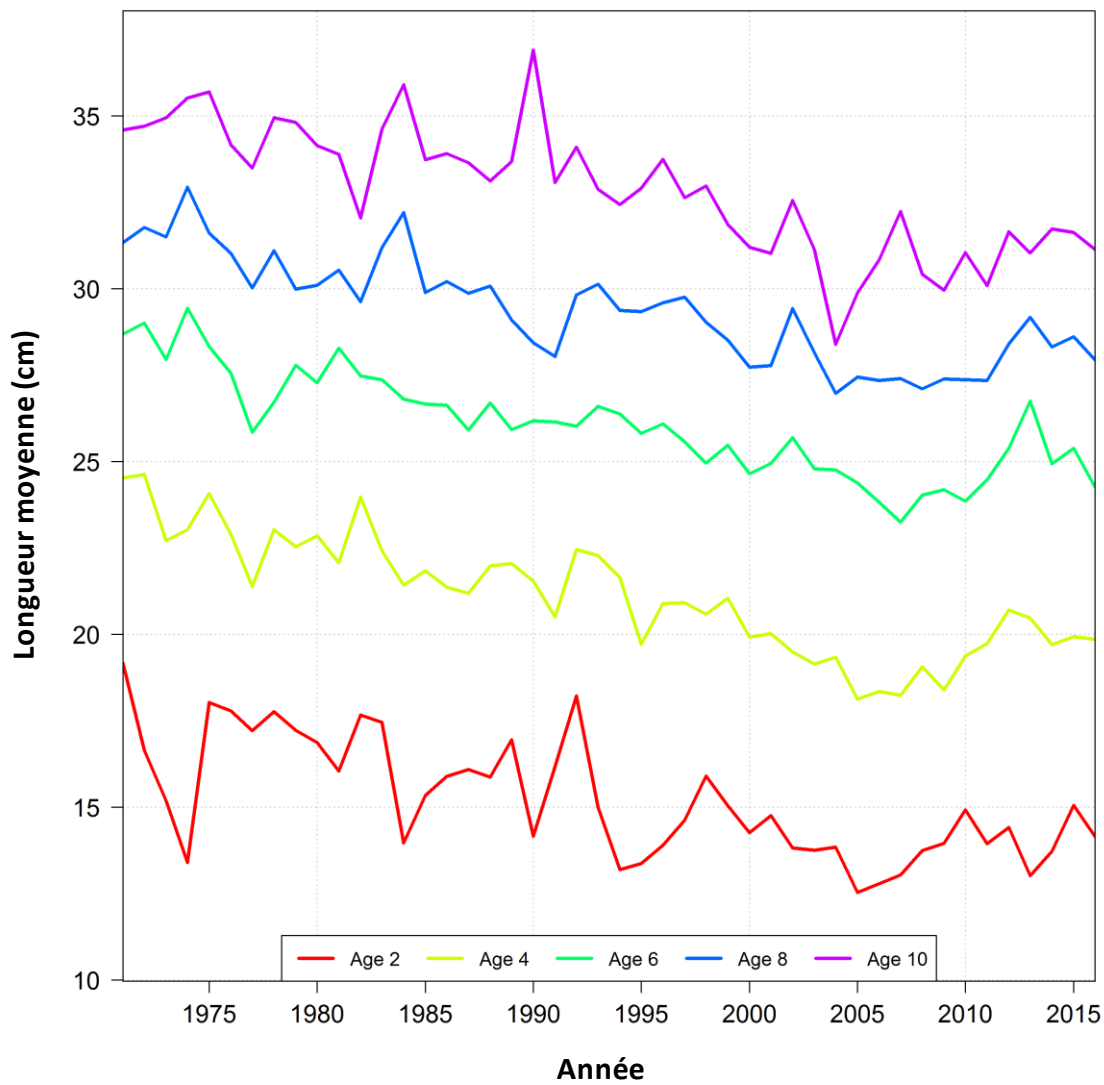


Figure 27. Longueur moyenne (cm) estimée selon l'âge de la plie rouge, de 1971 à 2016, d'après les fréquences de longueur du relevé de septembre par NR et le modèle de clé âge-longueur lissée.

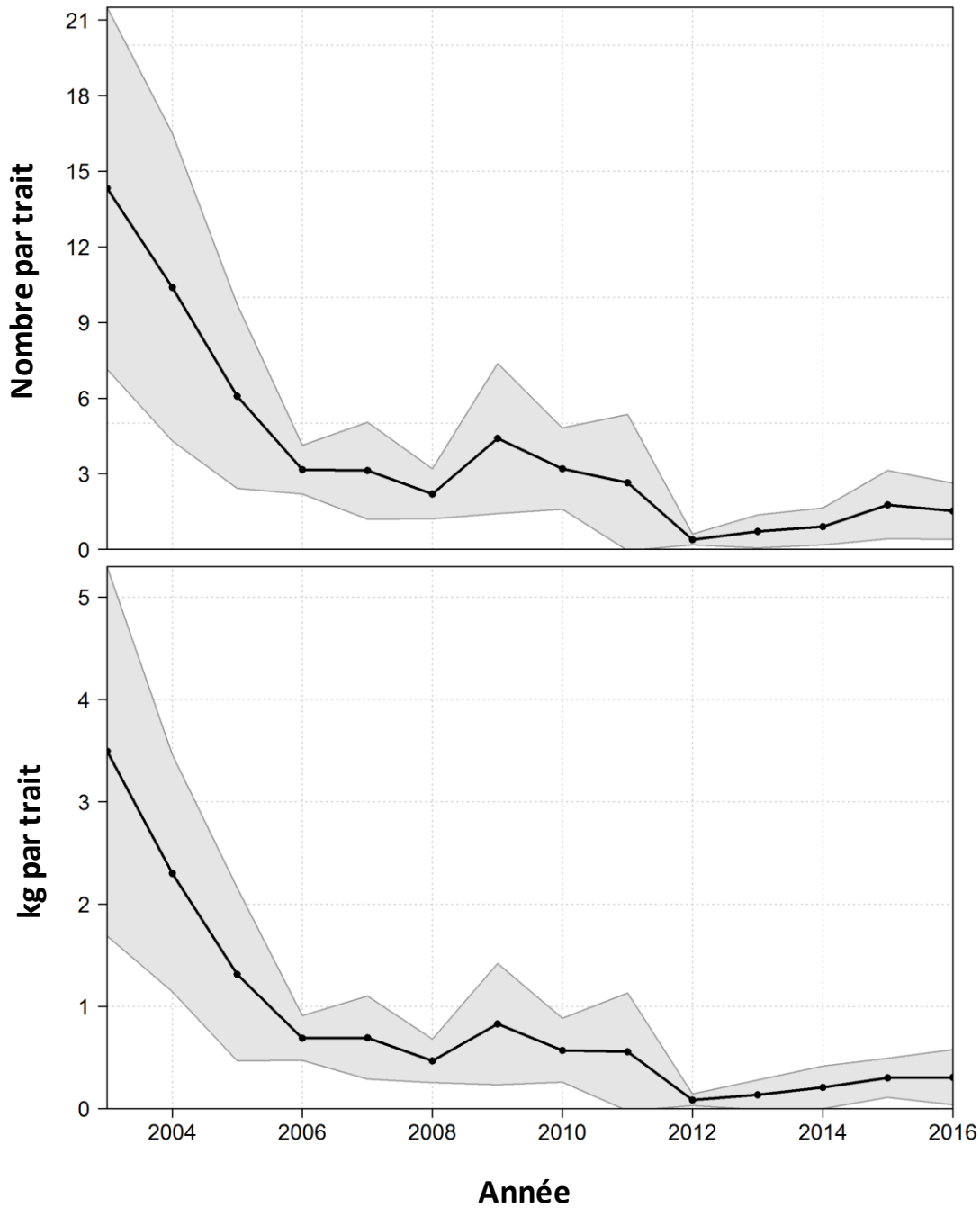


Figure 28. Indices d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles pour les plies rouges des strates 401, 403 et 415 à 439 (nombre par trait dans le graphique du haut; kg par trait dans le graphique du bas) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2003 à 2016. Les lignes noires désignent les moyennes et les zones grisées représentent les intervalles de confiance de 95 %.

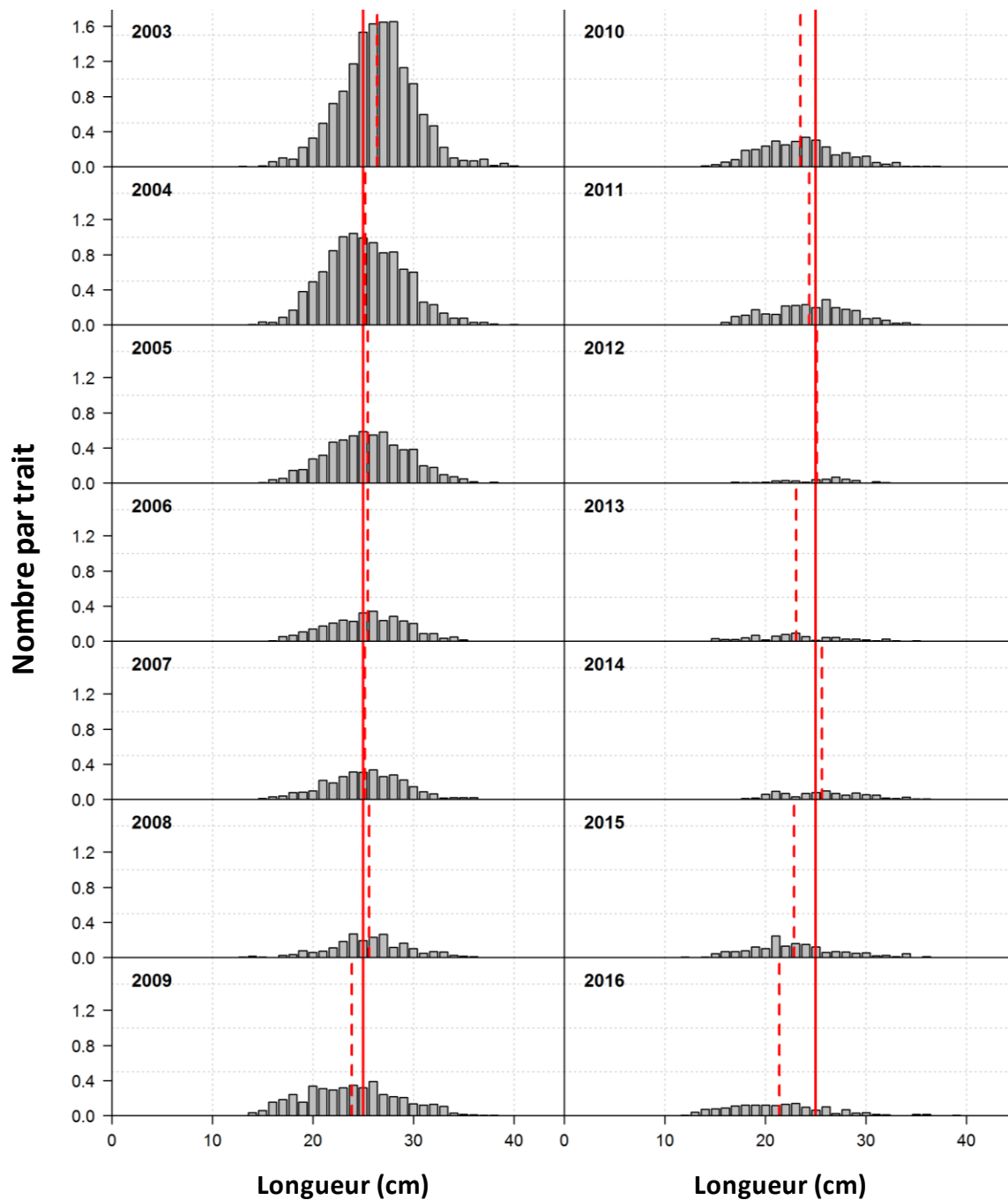


Figure 29. Fréquences de longueur de la plie rouge d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles pour les strates 401, 403 et 415 à 439 du sud du golfe du Saint-Laurent, de 2003 à 2016. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale (25 cm) de la plie rouge et la ligne pointillée rouge désigne la taille moyenne par année.

