



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2025/043

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Évaluation analytique de l'état du stock de morue franche (*Gadus morhua*) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO en 2021

Varkey, D.¹, Wheeland, L.J.¹, Regular, P.¹, Rideout, R.¹, Kumar, R.¹, Rogers, B.¹, Vigneau, J.²

¹Direction générale des sciences
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1

²IFREMER
Av. du Général de Gaulle, 14520
Port en Bessin, France

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

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

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-77917-1 N° cat. Fs70-5/2025-043F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Varkey, D., Wheeland, L.J., Regular, P., Rideout, R., Kumar, R., Rogers, B. et Vigneau, J. 2025. Évaluation analytique de l'état du stock de morue franche (*Gadus morhua*) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/043. iv + 52 p.

Also available in English :

Varkey, D., Wheeland, L.J., Regular, P., Rideout, R., Kumar, R., Rogers, B., and Vigneau, J. 2025. *Analytical Assessment for the Status of Atlantic Cod (Gadus morhua) Stock in NAFO Subdivision 3Ps in 2021. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/043. iv + 48 p.*

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
DESCRIPTION DU MODÈLE D'ÉVALUATION HYBRIDE	1
DONNÉES D'ENTRÉE.....	2
Débarquements de la pêche (1959 à 2020) et prises selon l'âge (1959 à 2020)	2
Relevé de printemps du MPO-NR (1983 à 2021)	2
Relevé au chalut ERHAPS (1978 à 1991)	2
Relevé au chalut du GEAC (1998 à 2005).....	2
Pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre (1995 à 2020).....	3
Indice de M fondé sur l'état (1978 à 2020).....	3
FORMULATION DU MODÈLE	3
PARAMÉTRAGE DE F – SÉLECTIVITÉ DES PÊCHES VARIABLE DANS LE TEMPS	4
PARAMÉTRAGE DE LA MORTALITÉ NATURELLE (M)	4
VRAISEMBLANCE.....	5
Relevés	5
Prises selon l'âge issues de la pêche	6
Débarquements de la pêche	7
DIAGNOSTICS DU MODÈLE	8
INCIDENCE DES AJUSTEMENTS SUR LA PROPORTION DE POISSONS MATURES SELON L'ÂGE.....	8
RÉSULTATS DU MODÈLE	8
PROJECTIONS DU MODÈLE	10
SOURCES D'INCERTITUDE.....	10
CONCLUSION	10
RÉFÉRENCES CITÉES	11
TABLEAUX	14
FIGURES	31
ANNEXE A – MISE À JOUR 2021 DU MODÈLE SAM.....	37
DESCRIPTION DU MODÈLE SAM.....	37
Données d'entrée et paramétrage	37
Résultats du modèle	37
Projection avec le modèle SAM	38
Tableaux	39
Figures	42
ANNEXE B – DIAGNOSTICS DU MODÈLE.....	47

RÉSUMÉ

Dans le cadre du processus régional d'examen par les pairs de Pêches et Océans Canada (MPO), on a évalué l'état du stock de morue dans la sous-division 3Ps de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) lors d'une réunion tenue du 8 au 12 novembre 2021. On a utilisé un modèle intégré de type espace-état pour évaluer l'état du stock et estimer la mortalité par pêche. Il intègre les prises (de 1959 à 2020), la mortalité naturelle variable dans le temps et étayée par les tendances liées à l'état de la morue franche, les indices d'abondance tirés de relevés au chalut de fond menés par le Canada (de 1983 à 2005, de 2007 à 2020 et 2021), la France (de 1978 à 1991) et des représentants de l'industrie (Conseil des allocations aux entreprises d'exploitation du poisson de fond [GEAC], de 1998 à 2005), de même que les indices normalisés des taux de prise provenant de relevés par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre (de 1995 à 2020).

La biomasse du stock reproducteur (BSR) au 1er janvier 2021 était estimée à 31,5 kt (25,3 kt à 39,5 kt). Selon le cadre de l'approche de précaution établi par le MPO, ce stock se situe dans la zone critique (48 % du B_{lim} [38 à 60 %]). La probabilité qu'il se situe en deçà du B_{lim} est supérieure à 99,9 %. De façon générale, le taux estimé de mortalité par pêche des poissons de 5 à 8 ans a diminué : de 0,16 en 2015 à 0,03 en 2021. La mortalité naturelle a été estimée à 0,34 (âges 5 à 8) en 2021, une baisse par rapport aux valeurs plus élevées des dernières années. Les estimations du recrutement (âge 2) sont inférieures à la moyenne à long terme depuis le milieu des années 1990. Selon plusieurs scénarios de projection des prises, la probabilité que le stock demeure inférieur au B_{lim} entre 2022 et le début de 2024 est supérieure à 99 %. La probabilité de croissance du stock jusqu'en 2024 est de 50 % selon des prélèvements de 3 100 t, de 75 % selon des prélèvements de 1 600 t, et de 93 % selon une absence de prélèvements. La mortalité naturelle joue un rôle important dans les projections pour ce stock. Si les taux de mortalité naturelle sont sensiblement différents des taux utilisés, les résultats des projections différeront des valeurs susmentionnées.

INTRODUCTION

Le présent document indique les résultats de l'évaluation analytique du stock de morue franche (*Gadus morhua*) de 2021 dans la sous-division 3Ps de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), fondée sur un modèle intégré de population structuré par âge qui est « hybride ». Le modèle de population intègre des données scientifiques provenant de relevés au chalut de fond (Canada, 1983 à 2021; France, 1978 à 1992), d'une association industrielle, le GEAC (1997 à 2007), d'un relevé par pêche sentinelle (1995 à 2020) au filet maillant et à la palangre réalisé près de la côte, ainsi que de données sur les débarquements. Les estimations de la mortalité naturelle dans le modèle découlent d'un indice de mortalité fondé sur l'état de la morue (M_c). Le modèle a fourni des estimations de la biomasse, du recrutement, de la mortalité naturelle et par pêche du stock.

DESCRIPTION DU MODÈLE D'ÉVALUATION HYBRIDE

De 2009 à 2018, le stock de morue de la sous-division 3Ps était évalué à l'aide d'un modèle SURBA (évaluation fondée sur des relevés; Cadigan 2010, MPO 2019a) ajusté au relevé par navire de recherche canadien. Une réunion sur le cadre d'évaluation a eu lieu du 8 au 10 octobre 2019. Lors de cette réunion, on a examiné une série de modèles de type état-espace pour évaluer l'état du stock de morue de la sous-division 3Ps. Trois approches de modélisation état-espace différentes ont permis l'élaboration des modèles potentiels : le modèle SAM élaboré par les auteurs de Champagnat *et al.* 2024 à l'aide du progiciel d'évaluation des stocks provenant des documents Nielsen et Berg 2014 et Berg et Nielsen 2016, le modèle 3PsSSAM (modèle d'évaluation de type état-espace pour la morue dans la sous-division 3Ps, Cadigan 2023a), et le modèle d'évaluation état-espace personnalisé HYBRIDE (Varkey *et al.* 2022). On a présenté et examiné plusieurs formulations de modèle s'inscrivant dans chacune de ces approches. L'objectif était d'adopter l'un des modèles potentiels pour évaluer l'état du stock de morue de la sous-division 3Ps.

Lors de la réunion sur le cadre d'évaluation, il a été décidé qu'une formulation de l'approche de modélisation HYBRIDE sera utilisée pour évaluer le stock (Varkey *et al.* 2022). Le modèle HYBRIDE est appelé ainsi parce qu'il utilise diverses fonctions du modèle de type état-espace (principalement l'utilisation d'effets aléatoires pour modéliser les matrices de N et de F) et du modèle d'évaluation de la morue du Nord (Cadigan 2016; principalement l'inclusion de l'opinion d'experts sur la fiabilité des séries chronologiques liées aux débarquements au moyen de la vraisemblance censurée). De plus, le modèle HYBRIDE a recours à la mortalité naturelle variable dans le temps qui est modélisée comme une fonction d'un indice de mortalité fondé sur l'état des poissons mis à l'échelle (Regular 2022; Regular *et al.* 2022). En 2019 et en 2020, on a évalué le stock de morue de la sous-division 3Ps de l'OPANO à l'aide du modèle HYBRIDE.

Ce modèle présente les principales caractéristiques suivantes :

1. l'intégration de tous les relevés disponibles (relevé canadien par navire de recherche, relevé ERHAPS [Évaluation des ressources halieutiques de la région 3PS], relevé au chalut de l'industrie et relevés par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre);
2. deux types de données commerciales : les prises selon l'âge pour lesquelles la composition selon l'âge est ajustée à l'aide des logits du rapport de continuité, et les débarquements de pêche qui sont ajustés à l'aide d'une vraisemblance censurée;
3. un trajet aléatoire normal à plusieurs variables visant à calculer F avec un découplage de l'âge 2 à partir de la corrélation normale à plusieurs variables et une pause dans le trajet aléatoire au moment du moratoire;

-
4. une valeur M variable dans le temps;
 5. une période commençant en 1959, soit la première année pour laquelle des données sur les débarquements sont disponibles. La Figure 1 est une présentation sommaire de la chronologie de toutes les données contribuant à l'évaluation.

DONNÉES D'ENTRÉE

Débarquements de la pêche (1959 à 2020) et prises selon l'âge (1959 à 2020)

Les renseignements sur la pêche et les débarquements sont présentés dans Wheeland *et al.* (sous presse) et les références qui s'y trouvent. Les débarquements totaux (Tableau 1; voir Wheeland *et al.* [sous presse] et les références qui s'y trouvent pour plus de détails sur la série chronologique des débarquements) et l'abondance des prises selon l'âge (Tableau 2) sont saisis dans le modèle.

Relevé de printemps du MPO-NR (1983 à 2021)

Le Canada effectue des relevés au chalut de fond à bord de navires de recherche dans la sous-division 3Ps depuis 1972 (MPO-NR); cependant, la couverture des relevés était faible de 1972 à 1982 (Varkey *et al.* 2024). En 1997, on a intégré au relevé des strates côtières; la série chronologique de 1983 à 1996 découle d'un relevé en zone extracôtière et celle de 1997 à aujourd'hui, d'un relevé en zones extracôtière et côtière (MPO-NR; Figure 1). Les méthodes, les strates et les résultats du relevé sont détaillés dans Wheeland *et al.* (sous presse) et dans les références qui s'y trouvent. L'abondance selon l'âge (nombre moyen par trait) du relevé par navire de recherche est prise en compte dans le modèle HYBRIDE (Tableau 3). Les données du relevé de printemps MPO-NR sont également utilisées pour le calcul de la maturité selon l'âge (Tableau 4). Les données sur le poids selon l'âge du stock en début d'année, utilisées dans le modèle HYBRIDE, sont estimées à partir des données sur le poids moyen selon l'âge des poissons échantillonnés dans le cadre du relevé printanier (Tableau 5) qui sont saisies dans un modèle comprenant une série chronologique (Cadigan 2023b).

Relevé au chalut ERHAPS (1978 à 1991)

La France a mené un relevé de recherche au chalut de fond dans la sous-division 3Ps en février et en mars de 1978 à 1992 (Bishop *et al.* 1994). Le navire utilisé a été remplacé en 1992, et comme il était impossible de convertir les données entre les deux navires océanographiques, le modèle d'évaluation comprend les données de 1978 à 1991 (Tableau 6). Le relevé ERHAPS a utilisé le même plan de stratification que le relevé canadien, mais seules les strates extracôtières ont été échantillonnées. Un chalut à panneaux de type Lofoten était utilisé pendant les heures de clarté afin d'effectuer des traits de 30 minutes, et les données relatives aux strates non échantillonnées étaient estimées à partir d'un modèle multiplicatif fondé sur les résultats du relevé canadien pour ces mêmes strates. De plus amples détails sur ce relevé sont disponibles dans Champagnat et Vigneau (En préparation)¹.