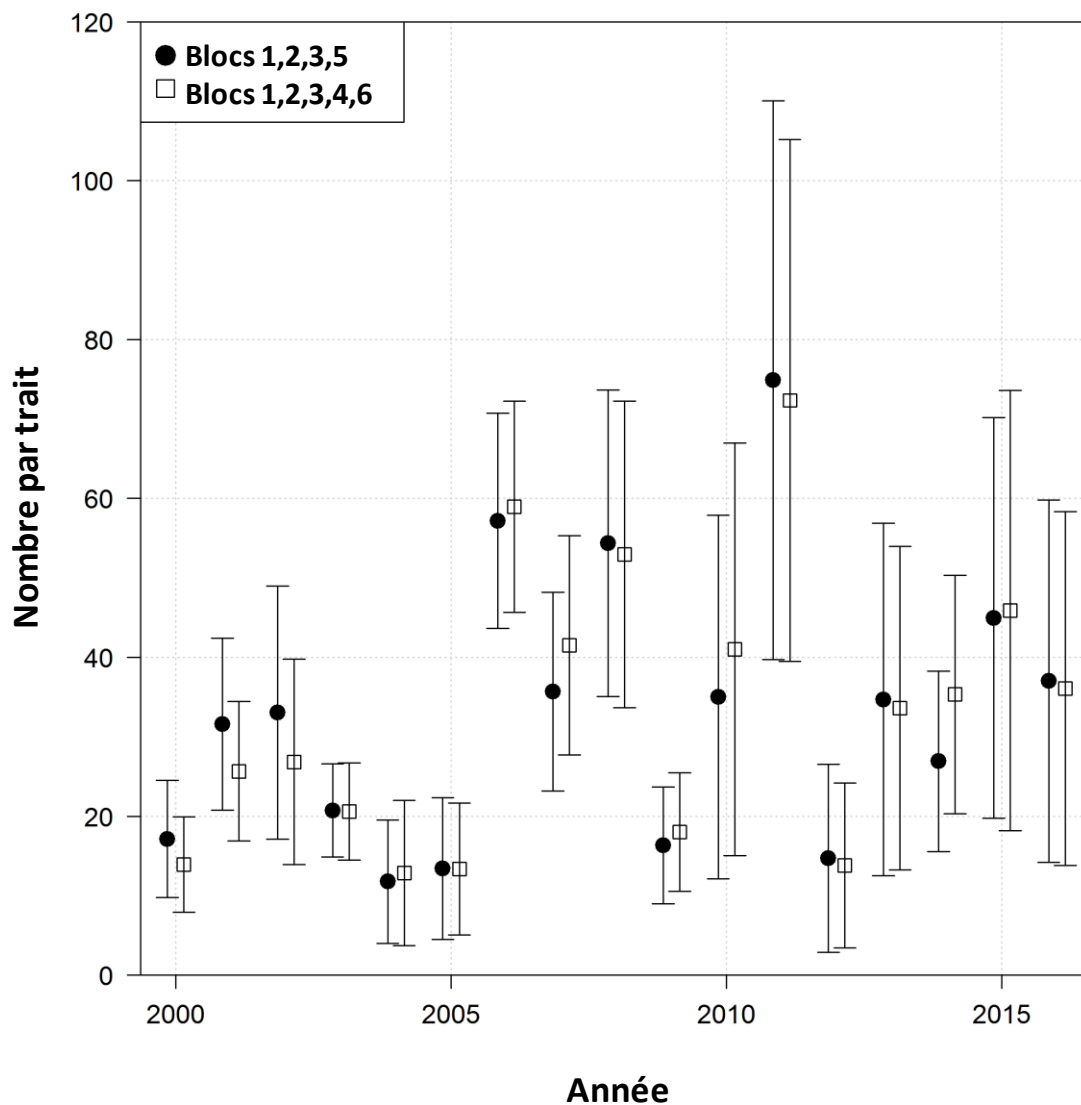


Figure 30. Indices (nombre par trait; moyenne et intervalles de confiance de 95 %) relatifs à la plie rouge durant le relevé effectué dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016. Les cercles noirs indiquent que les données de la strate 6 sont exclues et les carrés blancs apparaissent lorsque les données de la strate 6 sont incluses. En 2010 et 2011, les prises ont été effectuées à l'aide d'un chalut différent et sont normalisées à une distance de 0,125 miles nautiques au lieu de 0,625 miles nautiques pour le reste de la série chronologique.

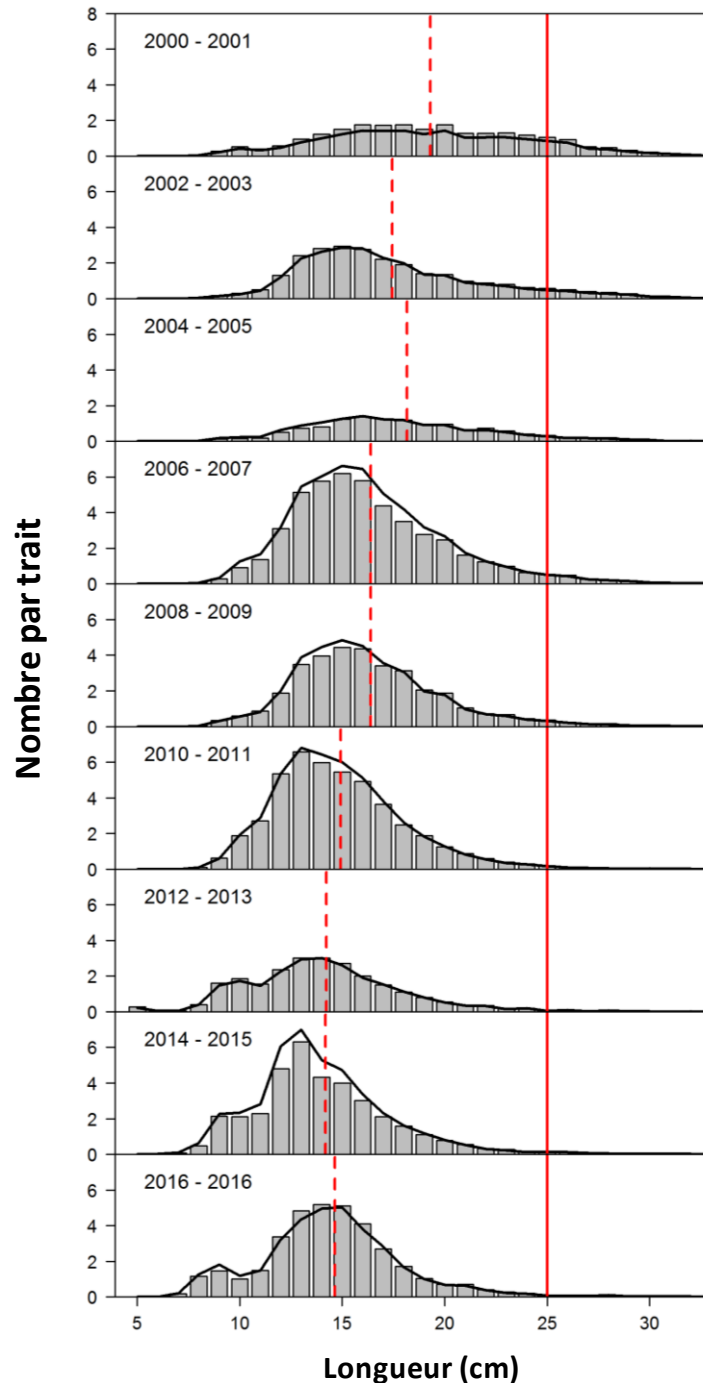


Figure 31. Fréquences de longueur de la plie rouge d'après les prises du relevé du détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016, en excluant (barres grises) et en incluant (ligne noire) les données de la strate 6. En 2010 et 2011, les prises ont été effectuées à l'aide d'un chalut différent et sont normalisées à une distance de 0,125 milles nautiques au lieu de 0,625 milles nautiques pour le reste de la série chronologique. La ligne pleine rouge représente la taille commerciale (25 cm) de la plie rouge et la ligne pointillée rouge désigne la taille moyenne lors des prises pour chaque graphique.

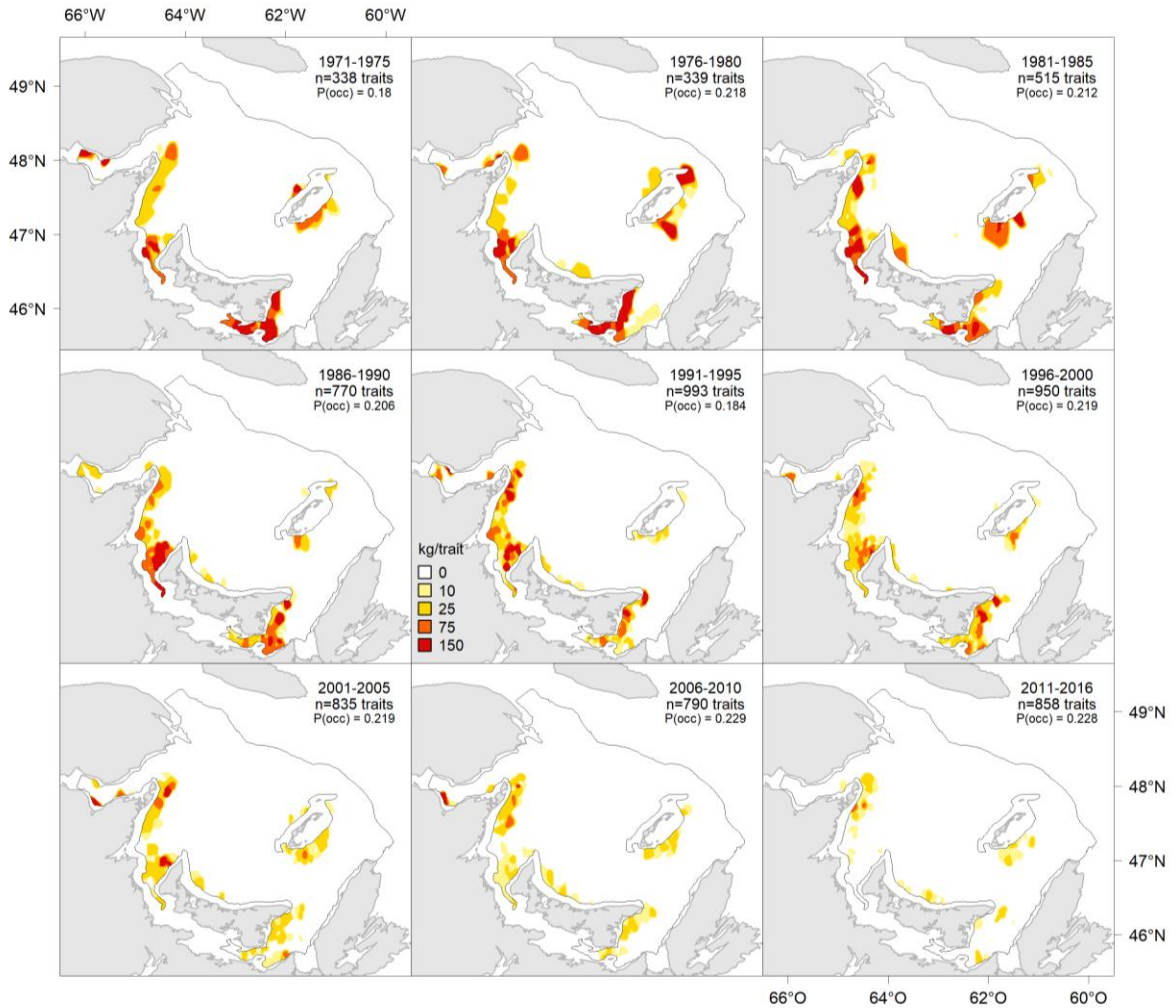


Figure 32. Répartition spatiale des prises normalisées de plie rouge (kg par trait standard) d'après le relevé de septembre par NR, par période de cinq ans, de 1971 à 2016. Les courbes ont été tracées à l'aide d'une méthode de pondération en fonction de l'inverse de la distance avec un paramètre de portée de 10 km. Le nombre total de traits utilisés dans les analyses pour chaque graphique et la proportion de traits associés à des prises non nulles de plie rouge sont indiqués dans chaque carte.

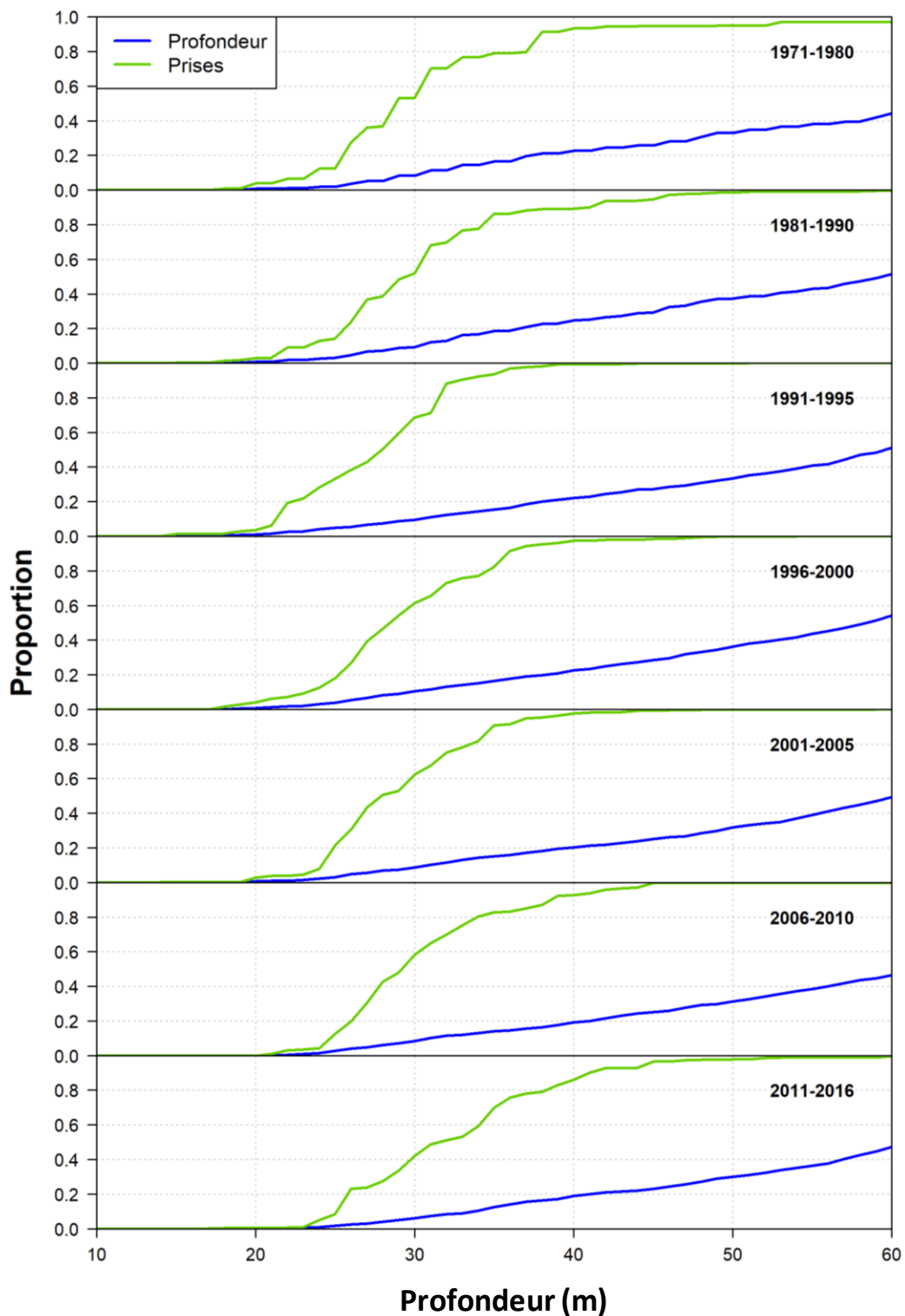


Figure 33. Proportion cumulative selon la profondeur (m) des stations échantillonnées et prises de plie rouge d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour les strates 415 à 439, par période de cinq ans, de 1971 à 2016.

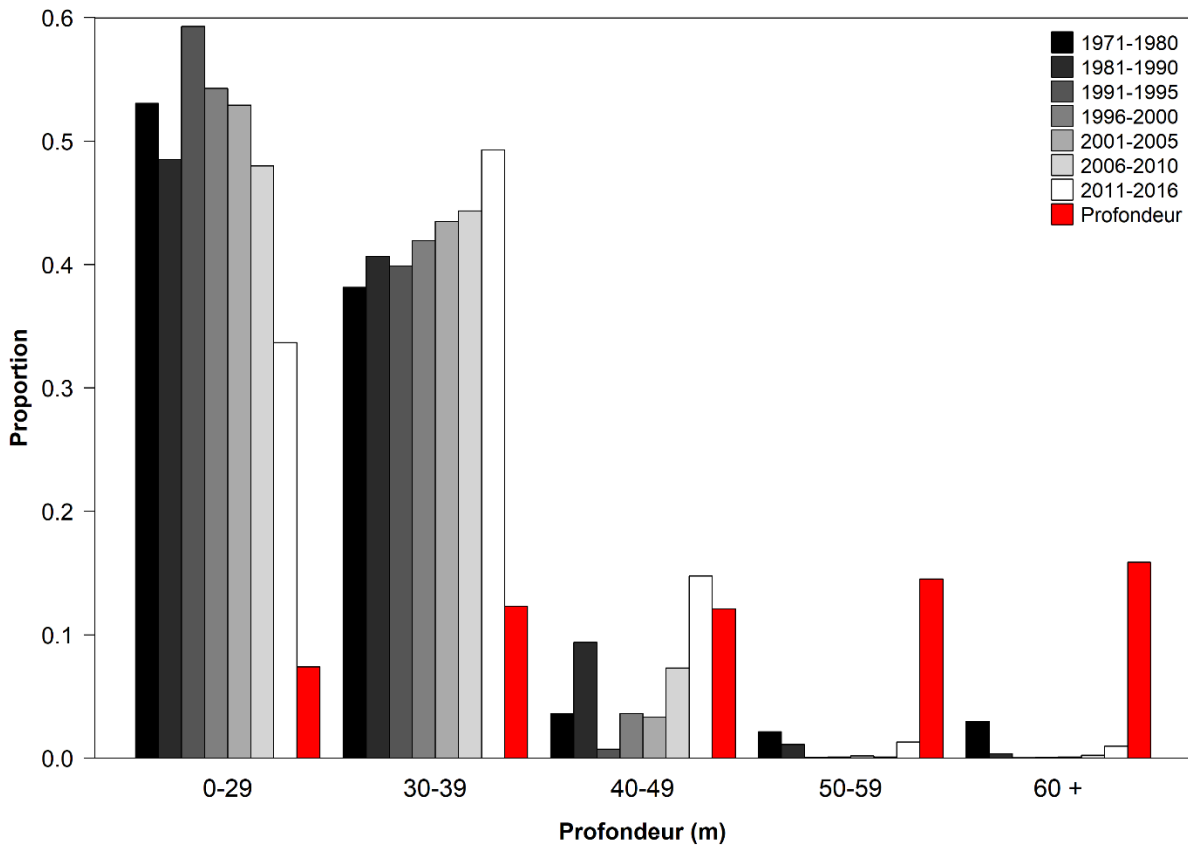


Figure 34. Variation décennale dans les proportions de prises de plie rouge, par plage de profondeurs, d'après les relevés par NR réalisés dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour les strates 415 à 439, de 1971 à 2016. Les barres graduées grisées présentent les prises de plie rouge par décennie. Les barres rouges montrent les proportions des stations d'échantillonnage, pour chaque plage de profondeurs, pour la période allant de 1971 à 2016.

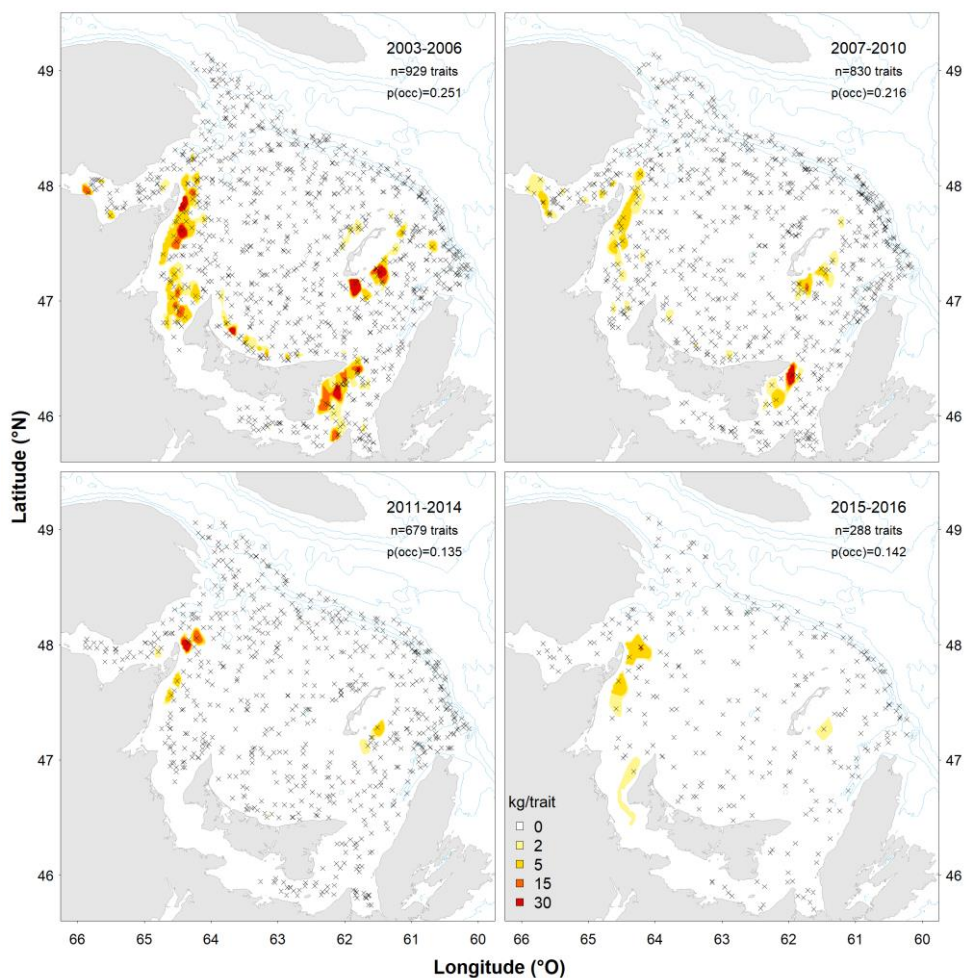


Figure 35. Répartition spatiale des prises normalisées de plie rouge (kg par trait), d'après les relevés par pêche sentinelle avec engins mobiles, de 2003 à 2016. Les courbes ont été tracées à l'aide d'une méthode de pondération en fonction de l'inverse de la distance avec un paramètre de portée de 10 km. Le nombre total de traits utilisés dans les analyses et la proportion de traits associés à des prises non nulles de plie rouge sont indiqués dans chaque carte.