Relevé au chalut du GEAC (1998 à 2005)

Un intervenant de l'industrie a effectué un relevé au chalut de fond de 1997 à 2005 et en 2007 (voir McClintock 2011 et ses références). Ce relevé a également eu recours au plan de

¹ Champagnat J., and Vigneau J. En préparation. ERHAPS: a French survey for cod in 3Ps. IFREMER.

stratification des relevés canadiens et français. Un chalut de type Engel était utilisé, et le cul de chalut ne disposait d'aucune doublure. Les traits duraient 30 minutes. Les données de 1997 et de 2007 ont été exclues du modèle en raison de problèmes liés à la couverture et aux navires, et on a saisi dans le modèle d'évaluation les données de 1998 à 2005 (Tableau 7).

Pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre (1995 à 2020)

Des relevés par pêche sentinelle à engins fixes ont été effectués de 1995 à 2020 sur des sites le long de la côte sud de Terre-Neuve, entre St. Bride's et Burgeo. On utilise principalement des filets maillants dans la baie Placentia, et des palangres sur les sites à l'ouest de la péninsule Burin. La méthodologie de relevé et l'approche de normalisation sont résumées dans Mello *et al.* 2018. Puisque le relevé par pêche sentinelle de 2021 était encore en cours au moment de l'évaluation, les données pour 2021 sont incomplètes et ne figurent pas dans la modélisation présentée ci-après. Dans le cadre de l'évaluation de 2020, on a observé un accroissement marqué de certaines valeurs de l'indice selon l'âge, après quoi un examen du traitement des données et de la normalisation de l'indice de la pêche sentinelle a été effectué. L'examen a permis de relever deux erreurs dans le traitement des données liées à l'application des données sur la détermination de l'âge aux fréquences de longueur du relevé et à l'exclusion des données de certains participants au relevé. Le principal changement découlant de l'examen et de la révision subséquente est la révision à la hausse des indices des âges 9 et 10 du relevé à la palangre pour les années 2015 à 2017 et à la baisse pour les années 2019 et 2020. Les indices normalisés mis à jour figurent dans Mello *et al.* 2022. Les taux de prise selon l'âge normalisés sont saisis dans le modèle d'évaluation pour les âges 3 à 10 à partir de sites fixes dans la série des filets maillants de 5½ po (Tableau 8) et la série des palangres (Tableau 9).

Indice de M fondé sur l'état (1978 à 2020)

Les données d'échantillonnage biologique du relevé de printemps du MPO-NR et des relevés par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre sont utilisées pour générer un indice de mortalité naturelle dérivé de la proportion de morues en mauvais état (voir Varkey *et al.* 2022; Regular 2022, et Regular *et al.* 2022). Cet indice de mortalité naturelle fondé sur l'état est présenté dans le Tableau 10. La série chronologique s'échelonne de 1978 à 2021. Pour les années 1959 à 1977, la moyenne des cinq premières années de l'indice a été utilisée. Cette valeur était de 0,3 lors des réunions précédentes et a été mise à jour à 0,39.

FORMULATION DU MODÈLE

L'équation associée à l'état suit le paramétrage dans le modèle d'évaluation de type état-espace (SAM; Nielsen et Berg 2014; Berg et Nielsen 2016). Les matrices de $\log N$ (log de l'abondance) sont traitées comme des variables aléatoires et représentent l'état sous-jacent non observé. L'âge a dans le modèle va de 2 à 14+, et le groupe plus est représenté par A . Les années (y) dans le modèle vont de 1959 à 2019. Les abondances de la première année (pour les âges 3 à A) sont estimées comme faisant partie de la matrice des variables aléatoires pour $\log N_{a,y}$. Le recrutement (âge 2) est modélisé de manière à suivre un trajet aléatoire avec un écart-type σ_R . L'erreur de processus a une distribution normale avec un écart-type σ_P . La mortalité par pêche ($F_{a,y}$) et la mortalité naturelle ($M_{a,y}$) sont utilisées pour modéliser la décroissance exponentielle de la cohorte.

$$\log N_{2,y} = \log N_{2,y-1} + \eta_{2,y}; \eta_{2,y} \sim N(0, \sigma_R)$$

1

$$\log N_{a,y} = \log N_{a-1,y-1} - F_{a-1,y-1} - M_{a-1,y-1} + \eta_{a,y}; 3 \leq a < A - 1; \eta_{3:A,y} \sim N(0, \sigma_p) \quad 2$$

$$\log N_{A,y} = \log \left(\frac{N_{A,y-1} * \exp(-F_{A,y-1} - M_{A,y-1}) + N_{A-1,y-1} * \exp(-F_{A-1,y-1} - M_{A-1,y-1})}{N_{A-1,y-1} * \exp(-F_{A-1,y-1} - M_{A-1,y-1})} \right) + \eta_{A,y}; A = 14 + \quad 3$$

PARAMÉTRAGE DE F – SÉLECTIVITÉ DES PÊCHES VARIABLE DANS LE TEMPS

Pour tenir compte d'une partie de la dynamique temporelle de la pêche, on a intégré au modèle une sélectivité variable dans le temps. Les principaux engins utilisés lors de la pêche de la morue franche dans la sous-division 3Ps ont varié considérablement au fil du temps; d'une pêche principalement hauturière fortement exploitée par des flottilles non canadiennes dans les années 1960 et au début des années 1970 à une pêche principalement côtière dans les dernières années. Depuis 1997, la plus grande partie du total autorisé des captures (TAC) a été débarquée par des pêcheurs côtiers canadiens utilisant des engins fixes, et le reste des captures proviennent principalement de la flottille hauturière à engins mobiles.

Par conséquent, on a modélisé la matrice $F_{a,y}$ en tant que trajet aléatoire normal à plusieurs variables sur plusieurs années, semblable à la mise en œuvre dans le modèle SAM (Nielsen et Berg 2014). On a ajouté des pauses au trajet aléatoire normal à plusieurs variables au moment du moratoire sur la pêche. En outre, l'écart-type pour l'âge 2 est découplé des âges plus avancés dans la pêche (âges 3+). La corrélation dans les trajets aléatoires entre les âges est rendue possible grâce aux écarts de la normale à plusieurs variables. En ce qui concerne la matrice de covariance des écarts de la normale à plusieurs variables, on adopte un processus autorégressif simple (AR1) pour la corrélation (ρ) de sorte que des groupes d'âge similaires développent des tendances similaires dans la mortalité par pêche.

$$\log(F_{2:A,y}) = \log(F_{2:A,y-1}) + e_{2:A,y}; e_{2:A,y} \sim MVN_{2:A}(0, \Sigma) \quad 4$$

$$\Sigma_{a,\bar{a}} = \rho^{|a-\bar{a}|} \sigma_a^2 \quad 5$$

Chaque élément de Σ est une fonction de l'écart-type du trajet aléatoire et du coefficient de corrélation estimé. Ce paramétrage de F permet une flexibilité de la forme de la fonction de sélectivité sur l'espace bidimensionnel des âges et des années. La sélectivité est calculée comme suit :

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\sum_a F_{a,y}} \quad 6$$

PARAMÉTRAGE DE LA MORTALITÉ NATURELLE (M)

Lorsqu'on ne dispose pas d'information sur la mortalité naturelle, l'hypothèse de base de l'évaluation de stocks halieutiques veut que la mortalité naturelle soit invariable selon l'âge et l'année et qu'on lui attribue souvent une valeur $M = 0,2$ (Hilborn et Liermann 1998). Pour le stock voisin de morue (morue du Nord, divisions 2J3KL), on estime que la valeur de M est supérieure à 0,2 (Cadigan 2016, MPO 2019b). Pour cette raison, la valeur $M = 0,3$ a été choisie comme base. L'analyse des données de marquage de la morue dans la sous-division 3Ps suggère également des valeurs de M supérieures à 0,2; cependant, les données de marquage sont limitées à la période suivant le moratoire (Robertson 2022). Les évaluations précédentes

ont également indiqué un accroissement de la mortalité totale (Ings *et al.* 2019a, Ings *et al.* 2019b).

Le modèle applique la valeur $M_{a,y}$ variable dans le temps, où une tendance fondée sur l'état du poisson est appliquée à un niveau de base M ($M_{base} = 0,3$).

$$M_{a,y} = M_{base} \exp(\delta_{a,y}) \quad 7$$

Le terme $\delta_{a,y}$ est l'estimation associée aux covariables, de sorte que la valeur M résultante suit la tendance de la covariable X_y .

$$\delta_{a,y} = mpar_a * X_y \quad 8$$

Le paramètre $mpar$ est estimé dans le modèle et décrit l'effet sur la covariable X sur M . Des estimations de $mpar$ proches de zéro suggèrent une influence nulle/faible de la covariable sur M , une valeur $mpar$ positive indique que M suit la tendance de la covariable et une valeur $mpar$ négative indique une tendance de M opposée à celle de la covariable. Ici, la covariable X_y est un indice normalisé de Mc , un indice fondé sur l'état de M (Tableau 10).

$$X_y = \frac{Mc_y - \mu_{Mc}}{\sigma_{Mc}} \quad 9$$

Cette mise à l'échelle permet de traiter la covariable comme une anomalie produisant des estimations supérieures ou inférieures à la valeur de référence de M_{base} fournie, de la même manière que la mise à l'échelle de l'anomalie de la température pour la capacité de charge variable dans le temps (Kumar *et al.* 2013). La moyenne (μ_{Mc}) et l'écart-type (σ_{Mc}) sont calculés pour la période de référence de 1978 à 2012; la normalisation de Mc est ainsi fondée sur une période de référence allant de 1978 à 2012. Le paramètre $mpar$ a été estimé à partir de deux groupes d'âge (2 à 5 et 6+, ce qui correspond approximativement aux individus immatures et matures) pour prendre en considération que différents groupes d'âge réagissent différemment aux tendances de l'état des poissons. Dans Kurota *et al.* 2016, on réalise une mise en œuvre similaire de M variable dans le temps pour la population de saumon rouge du lac Kootenay. L'équation finale pour M est la suivante :

$$M_{a,y} = M_{base} \exp \left(mpar_a * \left(\frac{Mc_y - \mu_{Mc}}{\sigma_{Mc}} \right) \right) \quad 10$$

VRAISEMBLANCE

Relevés

On a ajusté le modèle à cinq relevés :

1. le relevé par navire de recherche du MPO;
2. le relevé ERHAPS français,
3. le relevé du GEAC;
4. le relevé par pêche sentinelle au filet maillant;
5. le relevé par pêche sentinelle à la palangre.