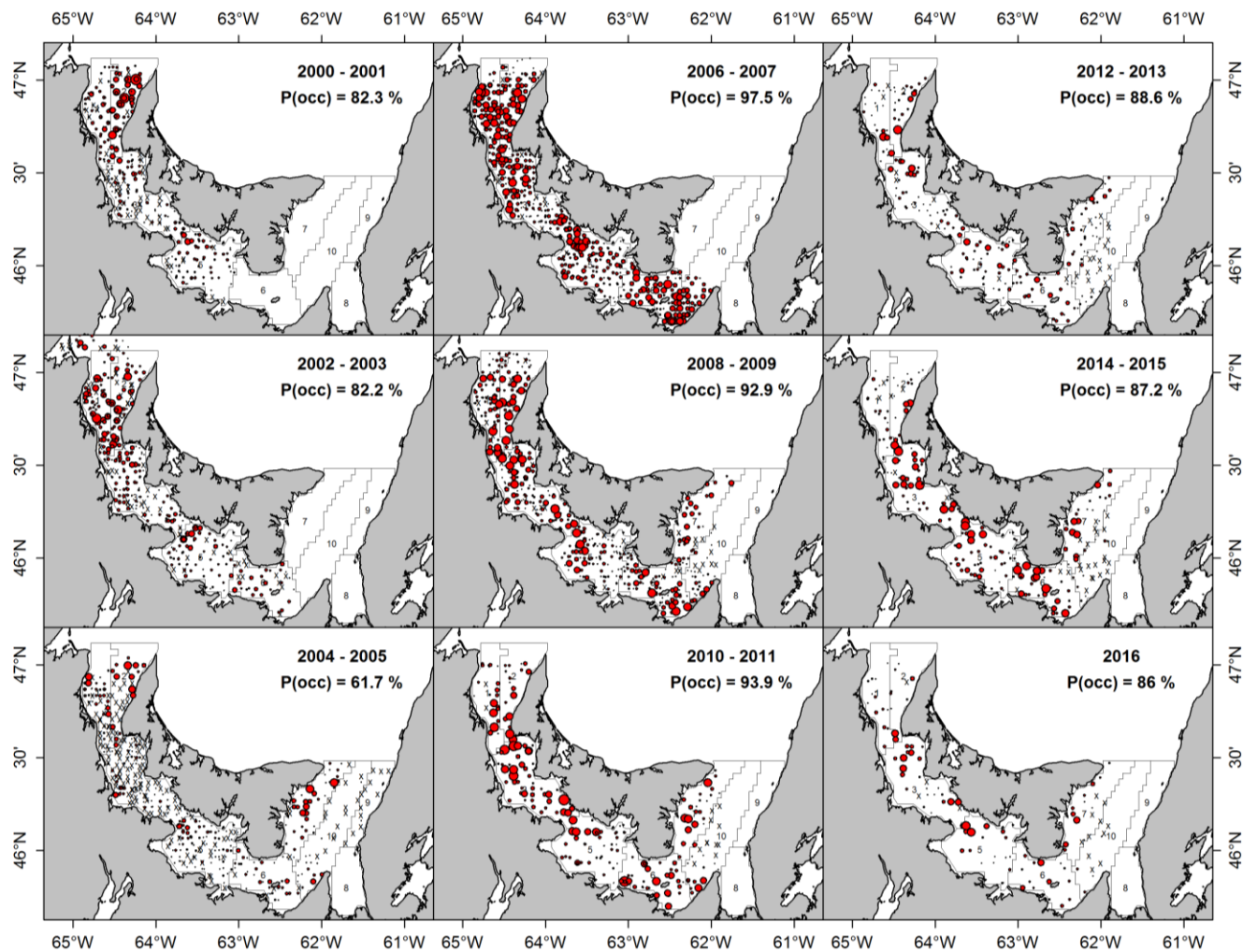


Figure 36. Répartition spatiale des prises de plie rouge durant le relevé effectué dans le détroit de Northumberland, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 2000 à 2016. Les petits « x » indiquent un trait associé à une prise nulle de plie rouge. La zone encadrée est proportionnelle au nombre par trait. Il convient de noter que les prises en 2010 et 2011 ont été effectuées à l'aide d'un chalut Nephrops, plutôt qu'au moyen du chalut Yankee modifié utilisé durant les autres années. Le pourcentage de traits associés à des prises non nulles ($P(\text{occ})$) de plie rouge est également représenté.

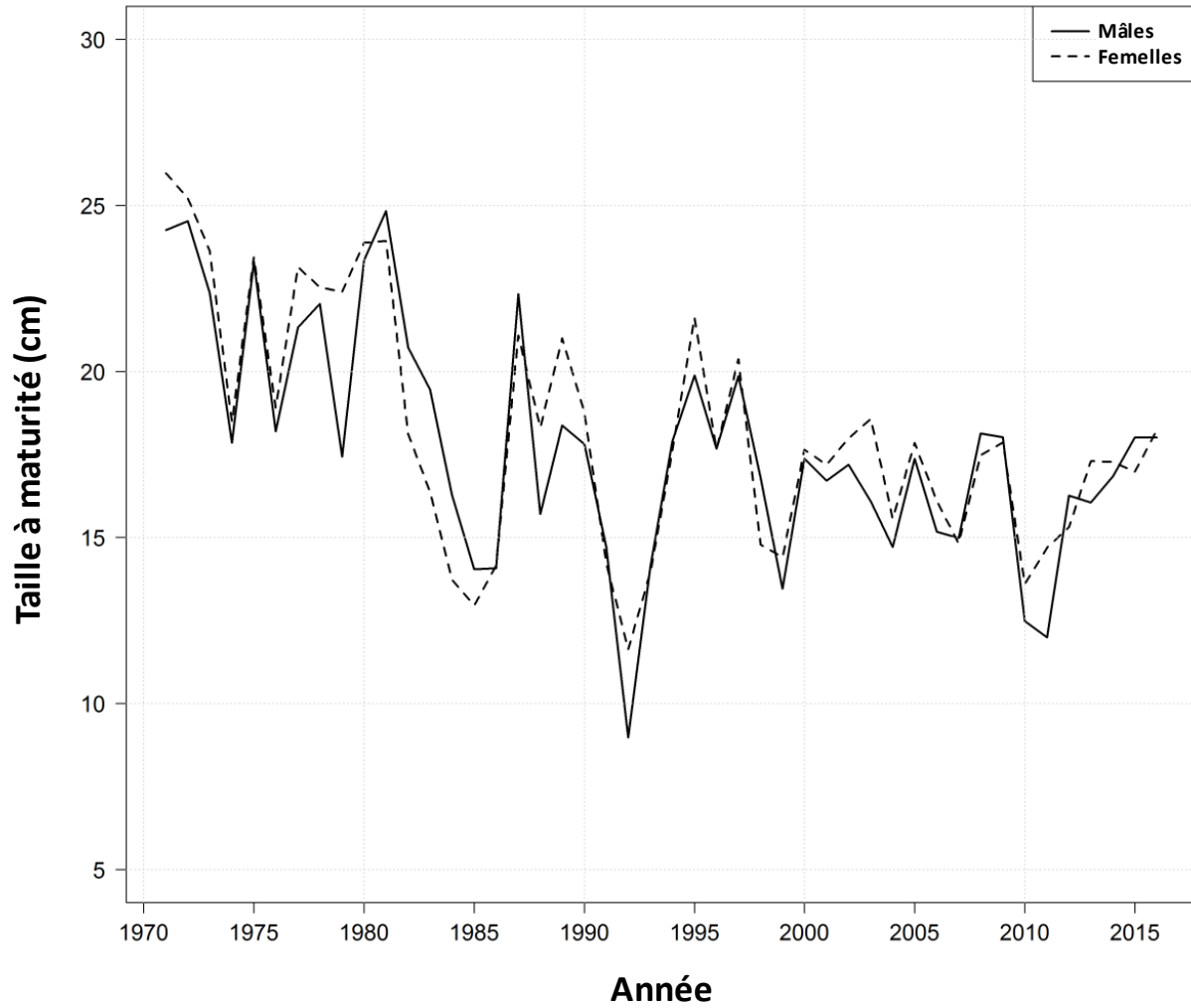


Figure 37. Taille moyenne à 50 % de la maturité (longueur, cm) de la plie rouge, selon le sexe et l'année, estimée à partir de l'échantillonnage des prises durant le relevé de septembre par navire de recherche, de 1971 à 2016.

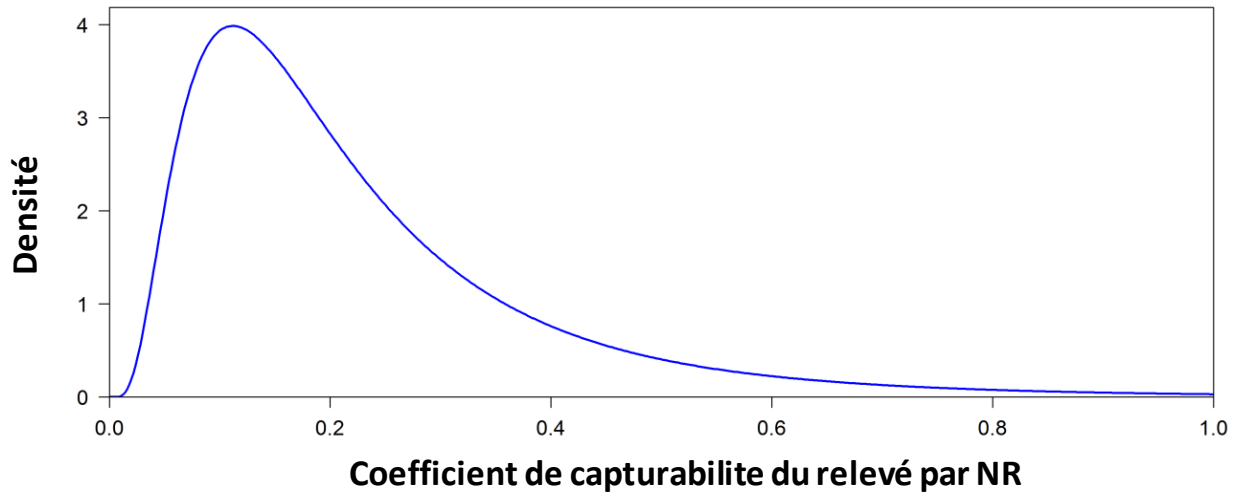


Figure 38. Densité a priori pour le coefficient de capturabilité durant le relevé de septembre par navire de recherche $q_{rv} \sim LN(-1.7, 0.7)$. Le mode de cette densité a priori correspond à $q_{rv} = 0.112$.

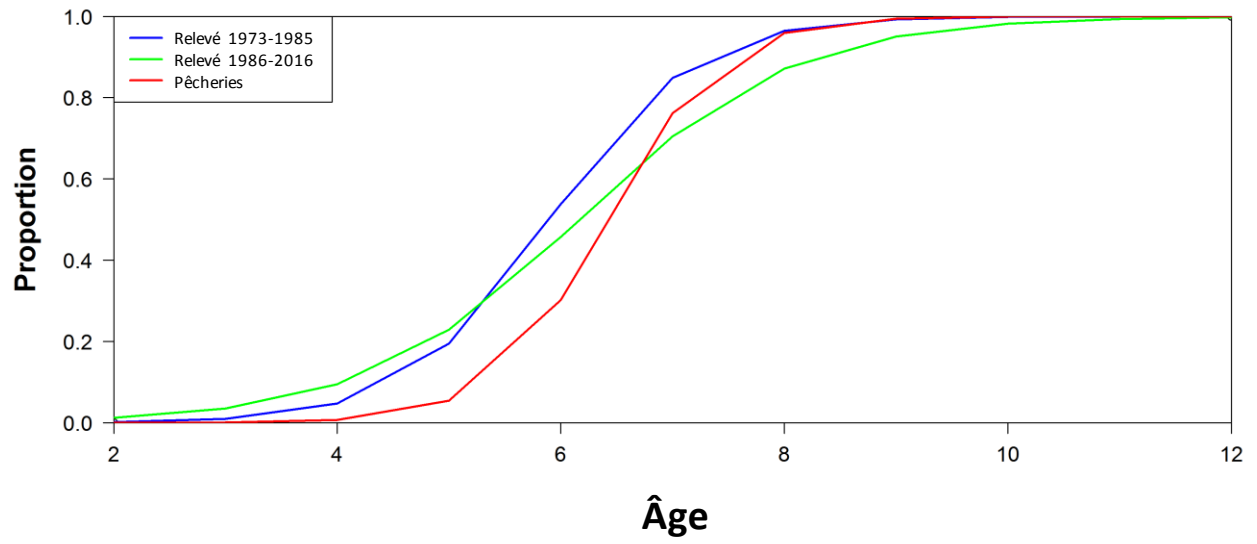


Figure 39. Courbes de la sélectivité selon l'âge pour la plie rouge estimées pour les relevés de recherche et la pêche et fondées sur le modèle 2.