$I_{a,y,s}$ représente l'indice prévu selon l'âge dans le relevé s , $ts*Z$ (où le taux instantané de mortalité totale $Z = F + M$) représente un ajustement à la mortalité totale pour tenir compte du moment du relevé dans l'année (p. ex., $ts = 0,5$ pour un relevé en juin; l'année du modèle est de janvier à décembre, bien que l'année de gestion soit d'avril à mars). L'écart-type de l'erreur d'observation $\sigma_{ag,s}$ peut être estimé séparément selon le groupe d'âge ag et le relevé s .

$$\log \hat{I}_{a,y,s} = \log q_{a,s} + \log N_{a,y} - ts_{y,s} * Z_{a,y} + e_{a,y,s}; e_{a,y,s} \sim N(0, \sigma_{ag,s}) \quad 11$$

Le relevé par navire de recherche du MPO fournit des enregistrements annuels (sauf en 2006 et en 2020) du nombre moyen par trait tout au long de la série chronologique, mais le moment du relevé a changé au début des années 1990, et les strates côtières ont été ajoutées en même temps que la réouverture de la pêche en 1997. Nous utilisons un ajustement côtier-extracôtier (compensation pour q) qui n'est appliqué qu'aux poissons âgés de 8 ans et plus. La fraction moyenne de poissons d'âge 8 et plus dans la zone côtière était inférieure à 5 % dans l'indice combiné côtier-extracôtier du relevé par navire de recherche du MPO. La capturabilité des poissons âgés de 2 à 7 ans est estimée indépendamment pour le relevé extracôtier et le relevé côtier. Pour les poissons d'âge 8 et plus, leur capturabilité dans le cadre du relevé extracôtier est calculée comme celle du relevé côtier et comprend une compensation. La compensation pour q selon l'âge est calculée comme le rapport logarithmique de l'indice selon l'âge moyen (médian) pour la région combinée côtière-extracôtier comparativement au même rapport pour la région extracôtier. Une comparaison de plusieurs approches concernant l'ajustement en fonction de l'ajout de strates côtières et l'estimation de la capturabilité pour la série des relevés par navire de recherche a été explorée dans Varkey *et al.* 2022. L'ajustement choisi entraîne le plus petit nombre d'hypothèses nécessaires concernant le ratio des poissons présents dans la zone côtière par rapport à la zone extracôtier, et repose sur le meilleur rendement dans les analyses rétrospectives (Varkey *et al.* 2022).

$$\log q_{8:A DFO RV OFF 1983:1996} = \log q_{8 DFO RV IO 1997:2018} + \log q_{offset 8:A} \quad 12$$

$$\log q_{offset 8:A} = median \left[-\log \left(\frac{I_{DFO RV IO 8:A}}{I_{DFO RV OFF 8:A}} \right) \right] \quad 13$$

Prises selon l'âge issues de la pêche

Les prises sont prédites à l'aide de l'équation de Baranov :

$$\hat{C}_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-Z_{a,y}))^{F_{a,y}} / Z_{a,y} \quad 14$$

Dans le cadre de l'ajustement du modèle, on a ajusté séparément l'information sur la composition selon l'âge (issue des données sur les prises selon l'âge) et l'ampleur du poids total des débarquements. Les logits du rapport de continuité (Cadigan 2016) sont la transformation logit de la probabilité conditionnelle $\pi_{a,y}$ des proportions selon l'âge $P_{a,y}$ pour une année donnée.

$$\hat{P}_{a,y} = \frac{\hat{C}_{a,y}}{\sum_2^A \hat{C}_{a,y}} \quad 15$$

$$\pi_{a,y} = \text{Prob}(\text{age} = a | \text{age} \geq a) = \frac{\hat{p}_{a,y}}{\sum_a^A \hat{p}_{a,y}} \quad 2 \leq a \leq A \quad 16$$

$$\hat{X}_{a,y} = \log\left(\frac{\pi_{a,y}}{1 - \pi_{a,y}}\right) \quad 2 \leq a \leq A - 1 \quad 17$$

Les logits du rapport de continuité observés $X_{a,y}$ sont calculés de manière similaire à partir des proportions selon l'âge dans les données sur les prises selon l'âge observées. Lorsque les prises selon l'âge observées équivalent à zéro, elles sont remplacées par la valeur minimale des prises selon l'âge observées. Les logits du rapport de continuité sont ajustés au moyen d'une vraisemblance normale.

$$X_{a,y} = \hat{X}_{a,y} + \epsilon_{a,y} \quad \epsilon_{a,y} \sim N(0, \sigma_c) \quad 18$$

Les écarts-types de l'ajustement aux logits du rapport de continuité sont estimés séparément pour les groupes d'âge 2, 3 à 4, 5 à 8 et 9+. La décision était fondée sur la comparaison du rendement de plusieurs modèles dans le contexte du cadre d'évaluation (Varkey *et al.* 2022).

Débarquements de la pêche

On a appliqué une vraisemblance censurée aux séries chronologiques des débarquements, de manière similaire à ce qui est présenté dans Cadigan 2016. La vraisemblance censurée permet d'établir des limites inférieure et supérieure pour les données sur les débarquements et, par conséquent, de tenir compte de l'incertitude liée aux débarquements dans le processus d'estimation. LB_y et UB_y représentent les limites inférieure et supérieure des débarquements pour une année donnée, $L_{obs\ 1:Y}$ représente les séries chronologiques des débarquements déclarés, et L_y représente les débarquements prévus pour l'année. Φ_N est la fonction de distribution cumulative d'une variable aléatoire $N(0,1)$, et σ_L est fixé à 0,02 pour veiller à ce qu'il soit improbable que les débarquements prédits soient estimés en dehors des limites données (Cadigan 2016).

$$l(L_{obs\ 1:Y} | \theta) = \sum_{y=1}^Y \log \left\{ \Phi_N \left[\frac{\log(UB_y/L_y)}{\sigma_L} \right] - \Phi_N \left[\frac{\log(LB_y/L_y)}{\sigma_L} \right] \right\} \quad 1 \leq y \leq Y \quad 19$$

Lors de la réunion portant sur le cadre d'évaluation tenue en octobre 2019, l'historique de la pêche et les programmes de surveillance connexes ont été présentés (Carruthers et Ings, communication personnelle). Les renseignements présentés ont confirmé qu'à différentes périodes, les données disponibles sur les débarquements pourraient être biaisées à la hausse ou à la baisse. Par exemple, il n'est pas certain que les prises des flottilles étrangères aient été déclarées avec exactitude avant la mise en œuvre de la zone économique exclusive (ZEE) canadienne. De même, il y a une incertitude considérable associée à la période de négociation des quotas entre le Canada et la France (1987 à 1989). Bien que le stock ait fait l'objet d'un moratoire de 1993 à 1996, les prises accessoires au cours de ces années comportent une incertitude. Les renseignements tirés d'entrevues avec des pêcheurs actuels et à la retraite (Carruthers et Ings, communication personnelle) donnent à penser que les cas de rejet et de prédation pourraient avoir entraîné une sous-déclaration après la réouverture de la pêche en 1997, et ce, jusqu'au début des années 2000.

La discussion subséquente tenue lors de la réunion sur le cadre (en octobre 2019) a servi à déterminer les limites inférieure et supérieure mises à jour pour représenter la compréhension actuelle de l'incertitude associée aux débarquements (Tableau 1, Figure 2).

DIAGNOSTICS DU MODÈLE

Comme pour les ajustements du modèle lors de l'évaluation précédente, les prévisions du modèle concernant les recrues (poissons d'âge 2) dans le cadre du relevé par navire de recherche sont inférieures aux indices observés (Figure B1.). Les ajustements aux groupes d'âge 5 et plus sont bons. Les tracés de l'erreur associés aux données des relevés par navire de recherche montrent que le modèle ne présente pas d'effets majeurs sur l'année ou l'âge, mais présente des effets récents sur la cohorte (Figure B2.). Le modèle est mieux ajusté aux indices associés aux âges plus jeunes issus des relevés par pêche sentinelle à la palangre et au filet maillant qu'à ceux des relevés par navire de recherche. (Figure B4.). Les indices des dernières années issus du relevé par pêche sentinelle à la palangre montrent d'importantes augmentations dans les âges plus avancés. Par exemple, les indices pour les âges 8, 9 et 10 se rapprochent du sommet de la série chronologique. Les indices issus du relevé par pêche sentinelle au filet maillant présentent également une augmentation pour les âges 9 et 10. Les prévisions du modèle suivent l'augmentation, mais pas au même rythme que les indices. On l'observe dans la récente tendance à la hausse de la ligne moyenne des résidus normalisés représentés par rapport à l'année (Figure B5.). Les tracés de l'erreur pour la série de relevés par pêche sentinelle au filet maillant montrent clairement les effets de l'année dans la première partie de la série chronologique (Figure B6), ce qui coïncide avec la première phase du programme de pêche sentinelle qui a été lancée tandis que la pêche faisait l'objet d'un moratoire. Lors de la réouverture de la pêche, le TAC était de 10, 20 et 30 kt en 1997, 1998 et 1999, respectivement. Les ajustements du modèle aux relevés français et du GEAC sont présentés dans les figures B7 et B8.

INCIDENCE DES AJUSTEMENTS SUR LA PROPORTION DE POISSONS MATURES SELON L'ÂGE

Une erreur de calcul a été trouvée dans le calcul de la proportion de poissons matures selon l'âge dérivée des données du relevé par navire de recherche du MPO et utilisée dans l'évaluation de 2019. Cette erreur a été corrigée et des valeurs mises à jour ont été présentées lors de l'évaluation de 2021.

Les différences dans les estimations du pourcentage d'individus matures selon l'âge attribuables à l'erreur de calcul sont présentées à la Figure 3. La plupart des différences étaient bien inférieures à 1 % et sans conséquence pour les analyses ultérieures. Quelques différences étaient marquées, en particulier pour les âges 4 à 6; les nouvelles estimations varient entre - 6 % et +14 % par rapport aux estimations précédentes. Les estimations de la BSR fondées sur les valeurs précédentes et nouvelles de la maturité selon l'âge ne laissent entrevoir aucun effet significatif de l'erreur de calcul sur les estimations ou les tendances de la taille du stock (Figure 4); les différences annuelles varient de 0 à 2,9 %.

RÉSULTATS DU MODÈLE

Les résultats du modèle montrent que la BSR a diminué à partir du début de la série chronologique en 1959 (234 kt) pour atteindre des valeurs proches du point de référence limite (PRL) au milieu des années 1970 (Figure 5; Tableau 11). La BSR a par la suite augmenté, atteignant un poids de plus de 100 kt entre 1981 et 1988, avant de décliner de façon continue jusqu'à 40 kt en 1993. De 1991 à 1994, la BSR était inférieure au PRL. La BSR a commencé à

augmenter après le début du moratoire (1993), mais elle a connu un autre déclin en 1999. De 2001 à 2006, environ, la BSR était relativement stable, à des valeurs se situant tout juste en dessous du PRL. La BSR a diminué au milieu des années 2000 et se situe à un niveau faible et stable (près de 30 kt) depuis 2009. La BSR estimée pour le début de l'année 2021 était de 32 kt (IC à 95 % = 24 à 42 kt). Cette estimation se situe à la limite supérieure de la plage projetée lors de la dernière évaluation (projection de 2021 = médiane de 25 kt, plage de 18 à 35 kt). Avec des prises présumées de 1 346 t pour l'année civile 2021, on estime qu'au début de l'année 2022 la BSR sera de 31,5 kt (48 % du PRL).

Le recrutement (Figure 6; Tableau 12) a atteint un sommet en 1965-1966 avec approximativement 200 millions de poissons d'âge 2, puis a généralement diminué jusqu'à la fin des années 1970, où la population comptait environ 50 millions de morues d'âge 2. Durant la majeure partie des années 1980, le recrutement a varié entre 70 et 150 millions de poissons. Il a été généralement faible à partir de 1993, entre 25 et 40 millions de poissons, et comprend des valeurs particulièrement basses (~ 9 millions) en 2016-2017. Les niveaux de recrutement ont augmenté depuis, atteignant près de 25 millions en 2021.