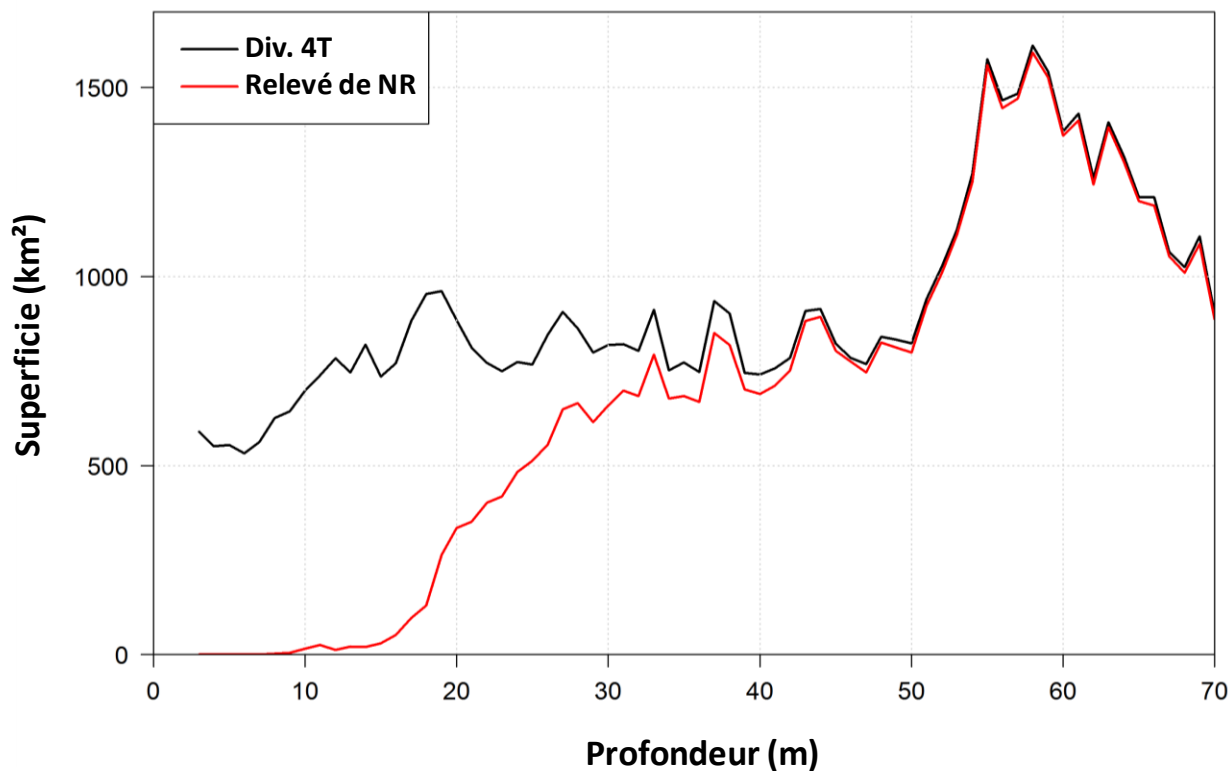


Figure 40. Superficie (km²) du sud du golfe du Saint-Laurent, par intervalles de profondeur de 1 mètre (ligne noire) et de la zone par profondeur incluse dans les strates de relevé par navire de recherche 415 à 439. Environ 17 500 km² dans le sud du golfe du Saint-Laurent, entre les isobathes de 1 mètre et de 70 mètres, ne sont pas inclus dans la zone d'échantillonnage des relevés par NR.

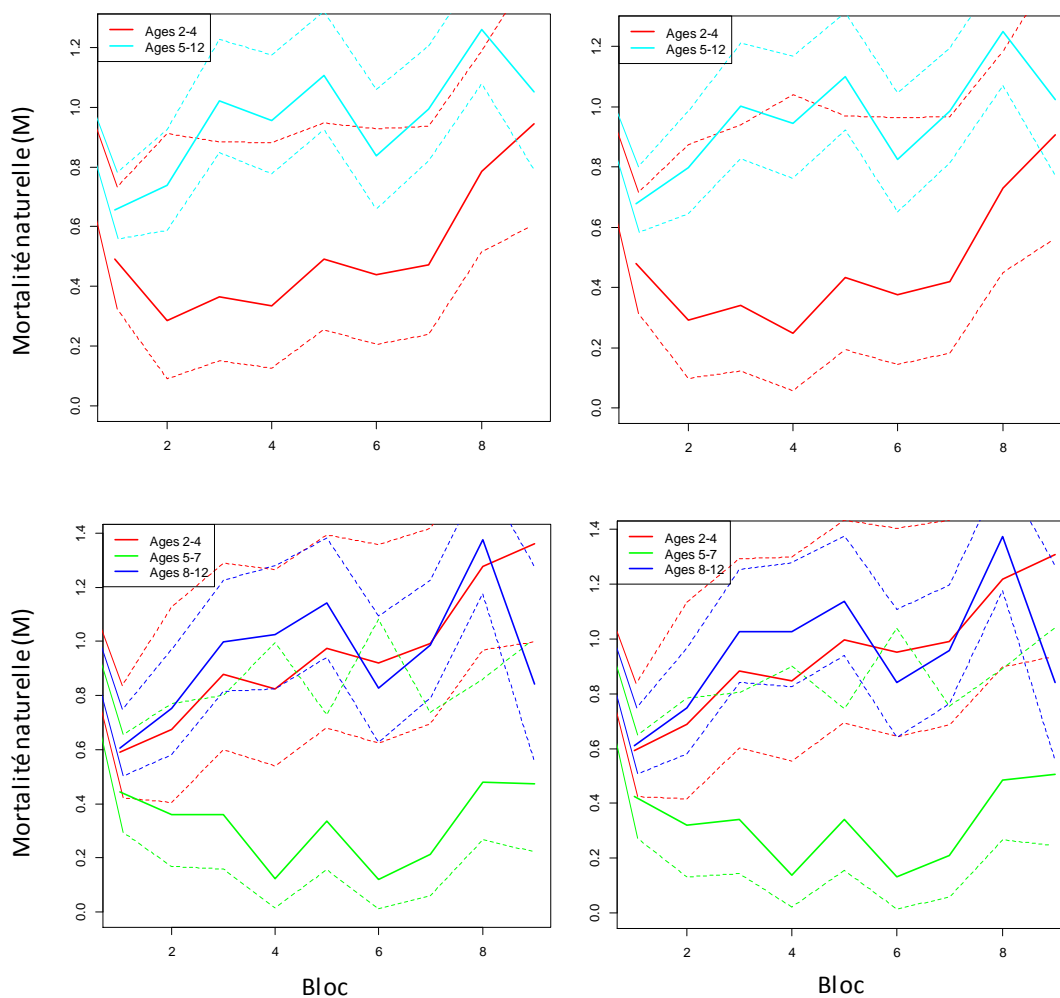


Figure 41. Estimations de la mortalité naturelle, par bloc d'âges, de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour le modèle 1 (en haut, à gauche), le modèle 2 (en haut, à droite), le modèle 5 (en bas, à gauche) et le modèle 7 (en bas, à droite). Les lignes pointillées sont les intervalles de confiance pour chaque estimation de bloc.

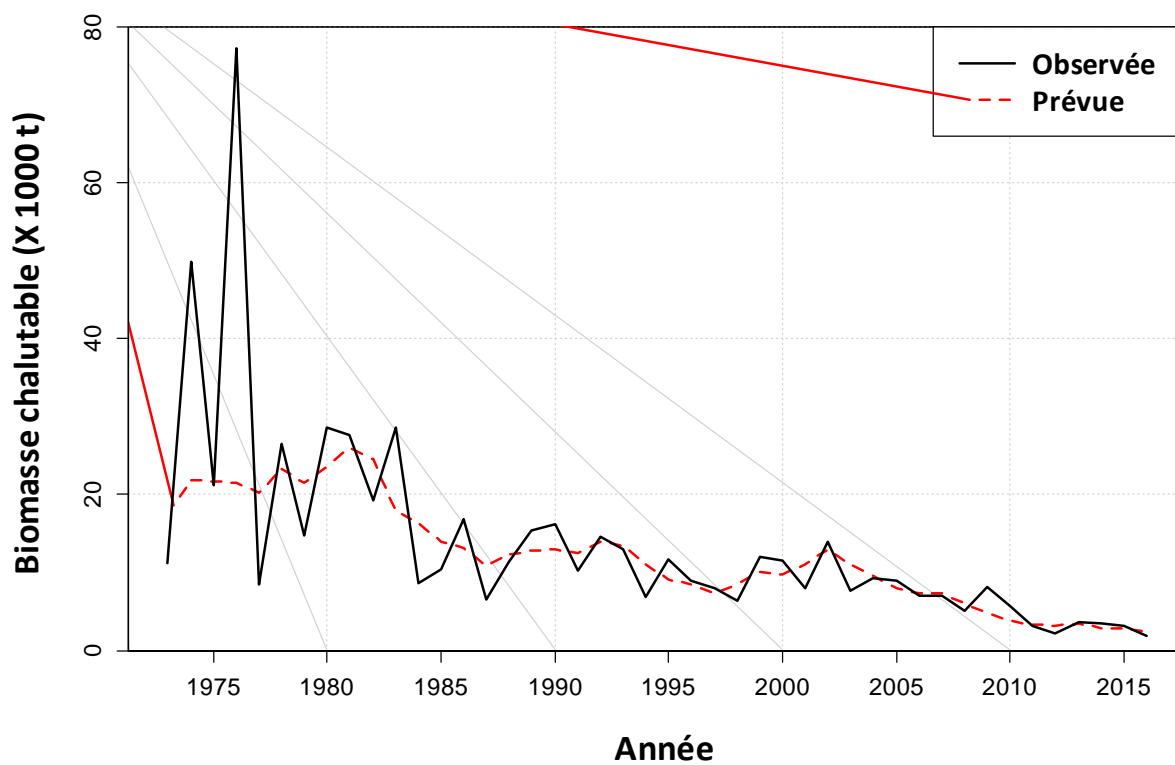


Figure 42. Comparaison entre la biomasse chalutable par NR observée (ligne pleine noire) et prévue (ligne pointillée rouge) de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016.

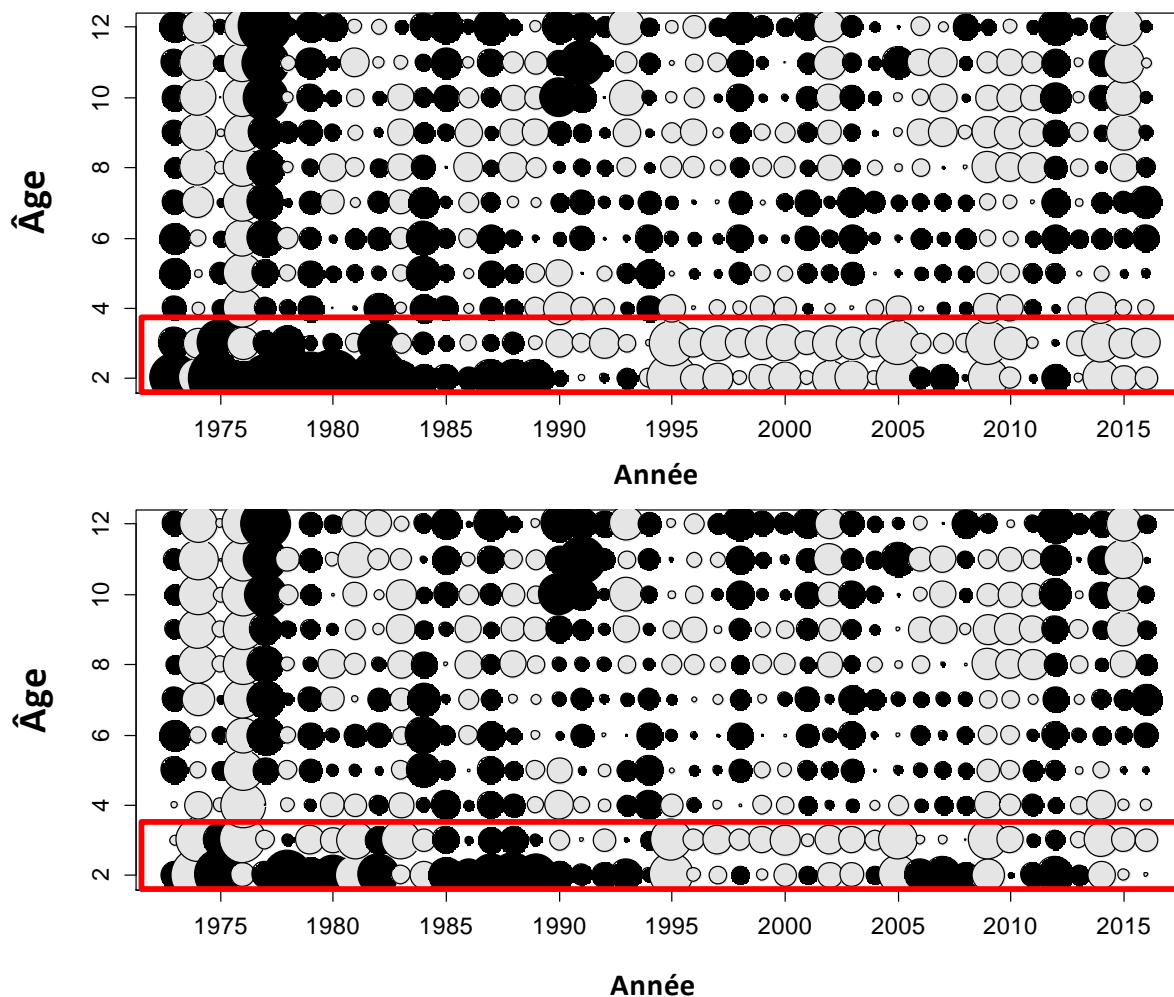


Figure 43. Profils résiduels à l'échelle logarithmique des prises selon l'âge, durant les relevés par navire de recherche, de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour le modèle 1 (graphique du haut) et le modèle 2 (graphique du bas). Le profil posant problème pour les âges 2 et 3 dans les modèles ayant des courbes de sélectivité unique pour les relevés par NR (modèle 1) est mis en évidence dans chaque graphique. Le profil résiduel pour le modèle 2 est une amélioration.