Le modèle d'évaluation fournit des estimations de la mortalité par pêche (F) et de la mortalité naturelle (M). Le taux estimé de mortalité par pêche des poissons d'âge 5 à 8 a généralement augmenté entre 1959 ($F = 0,23$) et le milieu des années 1970 (atteignant un sommet à 0,41 en 1975) – ce qui a mené à l'élargissement de la zone réglementée en 1977 – avant de diminuer rapidement pour s'établir à environ 0,28 et demeurer à des valeurs similaires jusqu'au milieu des années 1980 (Figure 7; Tableau 13). Les estimations de la mortalité par pêche ont généralement augmenté à nouveau jusqu'au moratoire de 1993. La valeur moyenne de F était proche de zéro ($< 0,02$) pendant le moratoire (de 1993 à 1997) lorsque les prélèvements étaient uniquement des prises accessoires. Le taux estimé de la mortalité moyenne par pêche des poissons d'âge 5 à 8 a diminué de 0,15 en 2017 à 0,05 en 2020. Les âges 5 à 8 sont généralement les âges dominants dans la pêche, et la valeur F moyenne pour cette tranche d'âge est de 0,03. Cependant, en 2020, les prises selon l'âge étaient dominées par les individus d'âge 9+ (environ 45 % selon le poids), ce qui découle de la prédominance d'une seule classe d'âge (2011) dans la population et la pêche. La valeur de F pour l'âge 9+ en 2021 est estimée à 0,07.

De façon générale, la valeur M a été proche de 0,33 de 1959 à 1980, puis a diminué pour atteindre près de 0,27 au début des années 2000. Cette valeur a par la suite augmenté considérablement, et les estimations au cours des 10 dernières années (2012 à 2021) se situaient en moyenne à près de 0,37, atteignant un sommet dans le cadre des séries chronologiques à 0,41 en 2019 (Figure 8). La valeur de M en 2021 est estimée à 0,34.

Tendances rétrospectives : en raison de la forte augmentation des indices des âges plus avancés issus des relevés par pêche sentinelle, le modèle présente une augmentation des estimations des paramètres de capturabilité pour les relevés par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre par rapport aux estimations des évaluations précédentes (Figure 10). Les paramètres de capturabilité pour les autres relevés n'ont pas beaucoup changé entre l'évaluation de 2020 et celle de 2021 (Figure 9). Les tendances rétrospectives des deux évaluations précédentes montrent une révision positive des estimations de la BSR. La principale cause de la révision est le changement dans les tendances des indices issus des relevés par pêche sentinelle d'une année à l'autre. Les indices issus des relevés par pêche sentinelle de 2018, qui ont été utilisés dans l'évaluation de 2019, étaient les valeurs les plus faibles de la série chronologique pour les âges 3, 4 et 5. En 2019, les valeurs de l'indice étaient relativement élevées pour les âges plus avancés par rapport aux indices de 2018. Un autre facteur expliquant la révision des estimations est la mise à jour de l'indice de M fondé sur l'état entre l'évaluation de 2019 et les évaluations subséquentes.

PROJECTIONS DU MODÈLE

Le modèle génère des projections selon les hypothèses suivantes :

1. le poids des prises selon l'âge, le poids du stock selon l'âge, la sélectivité, les indices de M fondés sur l'état et le recrutement sont la moyenne des valeurs respectives de 2019 à 2021;
2. la maturité est la maturité projetée pour les années 2022 à 2024 selon le modèle de maturité fondé sur la cohorte;
3. on a supposé que le poids des prises pour 2021 était de 1 346 t.

La projection du stock jusqu'en 2024 est fondée sur des scénarios hypothétiques d'exploitation de la pêche équivalant à 0, à 0,5, à 1,0, à 1,5 et à 1,75 fois le total présumé des prises de 1 346 t. Un scénario d'exploitation supplémentaire a été pris en compte lors de la réunion, équivalant à 2,3 fois le total présumé des prises. Selon ces scénarios, il y a une forte probabilité (> 99 %) que le stock demeure inférieur à la valeur B_{lim} entre 2022 et le début de 2024 (tableau 12). Des prélèvements de 3 096 t entraînent une probabilité de 50 % associée à la croissance de la BSR projetée du début de l'année 2022 à 2024, et des prélèvements de 1 346 t, une probabilité de 79 % (tableau 12). Lorsqu'il n'y a pas de prélèvements, la probabilité d'une trajectoire de croissance du stock positive à partir de 2022 est de 93 % (c.-à-d. qu'aucun des scénarios ne donne une probabilité de 95 %).

SOURCES D'INCERTITUDE

Les indices issus du relevé par pêche sentinelle à la palangre de 2018 étaient à leur plus bas niveau des séries chronologiques pour les âges 3 à 5 tandis que les indices de 2019 étaient comparativement beaucoup plus élevés pour plusieurs groupes d'âge. L'augmentation de l'indice, en particulier pour les âges plus avancés, a conduit à la révision des trajectoires pendant plusieurs années pour ces cohortes. L'inclusion des données de la pêche sentinelle de 2019 a mené à une révision à la hausse de l'état du stock. L'examen et la révision des indices issus de la pêche sentinelle de 2019 ont entraîné la diminution de certains des indices pour les âges plus avancés. Les indices issus de la pêche sentinelle de 2020 continuent d'être élevés pour plusieurs des âges plus avancés. Bien que cet indice ne couvre qu'une petite partie du stock, il montre une bonne cohérence interne; c'est pourquoi le modèle est sensible à l'indice issu du relevé par pêche sentinelle à la palangre. À l'inverse, le relevé par navire de recherche du MPO couvre la plus grande partie de la zone du stock, mais présente moins de cohérence interne. Le modèle sous-estime l'indice pour les jeunes âges dans la cadre du relevé par navire de recherche du MPO au cours de la période suivant 2010, principalement parce que le modèle est mieux ajusté aux indices associés aux âges plus jeunes issus des relevés par pêche sentinelle à la palangre et au filet maillant qu'à ceux des relevés par navire de recherche. Le modèle s'ajuste cependant bien à toutes les autres classes d'âge (6 à 14+ ans) du relevé par navire de recherche du MPO, ainsi qu'à toutes les classes d'âge des autres relevés, de même qu'aux prises selon l'âge. Cette question est une source d'incertitude qui nécessite des recherches supplémentaires.

CONCLUSION

L'état du stock de morue franche de la sous-division 3Ps a été évalué à l'aide d'un modèle intégré de type état-espace qui comprend plusieurs relevés; les relevés par navire de recherche du MPO et par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre sont en cours. Cependant, le relevé par navire de recherche du MPO n'a pas eu lieu au printemps 2020. La mortalité

naturelle variable dans le temps du stock est modélisée de manière à suivre les tendances grâce à un indice fondé sur l'état de la morue issu de ces deux relevés.

La mortalité naturelle chez les poissons de 5 à 8 ans était élevée au cours de la dernière décennie, avec une moyenne de 0,37 de 2012 à 2021. En 2021, la mortalité naturelle estimée est de 0,34. Le taux estimé de mortalité par pêche des poissons de 5 à 8 ans a diminué de 0,15 en 2017 à 0,03 en 2021. La mortalité naturelle joue un rôle important dans les projections pour ce stock. Si les taux de mortalité naturelle sont sensiblement différents des taux utilisés, les résultats des projections différeront des valeurs susmentionnées.

Les estimations du recrutement (poissons d'âge 2) ont atteint un creux de la série chronologique à environ 9 millions de poissons en 2016-2017, mais elles présentent un accroissement depuis. En 2021, le recrutement est estimé à environ 25 millions de poissons, ce qui équivaut au recrutement moyen depuis 1993, mais reste bien inférieur à la moyenne de la série chronologique de 74 millions de poissons.

En supposant des prises de 1 346 t en 2021, la BSR projetée au début de 2022 est de 31,5 kt (25,3 kt à 39,5 kt), ce qui signifie que le stock se trouve dans la zone critique (48 % du PRL [38-60 %]) selon le cadre de l'approche de précaution du MPO. Selon les projections du modèle, la probabilité que le stock soit inférieur au PRL en 2023 et en 2024 est supérieure à 99,9 %, et elle est inférieure au PRL depuis le début des années 2000.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Berg, C.W., and Nielsen, A. 2016. [Accounting for correlated observations in an age-based state-space stock assessment model](#). ICES J. Mar. Sci. 73(7): 1788–1797.
- Bishop, C.A., Murphy, E.F., and Davis, M.B. 1994. [An assessment of the cod stock in NAFO Subdivision 3Ps](#). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 1994/033. 33 p.
- Cadigan, N. 2010. [Trends in Northwest Atlantic Fisheries Organization \(NAFO\) Subdivision 3Ps Cod \(*Gadus morhua*\) stock size based on a separable total mortality model and the Fisheries and Oceans Canada Research Vessel survey index](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/015. iv + 43 p.
- Cadigan, N.G. 2016. [A state-space stock assessment model for northern cod, including under-reported catches and variable natural mortality rates](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 73(2): 296–308.
- Cadigan, N. 2023a. [Un modèle espace-état pour l'évaluation des stocks de morue de la sous-division 3Ps](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/017. iv + 71 p.
- Cadigan, N. 2023b. [Un modèle à effets mixtes simple pour lisser et extrapoler les poids selon l'âge pour la morue présente dans la sous-division 3Ps](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/024. iv + 50 p.
- Champagnat, J., Vigneau, J., Varkey, D.A., Regular, P., Ings, D.W., Babyn, J., et Morgan, J. 2024. [Élaboration d'un modèle à espace d'état pour l'évaluation du stock de morue \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/015. iv + 106 p.
- Hilborn, R., and Liermann, M. 1998. Standing on the Shoulders of Giants: Learning from Experience in Fisheries. Rev. Fish Biol. Fish. 8: 273–283.
- Ings, D.W., Rideout, R.M., Rogers, R., Healey, B.P., Morgan, M.J., Robertson, G.J., et Vigneau, J. 2019a. [Évaluation de l'état du stock de morue \(*Gadus morhua*\) de la sous-division 3Ps de l'OPANO en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/069. iv + 79 p.

-
- Ings, D.W., Rideout, R.M., Wheeland, L., Healey, B. P., Morgan, M.J., Regular, P. et J. Vigneau. 2019b. [Évaluation de l'état du stock de morue \(*Gadus morhua*\) de la sous-division 3Ps de l'OPANO en 2017](#). Doc. de rech. du Secr. can. de consult. sci. du MPO 2019/024. iv + 86 p.
- Kumar, R., Martell, S.M., Pitcher, T.J., Varkey, D.A. 2013. Temperature-driven decline of a cisco population in Mille Lacs Lake, Minnesota. *North Am. J. Fish. Manage.* 33: 669–681.
- Kurota, H., McAllister, M.K., Parkinson, E.A., and Johnston, N.T. 2016. [Evaluating the influence of predator–prey interactions on stock assessment and management reference points for a large lake ecosystem](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 73(9): 1372–1388.
- McClintock, J. 2011. [The fall 2007 NAFO Subdivision 3Ps GEAC survey: Catch results for Atlantic cod \(*Gadus morhua*\), American plaice \(*Hippoglossoides platessoides* F.\), witch flounder \(*Glyptocephalus cynoglossus* L.\)*, and haddock \(*Melanogrammus aeglefinus*\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/056. iv + 37 p. (*Erratum: July 2011)
- Mello, L.G.S., Miri, C.M., Maddock-Parsons, D., Rockwood, H., et Simpson, M.R. 2018. [Relevés des pêches sentinelles 1995-2016 – Taux de prise et données biologiques pour la morue franche \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2018/033. iv + 26 p.
- Mello, L.G.S., Simpson, M.R. et Maddock Parsons, D. 2022. [Relevés de pêche sentinelle 1995-2021 — Taux de prises et données biologiques pour la morue franche \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/074. iv + 36 p.
- MPO. 2019a. [Évaluation du stock de morue dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/009.
- MPO. 2019b. [Évaluation du stock de morue du nord \(divisions 2J3KL de l'OPANO\) en 2019](#). secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/050.
- Nielsen, A., and Berg, C.W. 2014. [Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models](#). *Fish. Res.* 158: 96–101.
- Regular, P. 2022. Mortalité naturelle fondée sur la condition des poissons. Annexe C dans Varkey, D.A., J. Babyn, P. Regular, D.W. Ings, R. Kumar, B. Rogers, J. Champagnat et M.J. Morgan. 2022. [Un modèle état-espace pour l'évaluation du stock de morue \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/022. vi + 81 p.
- Regular, P.M., Buren, A.D., Dwyer, K.S., Cadigan, N.G., Gregory, R.S., Koen-Alonso, M., Rideout, R.M., Robertson, G.J., Robertson, M.D., Stenson, G.B. Wheeland, L.J., and Zhang, F. 2022. [Indexing starvation mortality to assess its role in the population regulation of Northern cod](#). *Fish. Res.* 247: 106180.
- Robertson, G. 2022. Analyse de la mortalité naturelle fondée sur le marquage. Annexe B dans Varkey, D.A., J. Babyn, P. Regular, D.W. Ings, R. Kumar, B. Rogers, J. Champagnat et M.J. Morgan. 2022. [Un modèle état-espace pour l'évaluation du stock de morue \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/022. vi + 81 p.
- Varkey, D.A., J. Babyn, P. Regular, D.W. Ings, R. Kumar, B. Rogers, J. Champagnat et M.J. Morgan. 2022. [Un modèle état-espace pour l'évaluation du stock de morue \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/022. vi + 81 p.
-

Varkey, D.A., Ings, D.W., Champagnat, J., Penney, H., Rogers, B., Robertson, G., Regular, P.M., and Novaczek, E. 2024. Report of the data-review meeting in preparation for the assessment framework of 3Ps Cod stock in southern Newfoundland. Can. Data. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1381: x + 56 p.

Wheeland, L.J., Hatefi, F., Novaczek, E., Perreault, A., Rideout, R. et Rogers, B. 2025. [Mise à jour des renseignements sur les prises et les relevés relatifs au stock de morue franche \(*Gadus morhua*\) de la sous-division 3Ps de l'OPANO jusqu'en 2023](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/047. iv + 50 p.

TABLEAUX

Tableau 1. Débarquements totaux et limites inférieure et supérieure (en tonnes). Les limites inférieure et supérieure ont été déterminées en fonction de multiplicateurs propres à différentes périodes de pêche (Figure 2).

Année	Débarquements (t)	Limite inférieure	Limite supérieure
1959	60 170	54 153	78 221
1960	77 285	69 557	100 471
1961	86 824	78 142	112 871
1962	55 239	49 715	718,11
1963	51 821	46 639	67 367
1964	56 567	50 910	73 537
1965	51 853	46 668	67 409
1966	66 207	59 586	86 069
1967	62 774	56 497	81 606
1968	77 556	69 800	100 823
1969	63 799	57 419	82 939
1970	76 858	69 172	99 915
1971	62 448	56 203	81 182
1972	44 213	39 792	57 477
1973	52 641	47 377	68 433
1974	46 712	42 041	60 726
1975	35 373	31 836	45 985
1976	37 133	25 993	48 273
1977	32 245	22 572	41 919
1978	27 221	24 499	35 387
1979	33 006	29 705	42 908
1980	37 568	33 811	48 838
1981	38 892	35 003	50 560
1982	33 902	30 512	44 073
1983	38 451	34 606	49 986
1984	36 950	33 255	48 035
1985	51 367	46 230	66 777
1986	57 990	52 191	75 387
1987	59 204	29 602	88 806
1988	43 382	21 691	65 073
1989	39 540	19 770	59 310
1990	41 405	20 703	62 108
1991	43 589	21 795	65 384
1992	35 895	17 948	53 843
1993	15 216	7 608	22 824
1994	661	654	859
1995	821	813	1 067

Année	Débarquements (t)	Limite inférieure	Limite supérieure
1996	1 057	1 046	1 374
1997	9 420	9 326	12 246
1998	20 156	19 955	26 203
1999	27 997	27 717	36 397
2000	25 100	24 849	32 630
2001	16 546	16 380	21 509
2002	15 319	15 166	19 915
2003	15 260	15 108	19 838
2004	14 414	14 270	18 738
2005	14 776	14 628	19 208
2006	13 157	13 026	17 105
2007	12 959	12 829	16 847
2008	11 773	11 655	15 305
2009	9 762	9 664	12 691
2010	8 299	8 216	9 129
2011	6 876	6 807	7 563
2012	5 087	5 036	5 596
2013	4 366	4 322	4 803
2014	6 887	6 818	7 576
2015	6 460	6 395	7 106
2016	7 246	7 173	7 970
2017	6 641	6 574	7 305
2018	4 737	4 690	5 211
2019	3 528	3 493	3 881
2020	2 228	2 206	2 451
2021	1 346	1 333	1 481

Tableau 2. Nombres de poissons selon l'âge (en milliers) pour la pêche commerciale de la morue dans la sous-division 3Ps de l'OPANO de 1959 à 2020.

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1959	1 001	13 940	7 525	7 265	4 875	942	1 252	1 260	631	545	44	1
1960	567	5 496	23 704	6 714	3 476	3 484	1 020	827	406	407	283	110
1961	450	5 586	10 357	15 960	3 616	4 680	1 849	1 376	446	265	560	91
1962	1 245	6 749	9 003	4 533	5 715	1 367	791	571	187	140	135	389
1963	961	4 499	7 091	5 275	2 527	3 030	898	292	143	99	107	284
1964	1 906	5 785	5 635	5 179	2 945	1 881	1 891	652	339	329	54	233
1965	2 314	9 636	5 799	3 609	3 254	2 055	1 218	1 033	327	68	122	165
1966	949	13 662	13 065	4 621	5 119	1 586	1 833	1 039	517	389	32	75
1967	2 871	10 913	12 900	6 392	2 349	1 364	604	316	380	95	149	55
1968	1 143	12 602	13 135	5 853	3 572	1 308	549	425	222	111	5	506
1969	774	7 098	11 585	7 178	4 554	1 757	792	717	61	120	67	220
1970	756	8 114	12 916	9 763	6 374	2 456	730	214	178	77	121	181
1971	2 884	6 444	8 574	7 266	8 218	3 131	1 275	541	85	125	62	57
1972	731	4 944	4 591	3 552	4 603	2 636	833	463	205	117	48	45
1973	945	4 707	11 386	4 010	4 022	2 201	2 019	515	172	110	14	29
1974	3 025	8 265	7 080	4 780	2 457	1 625	1 053	490	241	63	42	22

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1975	675	3 301	2 557	4 655	5 357	874	778	233	169	51	20	4
1976	443	4 161	7 601	3 178	2 251	796	222	84	47	29	13	3
1977	552	7 718	7 976	4 409	1 008	308	276	108	48	57	26	12
1978	216	4 474	5 347	3 004	1 509	513	253	318	77	58	35	17
1979	130	1 669	12 064	4 567	1 839	720	252	49	36	4	3	4
1980	188	1 597	4 846	7 864	3 447	1 080	366	107	77	43	13	41
1981	1 074	3 616	2 745	3 914	5 210	1 663	576	190	142	127	22	6
1982	190	4 447	4 337	1 757	3 063	3 560	672	208	54	16	7	6
1983	754	2 733	9 536	3 008	1 471	1 050	1 256	293	109	49	21	6
1984	359	4 241	4 984	4 852	1 695	533	436	354	47	25	6	2
1985	160	2 839	7 950	5 406	4 994	1 624	606	654	267	98	18	8
1986	1 442	8 677	8 914	9 077	3 822	2 204	832	306	198	78	46	21
1987	375	3 474	3 455	7 380	4 912	1 448	619	423	229	119	79	62
1988	1 104	6 967	4 991	2 056	2 393	1 606	960	528	314	110	57	22
1989	1 241	5 902	6 370	3 463	1 843	1 705	1 239	749	129	109	34	21
1990	425	7 592	5 925	3 873	1 615	756	875	784	333	181	197	84
1991	1 370	3 087	6 052	4 004	1 339	449	206	251	211	177	119	127
1992	278	3 712	2 035	3 156	1 334	401	89	38	52	13	14	5
1993	1	30	152	72	79	41	19	2	2	0	0	0
1994	0	0	39	102	34	26	5	0	0	0	0	0
1995	2	16	19	77	117	38	13	8	1	0	0	0
1996	14	455	1 345	602	769	922	254	113	124	7	13	0
1997	83	298	964	1 605	946	1 512	1 371	233	110	55	16	3
1998	49	677	1 333	2 139	2 479	1 155	901	849	203	127	23	10
1999	23	408	828	1 539	1 573	1 696	589	507	977	133	45	28
2000	76	576	844	1 162	1 172	796	720	269	186	199	25	11
2001	112	591	1 416	1 283	1 009	788	451	372	112	79	81	8
2002	18	363	1 051	2 063	1 278	644	353	277	156	58	46	73
2003	66	144	714	1 826	1 855	665	281	165	82	44	14	18
2004	70	427	634	1 106	1 653	1 236	598	157	114	45	25	6
2005	47	279	927	992	911	1 155	727	324	95	40	24	7
2006	63	279	756	1 122	875	540	575	485	178	54	42	18
2007	9	212	642	1 314	1 069	653	351	329	208	110	27	12
2008	20	131	914	1 037	841	469	223	102	93	66	45	12
2009	8	404	590	1 301	741	399	208	80	24	68	34	9
2010	28	152	922	912	893	362	169	64	27	21	8	6
2011	10	80	202	723	646	398	143	64	22	32	4	9
2012	10	166	458	393	495	361	149	56	22	16	4	7
2013	6	59	785	796	367	564	218	132	28	32	5	2
2014	2	289	298	893	610	262	303	72	32	7	3	0
2015	2	78	912	649	797	385	102	128	38	21	10	2
2016	0	18	262	1 408	512	472	211	74	46	11	19	4
2017	2	27	102	425	1 033	316	111	49	15	5	1	1
2018	7	28	103	431	1 043	312	110	49	15	5	1	1
2019	6	28	69	151	262	595	207	103	54	14	6	4
2020	0	15	261	1 297	518	454	197	61	42	5	16	1

Tableau 3. Nombre moyen de poissons par trait dans le cadre du relevé canadien par navire de recherche.