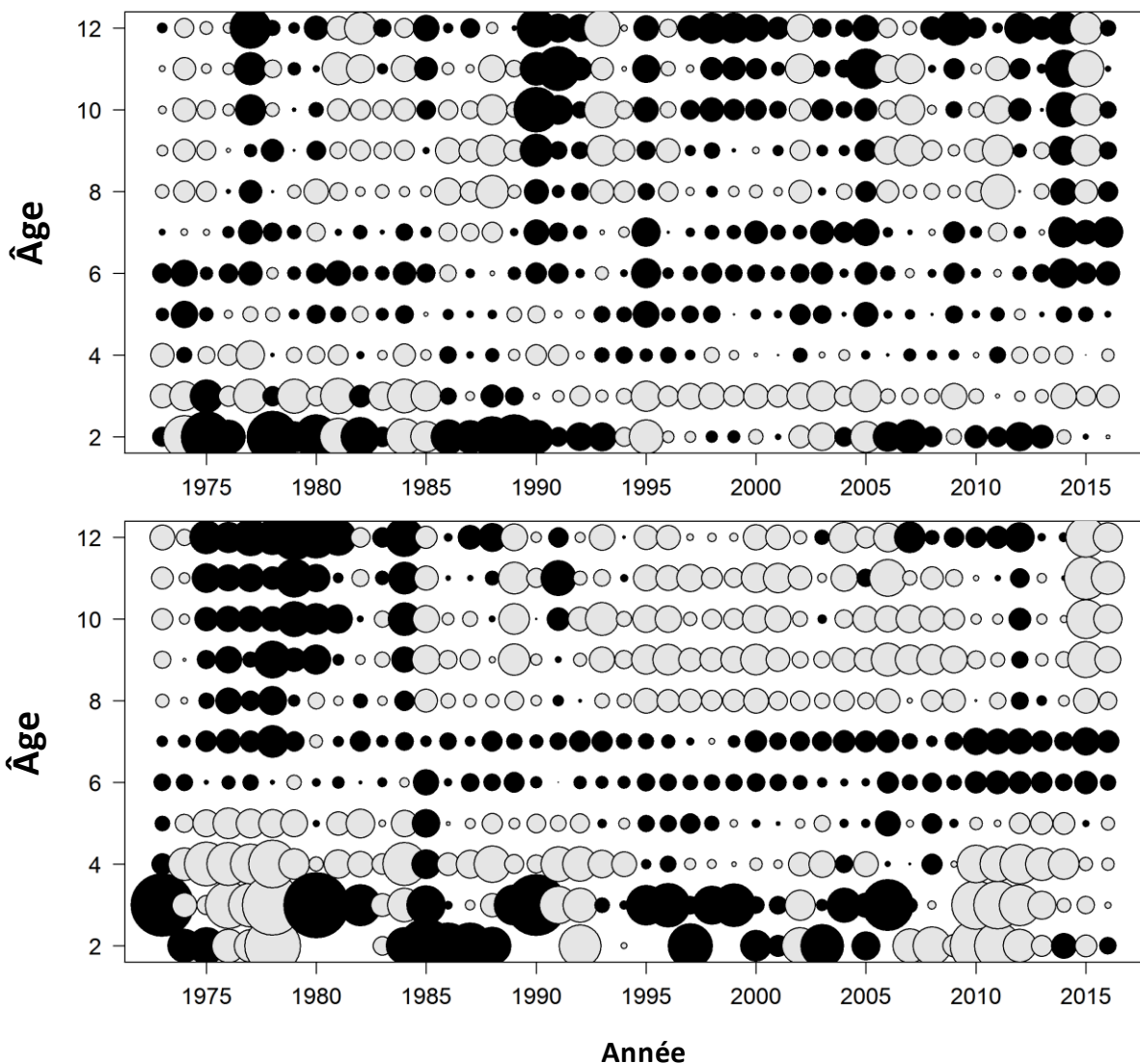


Figure 44. Profils résiduels à l'échelle logarithmique des proportions selon l'âge pour les proportions des prises selon l'âge durant les relevés par NR (graphique du haut) et les proportions des prises selon l'âge pour la pêche (graphique du bas) de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les proportions sont calculées à partir de nombres. Les cercles noirs indiquent une sous-estimation et les cercles gris révèlent une surestimation par rapport au modèle.

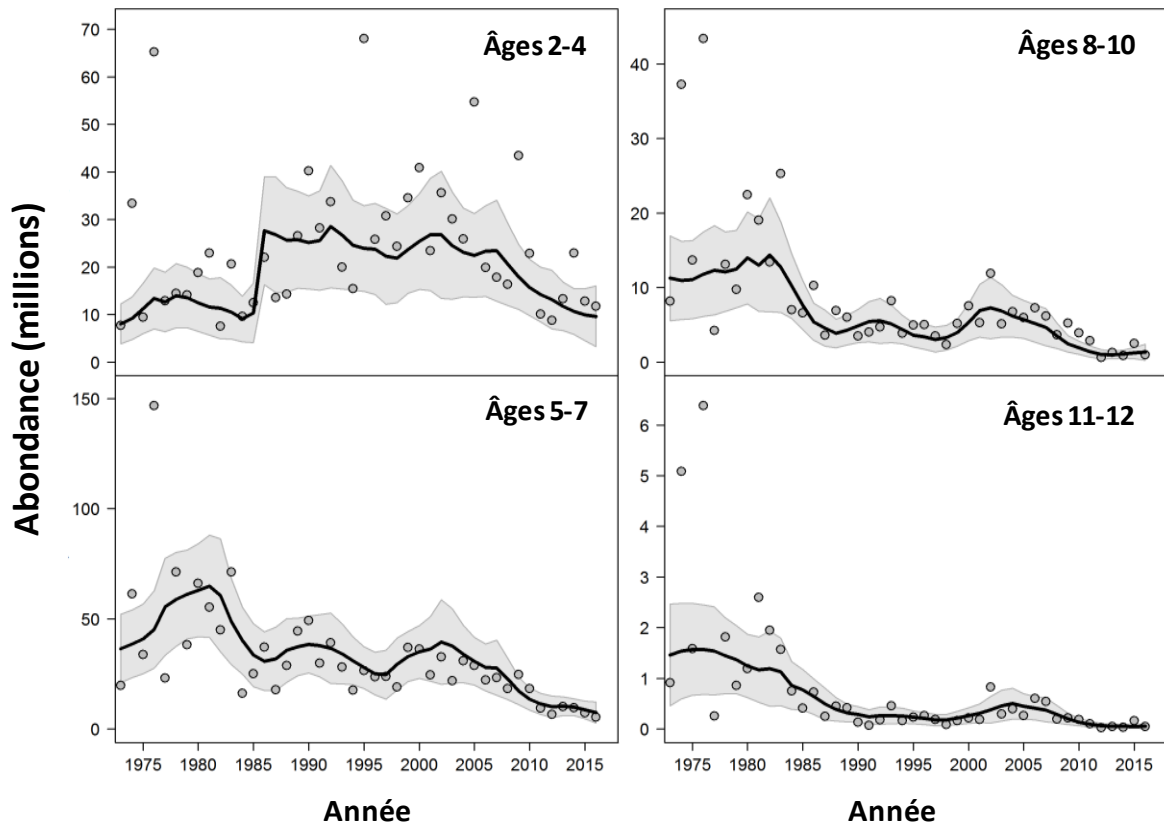


Figure 45. Abondance chalutable (en millions) observée (cercles vides) et prévue (les lignes noires pleines représentent les estimations du maximum de vraisemblance et les zones ombragées représentent l'intervalle de confiance de 95 %) de la plie rouge par groupe d'âge d'après les prises du navire de recherche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

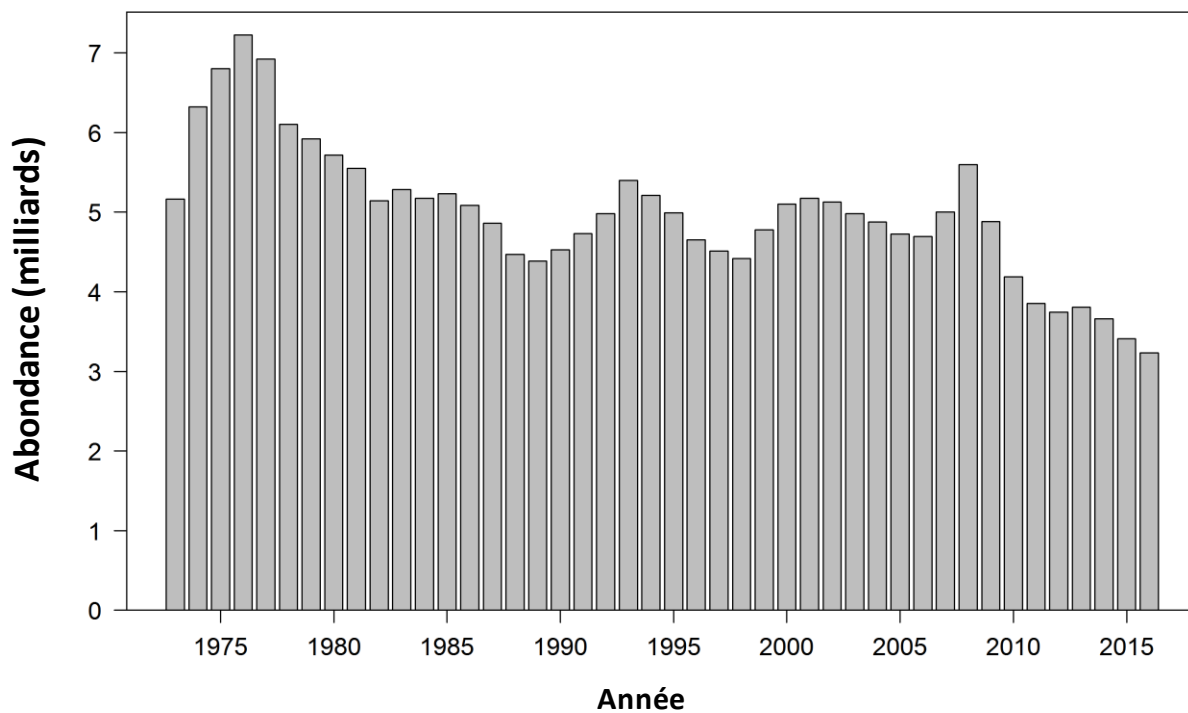


Figure 46. Abondance totale (nombres) de la plie rouge, de 2 ans à plus de 12 ans, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, prévue par le modèle 2, de 1973 à 2016.

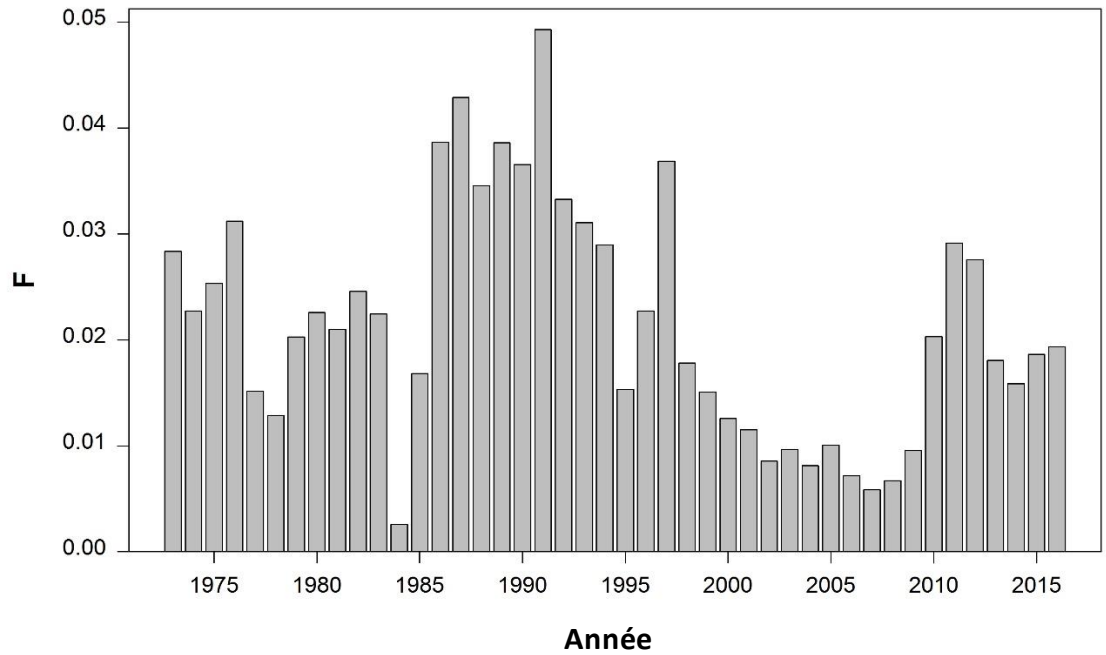


Figure 47. Taux annuel estimé de mortalité par pêche (F) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