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1983	10,01	6,52	1,14	3,72	1,62	0,48	0,89	1,61	0,75	0,36	0,14	0,06	0,05
1984	5,40	2,33	1,55	0,63	2,11	0,77	0,37	0,46	0,71	0,18	0,15	0,06	0,03
1985	7,74	14,88	12,57	9,96	3,28	2,66	0,79	0,48	0,42	0,42	0,49	0,21	0,12
1986	6,62	5,65	6,48	7,95	6,33	2,13	1,47	0,84	0,29	0,24	0,29	0,17	0,10
1987	8,48	5,67	4,97	13,82	8,31	3,35	1,29	0,69	0,28	0,23	0,16	0,17	0,16
1988	9,13	5,93	2,96	2,84	6,50	5,84	3,65	1,49	0,84	0,74	0,35	0,16	0,15
1989	6,50	4,66	3,17	1,51	1,16	2,15	1,21	0,67	0,37	0,41	0,13	0,11	0,05
1990	1,48	9,82	14,49	10,89	5,67	3,84	3,14	1,15	0,71	0,32	0,16	0,12	0,09
1991	27,69	5,03	10,00	11,24	5,75	2,84	1,58	1,19	0,74	0,56	0,22	0,11	0,07
1992	1,80	6,95	2,11	4,15	2,03	1,03	0,53	0,26	0,24	0,08	0,04	0,01	0,01
1993	0,00	1,99	4,04	1,49	1,35	0,47	0,10	0,04	0,03	0,04	0,01	0,00	0,01
1994	1,63	1,46	4,31	6,10	1,73	1,62	0,50	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
1995	0,31	1,16	1,67	13,08	19,65	4,40	5,75	2,19	0,25	0,20	0,01	0,07	0,03
1996	1,08	3,67	3,62	1,32	2,69	2,91	0,54	0,46	0,09	0,09	0,02	0,00	0,00
1997	1,68	2,44	1,01	0,46	0,25	0,26	0,21	0,12	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
1998	1,28	6,28	7,40	4,91	3,53	1,73	2,19	2,43	0,38	0,26	0,06	0,03	0,00
1999	3,05	2,52	2,26	2,41	2,12	1,54	0,39	0,68	0,52	0,07	0,02	0,02	0,01
2000	3,84	6,66	3,52	2,24	1,75	1,11	0,80	0,31	0,28	0,46	0,11	0,00	0,01
2001	2,88	11,44	10,58	3,71	1,74	1,08	0,66	0,60	0,32	0,43	0,80	0,10	0,05
2002	1,53	3,72	7,08	4,95	2,58	1,73	0,85	0,45	0,31	0,07	0,11	0,16	0,01
2003	2,62	2,24	3,67	5,88	3,51	1,34	0,63	0,28	0,16	0,17	0,04	0,09	0,01
2004	2,24	2,50	1,85	1,93	3,49	3,61	1,08	0,68	0,57	0,67	0,13	0,09	0,02
2005	1,63	7,32	7,27	3,49	2,08	1,52	1,20	0,41	0,09	0,15	0,06	0,03	0,03
2007	2,34	5,33	3,26	2,11	1,14	0,76	0,35	0,56	0,37	0,12	0,10	0,07	0,04
2008	4,09	4,30	3,27	1,99	1,22	0,50	0,34	0,12	0,14	0,08	0,04	0,02	0,01
2009	2,47	8,64	5,81	4,91	2,65	1,53	0,84	0,18	0,15	0,18	0,32	0,12	0,01
2010	2,76	7,75	13,95	5,87	3,53	1,27	0,25	0,08	0,03	0,03	0,07	0,01	0,00
2011	4,63	6,37	2,56	5,46	2,04	1,42	0,49	0,09	0,08	0,00	0,02	0,01	0,01
2012	3,99	11,21	6,37	3,34	3,39	1,76	0,94	0,16	0,25	0,01	0,04	0,00	0,01
2013	19,94	12,11	16,14	5,83	4,04	2,72	2,06	0,48	0,24	0,06	0,01	0,00	0,01
2014	5,21	11,03	4,54	2,23	1,11	0,41	0,83	0,42	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01
2015	4,90	8,47	10,97	2,87	1,17	0,92	0,31	0,43	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00
2016	2,58	5,98	4,62	4,71	2,00	0,69	0,22	0,12	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00
2017	3,22	4,34	3,99	3,57	2,62	0,62	0,38	0,09	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00
2018	5,40	4,56	2,59	1,73	2,22	2,29	0,23	0,19	0,17	0,13	0,01	0,00	0,00
2019	6,73	6,77	4,32	2,00	1,20	0,90	0,31	0,13	0,04	0,04	0,00	0,01	0,00
2021	9,69	5,15	2,88	1,23	1,04	0,45	0,63	0,35	0,25	0,13	0,03	0,00	0,00

Tableau 4. Estimation de la proportion d'individus matures selon l'âge.

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1959	0,001	0,004	0,014	0,068	0,194	0,470	0,757	0,914	0,972	0,991	0,997	0,999
1960	0,000	0,003	0,015	0,061	0,180	0,470	0,757	0,914	0,972	0,991	0,997	0,999
1961	0,000	0,000	0,011	0,054	0,227	0,400	0,757	0,914	0,972	0,991	0,997	0,999
1962	0,001	0,001	0,001	0,046	0,174	0,569	0,669	0,914	0,972	0,991	0,997	0,999
1963	0,000	0,004	0,010	0,011	0,173	0,441	0,856	0,860	0,972	0,991	0,997	0,999
1964	0,001	0,003	0,019	0,078	0,110	0,474	0,747	0,964	0,949	0,991	0,997	0,999
1965	0,000	0,005	0,018	0,091	0,413	0,574	0,795	0,917	0,992	0,983	0,997	0,999
1966	0,000	0,003	0,025	0,104	0,349	0,853	0,937	0,944	0,976	0,998	0,994	0,999
1967	0,000	0,001	0,016	0,126	0,428	0,741	0,980	0,994	0,986	0,994	1,000	0,998
1968	0,001	0,000	0,007	0,085	0,444	0,829	0,938	0,997	0,999	0,997	0,998	1,000
1969	0,001	0,004	0,001	0,044	0,342	0,816	0,969	0,988	1,000	1,000	0,999	1,000
1970	0,000	0,007	0,021	0,013	0,240	0,750	0,961	0,995	0,998	1,000	1,000	1,000
1971	0,001	0,001	0,034	0,090	0,129	0,684	0,949	0,993	0,999	1,000	1,000	1,000
1972	0,003	0,005	0,010	0,162	0,317	0,625	0,937	0,992	0,999	1,000	1,000	1,000
1973	0,005	0,014	0,026	0,078	0,510	0,686	0,949	0,990	0,999	1,000	1,000	1,000
1974	0,002	0,020	0,060	0,124	0,420	0,849	0,912	0,995	0,999	1,000	1,000	1,000
1975	0,002	0,009	0,070	0,227	0,432	0,860	0,968	0,980	1,000	1,000	1,000	1,000
1976	0,000	0,007	0,037	0,218	0,575	0,804	0,981	0,994	0,996	1,000	1,000	1,000
1977	0,001	0,001	0,028	0,136	0,508	0,862	0,957	0,998	0,999	0,999	1,000	1,000
1978	0,003	0,003	0,006	0,110	0,392	0,793	0,966	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000
1979	0,000	0,011	0,018	0,042	0,345	0,726	0,934	0,992	0,998	1,000	1,000	1,000
1980	0,001	0,000	0,040	0,096	0,244	0,692	0,916	0,981	0,998	1,000	1,000	1,000
1981	0,012	0,005	0,005	0,139	0,388	0,706	0,906	0,978	0,995	1,000	1,000	1,000
1982	0,001	0,034	0,028	0,056	0,385	0,790	0,947	0,976	0,995	0,999	1,000	1,000
1983	0,000	0,006	0,089	0,145	0,420	0,708	0,957	0,992	0,994	0,999	1,000	1,000
1984	0,000	0,001	0,024	0,214	0,505	0,899	0,904	0,993	0,999	0,999	1,000	1,000
1985	0,000	0,001	0,007	0,093	0,433	0,860	0,991	0,973	0,999	1,000	1,000	1,000
1986	0,000	0,002	0,005	0,037	0,299	0,681	0,973	0,999	0,993	1,000	1,000	1,000
1987	0,000	0,001	0,013	0,037	0,178	0,640	0,857	0,995	1,000	0,998	1,000	1,000
1988	0,000	0,000	0,011	0,082	0,223	0,554	0,881	0,944	0,999	1,000	1,000	1,000
1989	0,001	0,002	0,005	0,095	0,372	0,681	0,876	0,969	0,979	1,000	1,000	1,000
1990	0,000	0,006	0,023	0,073	0,493	0,797	0,941	0,976	0,992	0,992	1,000	1,000
1991	0,002	0,003	0,052	0,240	0,540	0,901	0,963	0,992	0,996	0,998	0,997	1,000
1992	0,004	0,016	0,051	0,341	0,807	0,946	0,988	0,994	0,999	0,999	1,000	0,999
1993	0,000	0,021	0,096	0,461	0,831	0,982	0,996	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000
1994	0,000	0,003	0,114	0,411	0,932	0,979	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1995	0,002	0,006	0,039	0,434	0,821	0,995	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1996	0,007	0,015	0,069	0,330	0,821	0,968	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1997	0,004	0,034	0,092	0,502	0,856	0,965	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1998	0,003	0,022	0,149	0,403	0,931	0,986	0,994	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
1999	0,000	0,016	0,103	0,465	0,818	0,995	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2000	0,003	0,004	0,085	0,375	0,812	0,968	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2001	0,004	0,025	0,074	0,345	0,758	0,955	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2002	0,003	0,026	0,159	0,635	0,751	0,942	0,991	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2003	0,008	0,019	0,144	0,583	0,974	0,945	0,988	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
2004	0,004	0,044	0,104	0,516	0,911	0,999	0,990	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
2005	0,003	0,021	0,213	0,408	0,870	0,987	1,000	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
2006	0,005	0,014	0,105	0,610	0,804	0,977	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2007	0,002	0,021	0,064	0,385	0,901	0,960	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2008	0,006	0,011	0,086	0,250	0,770	0,981	0,993	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2009	0,014	0,034	0,069	0,297	0,619	0,947	0,997	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2010	0,007	0,061	0,169	0,323	0,654	0,888	0,990	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2011	0,002	0,036	0,233	0,538	0,754	0,894	0,975	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
2012	0,002	0,019	0,170	0,589	0,869	0,951	0,974	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000
2013	0,001	0,017	0,138	0,528	0,871	0,974	0,992	0,994	0,999	1,000	1,000	1,000
2014	0,003	0,006	0,109	0,573	0,859	0,969	0,995	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000
2015	0,001	0,017	0,057	0,469	0,918	0,971	0,993	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2016	0,002	0,011	0,084	0,398	0,865	0,989	0,995	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2017	0,000	0,013	0,074	0,320	0,878	0,979	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
2018	0,001	0,002	0,089	0,374	0,708	0,988	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2019	0,001	0,009	0,026	0,409	0,816	0,926	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2020	0,001	0,009	0,063	0,273	0,831	0,970	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2021	0,001	0,009	0,063	0,352	0,842	0,972	0,996	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000

Tableau 5. Poids selon l'âge au début de l'année (poids du stock en kg) modélisé à partir des poids selon l'âge tirés du relevé canadien par navire de recherche.

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1959	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1960	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1961	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1962	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1963	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1964	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1965	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1966	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1967	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1968	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1969	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1970	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1971	0,296	0,686	1,250	1,814	2,468	3,186	4,252	5,482	6,763	8,576	10,011	15,049
1972	0,290	0,640	1,144	1,638	2,235	3,052	4,305	5,637	6,836	8,449	9,714	14,674
1973	0,287	0,623	1,096	1,593	2,159	2,755	3,824	5,174	6,441	7,998	9,210	13,975
1974	0,295	0,677	1,183	1,702	2,345	2,970	3,851	5,130	6,583	8,357	9,621	14,462
1975	0,309	0,736	1,370	1,938	2,642	3,391	4,358	5,406	6,815	8,896	10,435	15,495
1976	0,298	0,756	1,458	2,199	2,957	3,762	4,923	6,062	7,142	9,177	11,076	16,639
1977	0,268	0,650	1,336	2,101	3,029	3,813	4,967	6,225	7,294	8,784	10,475	16,491
1978	0,249	0,557	1,079	1,821	2,736	3,686	4,752	5,930	7,089	8,518	9,547	15,458
1979	0,261	0,604	1,076	1,744	2,808	3,920	5,364	6,588	7,799	9,520	10,602	16,204
1980	0,276	0,636	1,180	1,744	2,683	3,983	5,601	7,289	8,481	10,248	11,598	16,900
1981	0,276	0,624	1,137	1,717	2,375	3,340	4,966	6,669	8,256	9,835	11,069	16,036
1982	0,276	0,660	1,190	1,772	2,516	3,203	4,538	6,469	8,259	10,439	11,558	16,422
1983	0,251	0,609	1,159	1,696	2,377	3,120	4,015	5,465	7,436	9,728	11,473	15,961
1984	0,245	0,581	1,117	1,744	2,401	3,118	4,147	5,130	6,669	9,285	11,298	16,356

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1985	0,232	0,563	1,051	1,665	2,445	3,133	4,138	5,294	6,264	8,338	10,801	16,611
1986	0,219	0,531	1,004	1,544	2,295	3,142	4,104	5,210	6,362	7,715	9,567	16,395
1987	0,222	0,504	0,941	1,471	2,116	2,921	4,067	5,067	6,093	7,624	8,608	15,322
1988	0,225	0,519	0,907	1,411	2,062	2,749	3,859	5,099	6,000	7,414	8,633	14,322
1989	0,225	0,549	0,982	1,423	2,071	2,812	3,828	5,111	6,377	7,711	8,831	14,189
1990	0,200	0,482	0,895	1,311	1,766	2,380	3,306	4,291	5,421	6,984	7,872	12,438
1991	0,206	0,443	0,805	1,249	1,709	2,143	2,974	3,946	4,843	6,313	7,577	11,560
1992	0,243	0,502	0,819	1,259	1,834	2,346	3,054	4,072	5,124	6,488	7,862	12,283
1993	0,242	0,576	0,918	1,248	1,807	2,472	3,310	4,155	5,250	6,802	8,000	12,891
1994	0,219	0,519	0,951	1,237	1,579	2,144	3,077	3,981	4,728	6,160	7,432	12,063
1995	0,223	0,499	0,910	1,382	1,693	2,027	2,884	3,983	4,841	5,911	7,139	11,886
1996	0,231	0,501	0,860	1,312	1,888	2,185	2,759	3,774	4,888	6,107	6,898	11,714
1997	0,249	0,551	0,927	1,333	1,930	2,630	3,206	3,870	4,963	6,596	7,591	12,115
1998	0,255	0,577	1,004	1,406	1,926	2,655	3,813	4,427	5,019	6,608	8,083	12,568
1999	0,272	0,595	1,065	1,536	2,048	2,675	3,872	5,278	5,770	6,717	8,125	13,177
2000	0,274	0,587	1,005	1,480	2,028	2,581	3,533	4,851	6,255	7,033	7,544	12,621
2001	0,271	0,596	1,000	1,413	1,978	2,588	3,441	4,446	5,764	7,620	7,886	11,979
2002	0,255	0,601	1,045	1,442	1,928	2,562	3,475	4,338	5,293	7,026	8,540	11,671
2003	0,244	0,564	1,050	1,500	1,956	2,474	3,408	4,345	5,141	6,439	7,874	11,714
2004	0,261	0,563	1,029	1,596	2,162	2,672	3,525	4,582	5,564	6,764	7,803	12,324
2005	0,268	0,601	1,026	1,565	2,299	2,961	3,850	4,830	6,020	7,503	8,397	13,026
2006	0,252	0,572	1,017	1,442	2,089	2,920	3,965	4,889	5,867	7,478	8,602	12,878
2007	0,227	0,540	0,968	1,437	1,934	2,665	3,937	5,059	5,962	7,307	8,603	12,865
2008	0,200	0,467	0,866	1,298	1,819	2,313	3,348	4,649	5,716	6,888	7,814	12,034
2009	0,221	0,467	0,844	1,328	1,872	2,472	3,297	4,473	5,929	7,401	8,210	12,294
2010	0,235	0,520	0,849	1,301	1,928	2,565	3,559	4,461	5,802	7,823	8,995	12,889
2011	0,244	0,504	0,854	1,160	1,666	2,331	3,267	4,273	5,159	6,848	8,537	12,422
2012	0,250	0,537	0,850	1,208	1,543	2,107	3,113	4,119	5,197	6,401	7,845	12,458
2013	0,208	0,515	0,846	1,111	1,491	1,822	2,635	3,686	4,716	6,082	6,928	11,624
2014	0,211	0,459	0,876	1,204	1,505	1,939	2,510	3,433	4,624	6,024	7,159	11,502
2015	0,209	0,469	0,776	1,249	1,634	1,956	2,667	3,268	4,294	5,896	7,079	11,468
2016	0,199	0,451	0,767	1,072	1,650	2,073	2,636	3,400	3,996	5,362	6,792	11,200
2017	0,204	0,430	0,735	1,060	1,423	2,103	2,807	3,366	4,155	4,992	6,179	10,885
2018	0,217	0,468	0,749	1,089	1,514	1,949	3,058	3,826	4,373	5,512	6,092	10,936
2019	0,209	0,459	0,748	1,008	1,418	1,893	2,591	3,821	4,583	5,371	6,245	10,230
2020	0,213	0,495	0,835	1,150	1,500	2,011	2,833	3,620	5,077	6,206	6,683	10,602
2021	0,209	0,503	0,909	1,278	1,701	2,103	2,981	3,919	4,764	6,815	7,659	11,024

Tableau 6. Nombre moyen de poissons par trait dans le cadre du relevé ERHAPS.

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1978	0,62	1,32	2,6	1,73	1,01	0,75	0,44	0,25	0,19	0,02	0,03	0,01	0,03
1979	0,46	0,41	2,21	7,73	3,47	1,93	1,02	0,4	0,23	0,31	0,1	0,11	0,23
1980	5,47	1,27	0,37	1,98	3,35	1,23	0,5	0,21	0,16	0,13	0,08	0,08	0,13
1981	0,14	3,78	3,81	3,96	5,74	4,35	1,23	0,92	0,36	0,12	0,11	0,05	0,1
1982	9,21	1,5	6,38	6,12	4,65	3,49	4,07	1,21	0,67	0,32	0,12	0,16	0,08
1983	8,31	4,16	2,29	5,55	4,7	3,5	2,13	1,6	0,58	0,19	0,15	0,06	0,05
1984	9,43	6,22	12,27	7,12	15,45	4,55	1,73	2,52	1,8	0,5	0,13	0,11	0,1
1985	4,38	11,56	5,96	3,14	0,85	1,56	0,91	0,62	0,69	0,87	1,05	0,1	0,18
1986	6,93	4,03	14,55	25,35	20,74	8,73	6,67	3,69	0,76	0,56	0,69	0,21	0,31
1987	16,29	9,09	2,24	6,56	9,87	6,57	2,33	1,53	0,75	0,16	0,28	0,12	0,23
1988	11,69	11,71	7,25	2,85	5,14	3,69	1,26	0,61	0,28	0,28	0,13	0,12	0,26
1989	18,89	12,25	6,27	4,44	2,66	3,39	1,55	0,77	0,21	0,1	0,05	0,05	0,06
1990	2,39	18,26	20,11	7,66	2,46	0,73	1,00	0,44	0,26	0,11	0,09	0,03	0,06
1991	12,14	7,08	12,96	12,68	7,56	2,42	1,07	0,91	0,62	0,06	0,15	0,03	0,03

Tableau 7. Nombre moyen de poissons par trait dans le cadre du relevé GEAC.

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14
1998	0,06	0,4	1,76	2,32	1,81	0,35	1,64	3,4	0,4	0,04	0,13	0,22	0,04
1999	0,34	1,14	1,71	2,83	3,58	3,27	0,51	1,43	1,36	0,17	0,1	0,02	0
2000	1,64	7,24	2,86	3,35	5,18	5,89	3,99	1,14	5,83	7,14	0,79	0,11	0,17
2001	0,21	12,47	26,74	3,75	2,14	1,62	1,34	0,96	0,1	0,44	0,58	0,08	0,1
2002	0	1,26	16,88	18,47	2,9	1,39	1,18	0,91	0,46	0,09	0,27	0,3	0
2003	0,22	0,41	2,46	8,34	9,28	1,32	0,73	1,32	0,48	0,24	0	0,16	0,18
2004	0,08	0,68	0,8	1,07	2,98	1,18	0,15	0,12	0,18	0,13	0,05	0	0,2
2005	0,05	1,74	1,15	0,43	0,31	0,74	0,5	0,08	0,04	0,09	0,04	0	0

Tableau 8. Indices normalisés des taux de capture selon l'âge issus du relevé par pêche sentinelle au filet maillant.

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10
1995	0,019	0,078	4,088	8,867	5,387	2,517	0,380	0,147
1996	0,021	0,285	2,740	12,574	10,269	2,936	0,876	0,067
1997	0,014	0,248	5,336	5,311	9,463	7,657	1,129	0,630
1998	0,003	0,059	1,123	7,738	3,481	2,737	1,691	0,315
1999	0,000	0,007	0,828	1,328	1,969	0,709	0,231	0,216
2000	0,011	0,028	0,313	0,748	0,741	1,015	0,338	0,114
2001	0,023	0,166	0,429	0,925	0,721	0,405	0,391	0,184
2002	0,004	0,039	0,530	0,847	0,808	0,348	0,162	0,182
2003	0,026	0,074	0,248	1,075	0,518	0,183	0,096	0,035
2004	0,004	0,045	0,238	0,881	0,873	0,422	0,152	0,029

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10
2005	0,000	0,027	0,140	0,575	0,670	0,394	0,299	0,053
2006	0,004	0,053	0,307	0,593	0,515	0,583	0,254	0,145
2007	0,003	0,060	0,417	1,063	0,745	0,398	0,275	0,189
2008	0,000	0,095	0,270	1,053	0,878	0,442	0,216	0,092
2009	0,019	0,019	0,267	0,652	1,160	0,228	0,180	0,058
2010	0,010	0,062	0,369	0,796	0,675	0,344	0,114	0,179
2011	0,007	0,007	0,110	0,349	0,637	0,256	0,203	0,021
2012	0,007	0,046	0,159	0,551	0,590	0,452	0,145	0,085
2013	0,134	0,074	0,520	1,131	0,477	0,529	0,321	0,022
2014	0,004	0,042	0,491	0,533	0,338	0,550	0,258	0,118
2015	0,004	0,071	0,109	0,569	0,472	0,187	0,172	0,071
2016	0,000	0,004	0,307	0,405	0,462	0,348	0,307	0,082
2017	0,000	0,111	0,298	0,978	0,439	0,762	0,197	0,086
2018	0,000	0,035	0,157	0,483	1,550	0,506	0,292	0,077
2019	0,003	0,006	0,083	0,415	0,566	1,409	0,305	0,291
2020	0,006	0,038	0,470	0,457	0,379	0,291	0,720	0,204

Tableau 9. Indices normalisés des taux de capture selon l'âge issus du relevé par pêche sentinelle à la palangre.

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10
1995	0,008	0,015	0,051	0,074	0,020	0,018	0,004	0,001
1996	0,008	0,029	0,029	0,046	0,049	0,014	0,008	0,002
1997	0,006	0,023	0,025	0,016	0,017	0,024	0,003	0,002
1998	0,008	0,018	0,023	0,017	0,006	0,010	0,013	0,002
1999	0,008	0,020	0,027	0,016	0,008	0,005	0,005	0,002
2000	0,013	0,029	0,027	0,018	0,008	0,007	0,002	0,001
2001	0,019	0,034	0,025	0,015	0,008	0,005	0,003	0,001
2002	0,015	0,031	0,028	0,010	0,006	0,002	0,001	0,001
2003	0,003	0,038	0,043	0,022	0,009	0,004	0,001	0,001

Année	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10
2004	0,010	0,010	0,039	0,021	0,011	0,004	0,002	0,000
2005	0,008	0,022	0,014	0,014	0,012	0,005	0,002	0,001
2006	0,010	0,019	0,029	0,021	0,014	0,013	0,004	0,002
2007	0,011	0,020	0,017	0,015	0,009	0,006	0,005	0,002
2008	0,006	0,029	0,024	0,020	0,010	0,008	0,003	0,003
2009	0,007	0,016	0,028	0,016	0,006	0,004	0,002	0,001
2010	0,004	0,018	0,013	0,015	0,007	0,002	0,001	0,000
2011	0,010	0,015	0,021	0,019	0,012	0,004	0,002	0,000
2012	0,009	0,017	0,016	0,015	0,014	0,005	0,002	0,000
2013	0,003	0,014	0,017	0,010	0,006	0,005	0,002	0,001
2014	0,004	0,005	0,015	0,014	0,006	0,007	0,003	0,001
2015	0,001	0,010	0,010	0,012	0,011	0,004	0,004	0,002
2016	0,002	0,006	0,016	0,011	0,011	0,007	0,001	0,002
2017	0,001	0,008	0,014	0,016	0,008	0,007	0,004	0,002
2018	0,000	0,004	0,008	0,013	0,010	0,006	0,004	0,002
2019	0,002	0,008	0,008	0,016	0,019	0,015	0,004	0,001
2020	0,003	0,008	0,018	0,023	0,017	0,018	0,011	0,005

Tableau 10. Indice de mortalité naturelle fondé sur l'état (M_c) utilisé pour mettre M à l'échelle dans le modèle HYBRIDE.