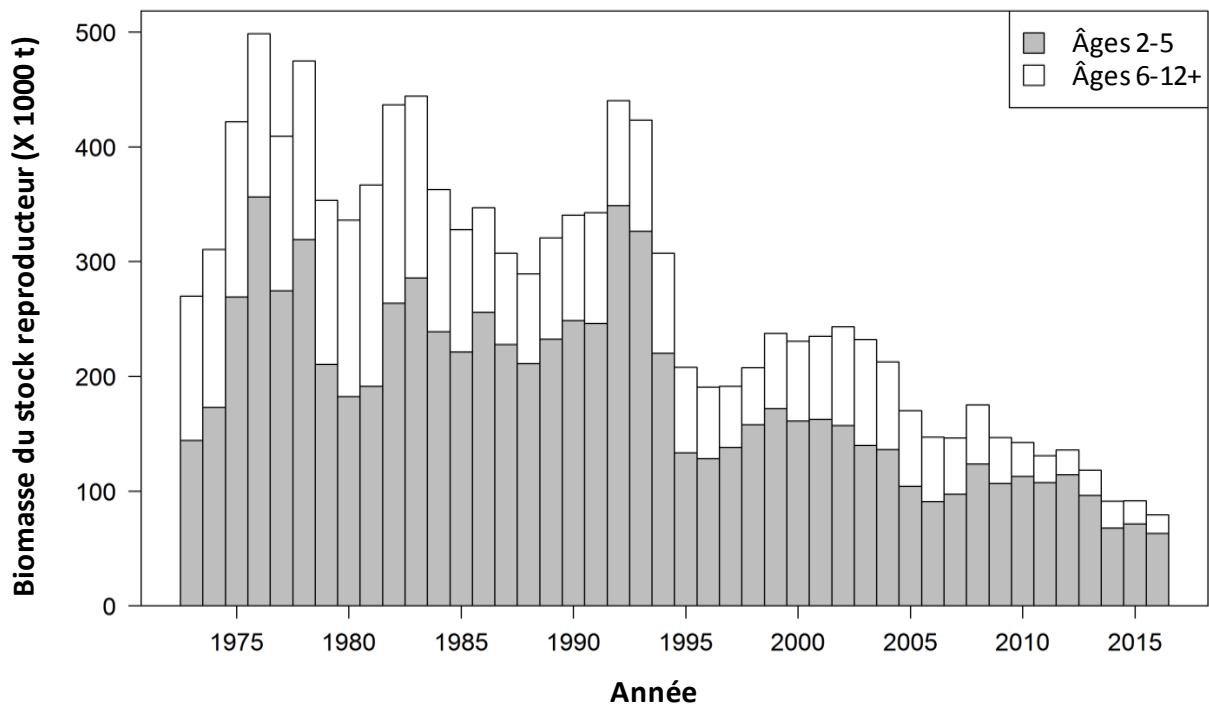


Figure 48. Biomasse du stock reproducteur estimée (BSR; t) par groupe d'âges de la plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016.

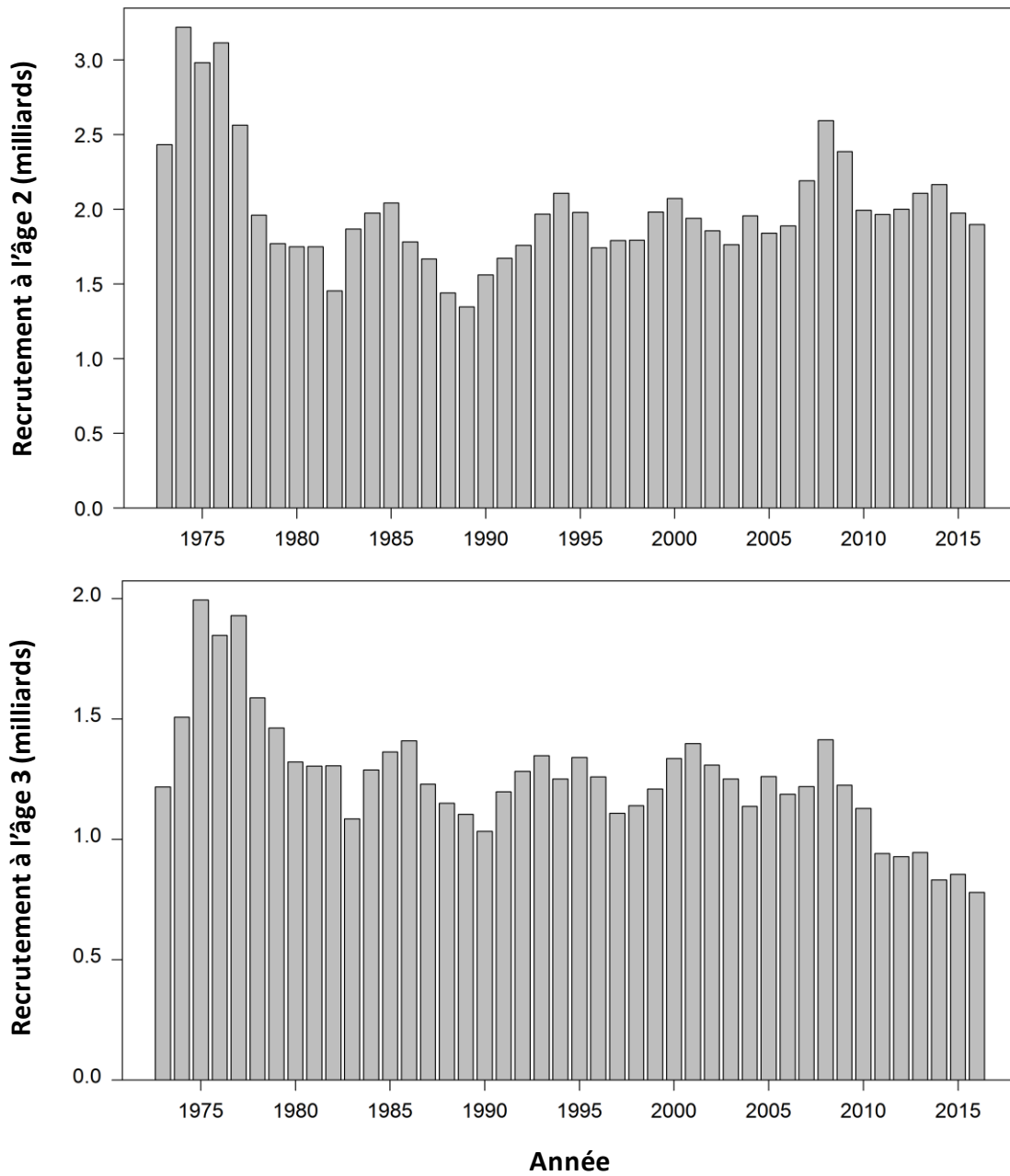


Figure 49. Recrutement prédit (nombre) à 2 ans (graphique du haut) et à 3 ans (graphique du bas) de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1973 à 2016, d'après le modèle 2.

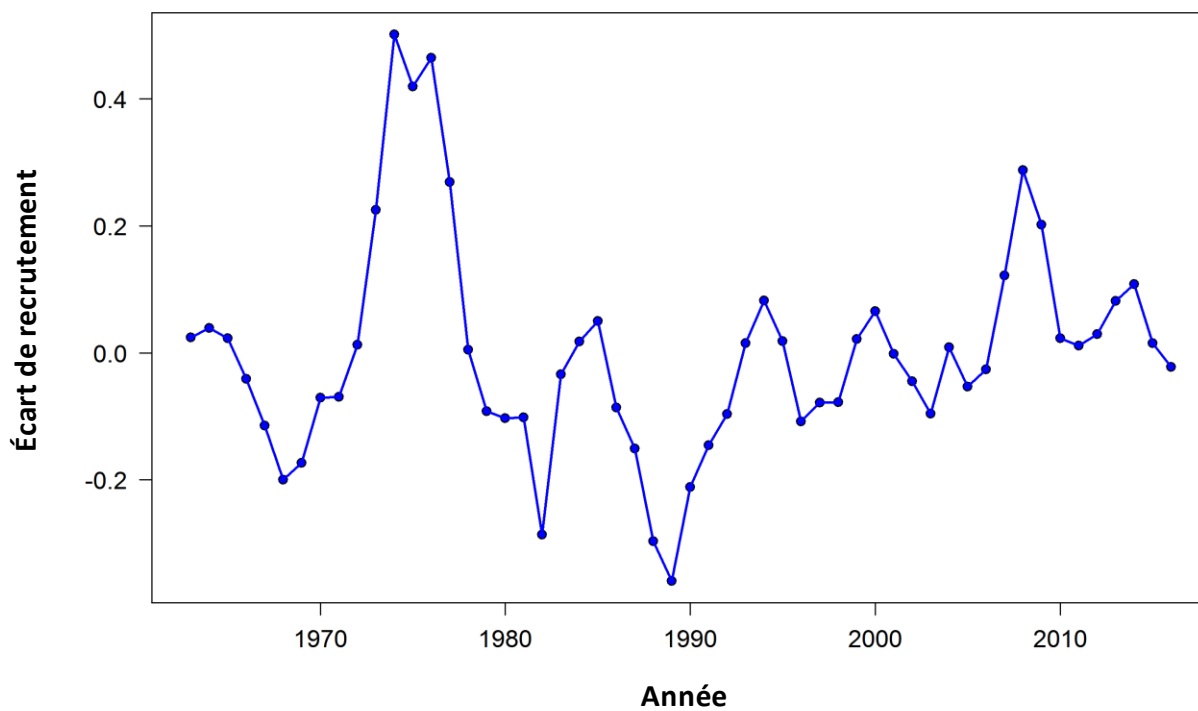


Figure 50. Écarts de recrutement à 2 ans, par année, de plie rouge dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pour les cohortes de 1963 à 2014.

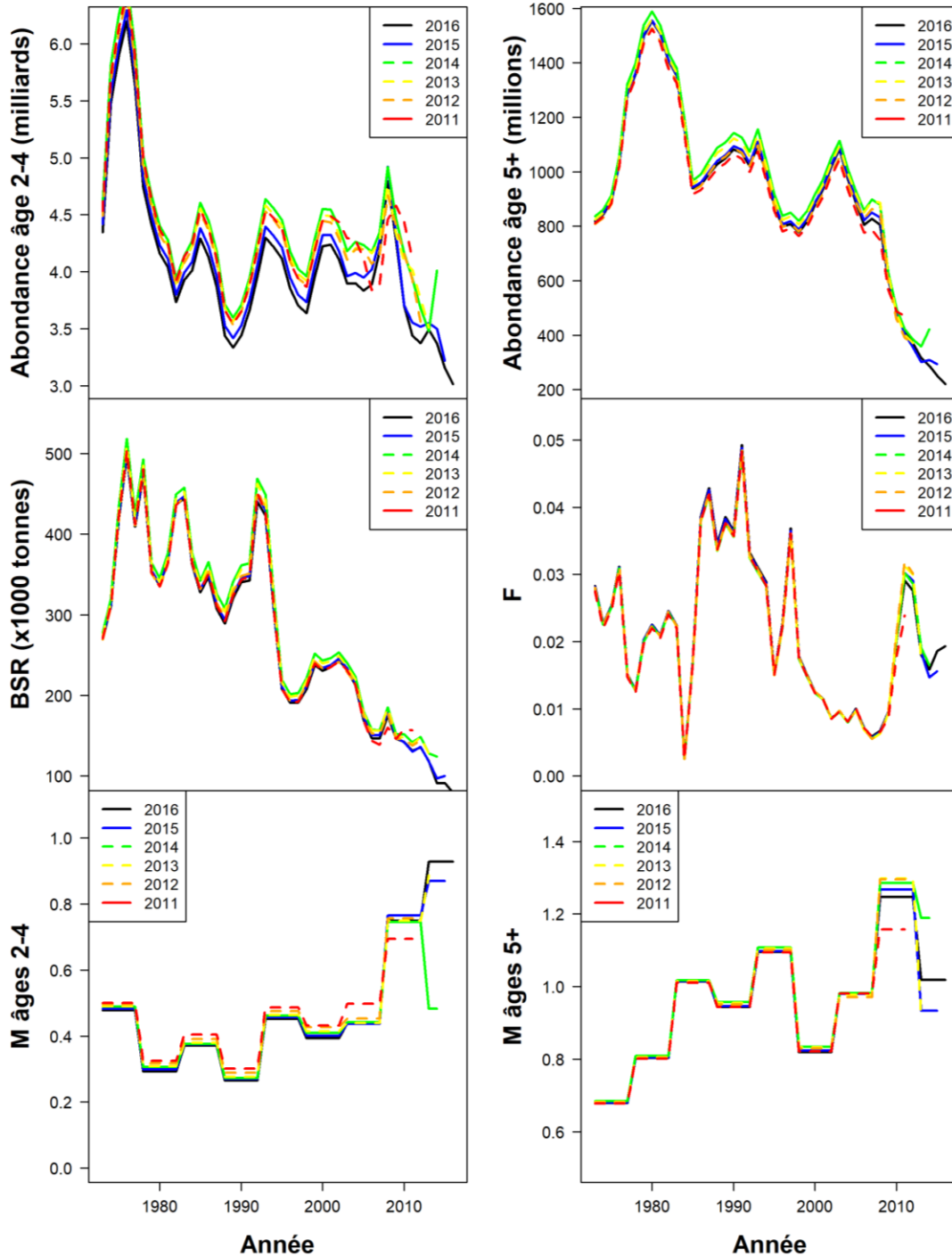


Figure 51. Résumé des analyses rétrospectives des inférences de modèles de populations de la plie rouge concernant l'abondance, de 2 à 4 ans (nombre, graphique supérieur de gauche), l'abondance à partir de 5 ans (nombre; graphique supérieur de droite), la biomasse du stock reproducteur (t; graphique du milieu, à gauche), le taux de mortalité par pêche (F; graphique du milieu, à droite), la mortalité naturelle, de 2 à 4 ans (M; graphique inférieur de gauche) et la mortalité naturelle à partir de 5 ans (M; graphique inférieur de droite) pour les modèles utilisant des données se terminant au cours de la période allant de 2011 à 2016. Les lignes colorées indiquent la dernière année de données incluse dans l'analyse.

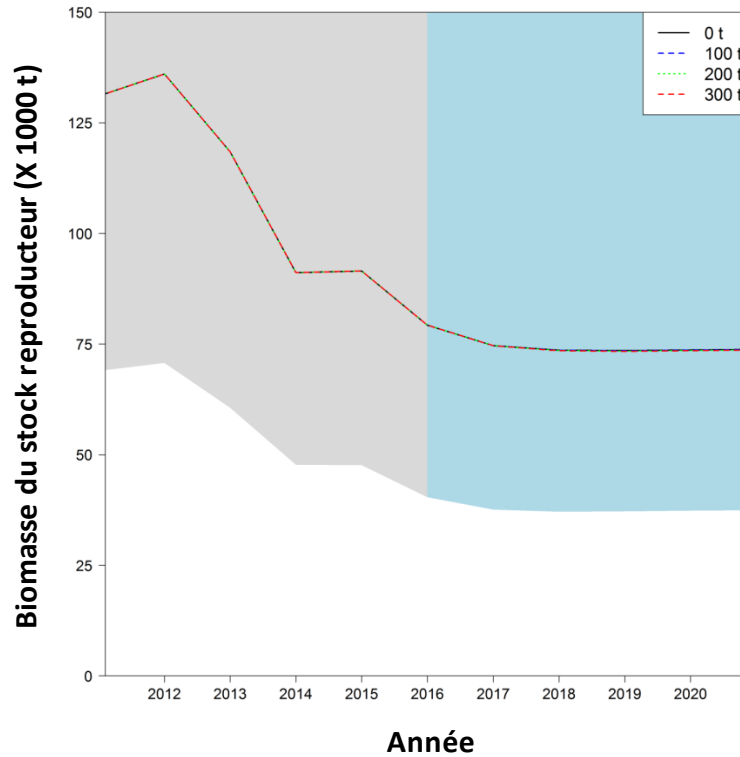


Figure 52. Projection de la biomasse du stock reproducteur (BSR; en milliers de tonnes) de la plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent pour la période allant de 2017 à 2021, pour 4 niveaux de prises annuelles de la pêche (0, 100, 200, 300 tonnes). Les lignes présentent les estimations historiques et prévues (médiane). L'ombrage indique les bandes d'incertitude (écart-type de ± 1) pour la période historique (zones grisées) et la période de projection (zones bleutées) sans aucune prise. On ne perçoit pas de différences dans l'abondance du stock par rapport à l'éventail de niveaux de prises examiné.

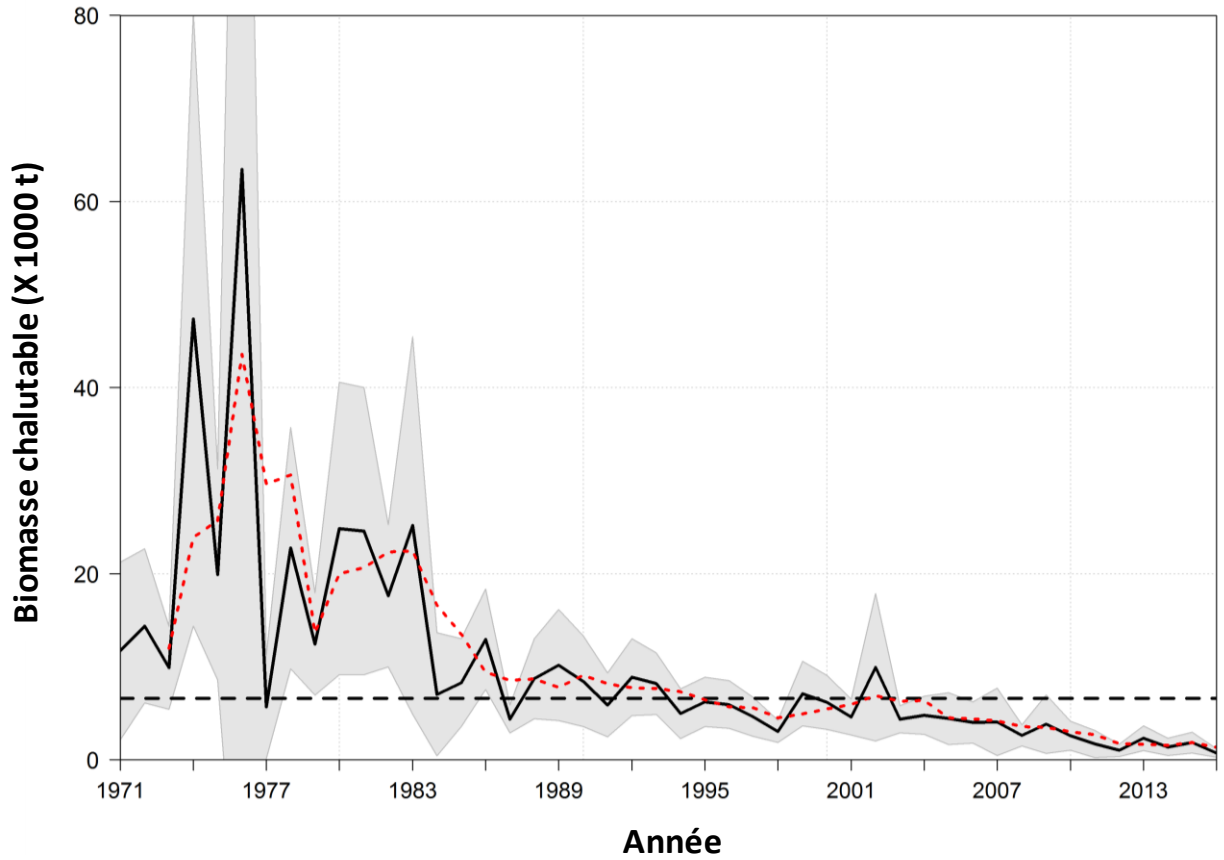


Figure 53. Tendence de l'indicateur de l'état du stock (la ligne noire pleine représente les estimations annuelles ponctuelles; la zone grisée représente la bande de l'intervalle de confiance de 95 % de l'estimation annuelle; la ligne rouge pointillée représente la moyenne mobile sur 3 ans de l'estimation ponctuelle) de plies rouges de taille commerciale (≥ 25 cm) en unités de biomasse chalutable (en milliers de tonnes) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, de 1971 à 2016. La ligne noire pointillée horizontale correspond au point de référence limite remis à l'échelle des unités de biomasse chalutable de plies rouges de taille commerciale (6 609 tonnes).

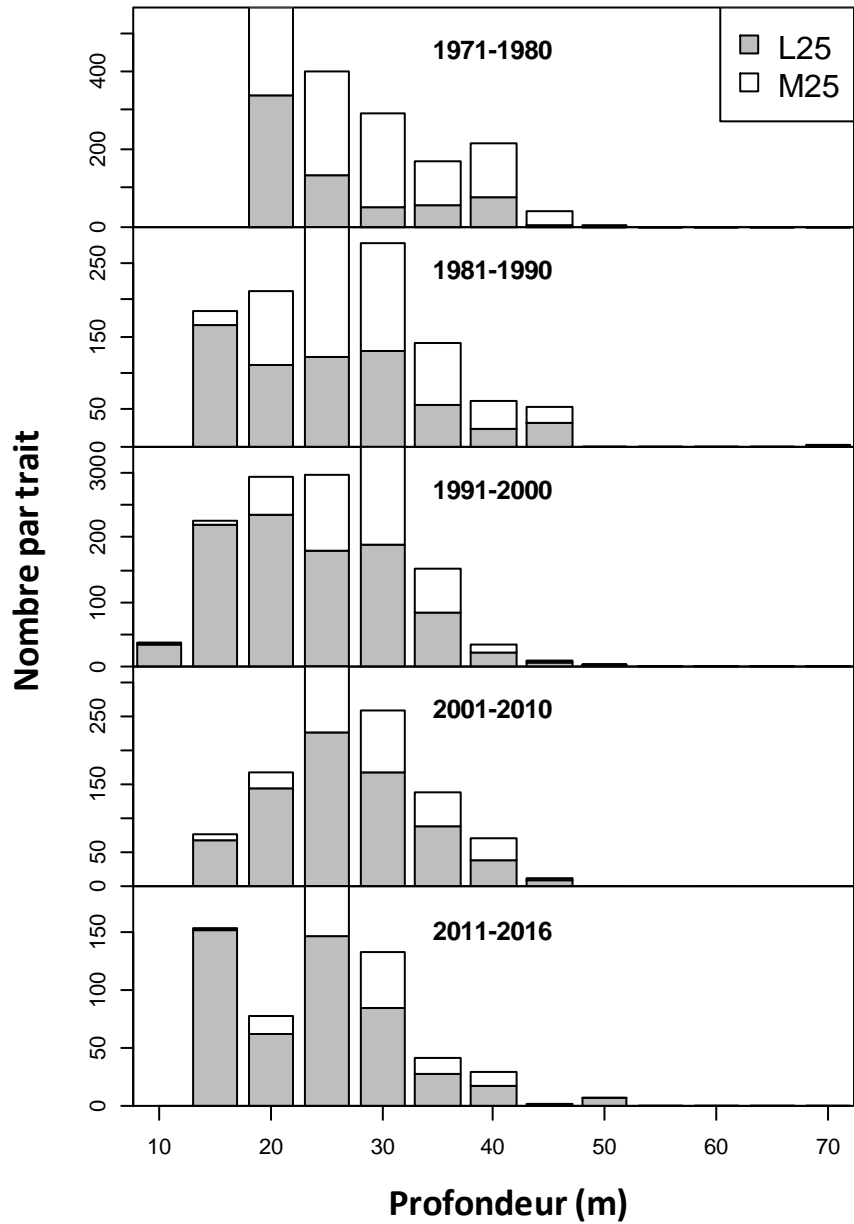


Figure 54. Densités moyennes (nombre par trait) par intervalles de profondeur de 5 mètres de prises normalisées de plie rouge, par groupe de taille (L25 = longueur totale inférieure à 25 cm; M25 = longueur totale supérieure ou égale à 25 cm) d'après le relevé de septembre par NR, par groupe de 10 ans et selon un dernier groupe de 6 ans, de 2011 à 2016. Il convient de noter qu'il y a beaucoup moins d'échantillons à des profondeurs moins importantes (c.-à-d. de 10 à 20 mètres) qu'à des profondeurs plus importantes.