Année	Indice M fondé sur l'état
1978	0,444
1979	0,431
1980	0,422
1981	0,352
1982	0,341
1983	0,341
1984	0,277
1985	0,258
1986	0,239
1987	0,211
1988	0,228
1989	0,231
1990	0,244
1991	0,275
1992	0,291
1993	0,302

Année	Indice M fondé sur l'état
1994	0,384
1995	0,308
1996	0,230
1997	0,205
1998	0,186
1999	0,165
2000	0,200
2001	0,258
2002	0,236
2003	0,202
2004	0,171
2005	0,187
2006	0,237
2007	0,210
2008	0,273
2009	0,413
2010	0,425
2011	0,347
2012	0,429
2013	0,518
2014	0,508
2015	0,494
2016	0,611
2017	0,482
2018	0,415
2019	0,537
2020	0,476

Tableau 11. Biomasse du stock reproducteur (en milliers de tonnes).

Année	BSR	Inférieur	Supérieur
1959	233,7	163,6	333,8
1960	222,5	156,9	315,6
1961	222,6	160,3	309,1
1962	212,0	149,2	301,2
1963	194,0	136,0	276,6
1964	176,9	125,8	248,8
1965	170,2	124,2	233,4
1966	160,9	120,8	214,3
1967	149,2	115,3	193,3
1968	159,9	128,5	199,0
1969	146,1	117,2	182,2
1970	131,9	105,7	164,7
1971	124,6	97,8	158,8
1972	111,6	89,5	139,2
1973	90,7	71,9	114,3
1974	83,9	65,2	107,8
1975	92,0	66,2	127,8
1976	84,7	59,0	121,5
1977	80,0	58,3	109,9
1978	70,8	55,0	91,1
1979	79,7	65,5	96,9
1980	98,8	82,9	117,8
1981	112,2	94,3	133,4
1982	124,9	103,3	150,9
1983	111,7	94,2	132,4
1984	121,6	102,3	144,5
1985	129,7	109,4	153,9
1986	124,1	103,5	148,8
1987	114,6	95,2	137,8
1988	101,7	83,8	123,3
1989	92,0	75,7	111,9
1990	73,0	60,7	87,9
1991	63,8	53,4	76,2
1992	51,0	41,0	63,3
1993	37,7	31,9	44,6
1994	42,3	34,2	52,3
1995	75,1	60,2	93,7
1996	70,6	58,8	84,7
1997	75,9	64,4	89,5
1998	86,4	74,8	99,9
1999	79,8	65,5	97,1

Année	BSR	Inférieur	Supérieur
2000	65,2	57,0	74,5
2001	50,9	41,6	62,2
2002	50,2	41,9	60,0
2003	52,1	45,9	59,2
2004	53,4	46,8	60,8
2005	52,0	46,2	58,5
2006	50,9	45,3	57,2
2007	45,1	40,2	50,7
2008	36,7	32,6	41,3
2009	31,6	28,0	35,5
2010	27,4	24,2	31,0
2011	27,0	23,7	30,9
2012	27,1	23,4	31,4
2013	25,3	21,8	29,3
2014	27,8	24,0	32,3
2015	27,1	23,1	31,7
2016	28,3	24,2	33,1
2017	30,6	26,1	35,8
2018	31,6	26,7	37,4
2019	30,1	25,2	36,0
2020	32,6	26,2	40,6
2021	31,7	24,2	41,5
2022	31,5	25,4	39,6

Tableau 12. Nombre de poissons selon l'âge (en millions) estimé par le modèle pour la période entre 1959 et 2021.

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14+
1959	137,77	108,45	188,22	50,90	45,45	33,30	6,71	9,04	6,91	6,96	3,73	0,59	0,01
1960	129,41	104,73	77,87	128,90	33,84	23,55	18,56	4,40	4,97	3,61	4,23	1,90	0,37
1961	128,28	94,47	82,12	51,50	74,81	17,25	16,26	9,25	2,79	2,67	1,96	2,82	1,18
1962	136,13	93,28	72,95	59,37	31,20	39,58	10,02	7,15	4,70	1,47	1,40	1,07	2,41
1963	171,93	95,36	63,57	50,20	35,37	17,95	20,81	6,60	3,46	2,51	0,81	0,80	2,06
1964	200,64	132,10	63,82	39,27	30,53	17,97	10,46	10,28	4,63	1,80	1,52	0,45	1,62
1965	211,32	156,12	95,02	38,02	23,55	15,32	10,19	5,83	4,54	3,03	0,85	0,81	1,09
1966	204,65	154,35	114,70	61,26	20,54	15,65	6,18	5,25	3,20	1,83	2,07	0,42	0,93
1967	166,78	164,14	118,52	72,94	34,59	11,50	7,34	2,97	2,42	1,57	0,67	1,31	0,71
1968	134,02	126,28	122,40	82,10	37,01	17,06	6,19	3,89	1,54	1,27	0,76	0,26	1,66
1969	106,30	94,35	94,52	78,97	42,91	19,51	7,56	2,95	2,11	0,71	0,64	0,36	0,97
1970	113,07	71,85	65,65	62,96	45,20	22,22	9,15	3,32	1,21	0,92	0,33	0,29	0,56
1971	95,01	92,34	48,17	39,46	31,38	24,23	9,83	4,02	1,70	0,57	0,45	0,17	0,36
1972	79,95	71,32	68,13	28,47	19,95	16,54	10,86	4,16	1,77	0,83	0,28	0,21	0,24
1973	97,24	52,56	52,10	45,81	14,84	10,66	6,57	4,94	1,87	0,76	0,40	0,13	0,21
1974	101,60	77,35	32,95	34,64	22,66	7,17	4,88	2,84	2,00	0,80	0,32	0,17	0,17

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14+
1975	91,95	75,32	55,03	17,10	18,61	13,84	2,88	2,00	1,15	0,82	0,33	0,14	0,16
1976	86,01	68,57	55,46	36,12	11,62	7,75	4,52	1,21	0,82	0,50	0,35	0,15	0,15
1977	54,53	74,64	52,45	37,26	19,94	5,23	2,53	2,59	0,67	0,46	0,30	0,21	0,18
1978	37,54	40,08	66,25	34,34	17,62	7,96	2,65	1,61	1,53	0,36	0,28	0,17	0,26
1979	46,75	24,09	31,86	57,97	22,63	9,33	4,34	1,49	0,91	0,74	0,20	0,16	0,30
1980	73,75	36,05	17,97	24,81	36,75	13,58	5,23	2,30	0,92	0,60	0,38	0,13	0,34
1981	57,51	67,00	30,51	13,83	17,60	21,77	7,10	3,16	1,36	0,58	0,40	0,20	0,29
1982	102,48	41,91	57,84	22,12	8,68	11,17	15,32	3,91	1,85	0,82	0,36	0,24	0,30
1983	126,65	79,45	33,85	44,93	14,08	5,87	5,57	7,88	2,44	1,09	0,50	0,23	0,33
1984	129,96	88,73	60,38	28,02	26,91	9,11	3,56	3,43	4,12	1,47	0,65	0,30	0,38
1985	105,37	98,29	70,60	43,57	19,60	16,28	5,87	2,37	2,37	2,31	1,11	0,43	0,50
1986	120,02	68,24	74,84	49,42	34,18	12,85	9,07	3,60	1,59	1,42	1,26	0,66	0,63
1987	137,62	81,63	40,26	47,87	32,47	19,85	6,71	4,65	2,10	0,98	0,84	0,72	0,81
1988	150,58	91,58	52,72	22,04	29,44	18,22	7,80	3,34	2,36	1,13	0,60	0,46	0,79
1989	138,26	108,08	60,86	30,88	11,22	11,85	7,57	4,16	1,73	1,24	0,54	0,33	0,61
1990	78,32	106,15	75,39	36,30	14,24	6,08	6,17	3,79	2,07	0,83	0,62	0,25	0,50
1991	101,20	49,01	69,95	39,71	16,29	5,49	2,68	3,15	1,76	0,89	0,39	0,30	0,37
1992	58,55	74,63	27,38	34,86	15,55	4,65	1,38	0,93	0,85	0,42	0,23	0,09	0,21
1993	29,01	46,36	50,08	13,27	13,25	4,68	1,37	0,35	0,14	0,13	0,06	0,04	0,04
1994	36,51	19,35	39,43	36,60	7,85	5,91	1,80	0,60	0,16	0,06	0,05	0,02	0,03
1995	33,30	30,74	12,85	30,12	30,87	7,28	4,59	1,30	0,28	0,12	0,03	0,03	0,03
1996	29,05	29,54	31,51	10,42	15,86	16,32	3,96	2,18	0,76	0,19	0,10	0,02	0,03
1997	26,81	21,02	22,09	26,14	7,76	8,64	8,18	2,28	1,18	0,52	0,12	0,07	0,03
1998	27,83	19,91	16,32	15,12	13,73	5,25	6,17	5,68	1,39	0,67	0,31	0,09	0,05
1999	38,10	20,69	12,92	12,56	9,77	8,35	3,27	2,80	2,93	0,71	0,32	0,14	0,07
2000	42,98	31,24	15,36	9,18	7,74	5,31	4,51	1,61	1,36	2,00	0,35	0,13	0,10
2001	32,91	35,28	25,40	10,68	6,42	4,45	2,57	1,99	0,70	0,72	0,96	0,15	0,11
2002	21,26	26,35	22,93	16,86	6,88	3,66	2,18	1,13	0,91	0,32	0,36	0,44	0,09
2003	26,96	13,13	17,68	14,49	11,25	4,33	1,81	0,95	0,55	0,43	0,14	0,17	0,24
2004	28,17	21,52	9,63	10,23	10,06	6,96	2,32	0,90	0,46	0,31	0,19	0,07	0,20
2005	27,80	22,21	15,63	7,42	6,08	6,19	3,71	1,46	0,47	0,29	0,16	0,09	0,14
2006	30,82	21,81	15,55	11,40	5,71	3,72	3,83	2,13	0,85	0,26	0,15	0,08	0,11
2007	24,40	25,62	14,78	10,55	6,86	3,59	1,92	2,09	1,17	0,47	0,14	0,08	0,10
2008	25,60	16,50	18,69	9,47	7,27	4,03	2,05	1,01	1,01	0,57	0,25	0,07	0,09
2009	20,70	20,84	11,72	12,91	6,59	3,82	1,80	0,86	0,44	0,42	0,26	0,12	0,08
2010	26,54	13,16	16,56	8,57	7,94	3,24	1,44	0,59	0,32	0,15	0,16	0,10	0,07
2011	28,47	21,52	8,51	11,94	6,20	4,17	1,47	0,63	0,22	0,12	0,06	0,06	0,07
2012	21,93	23,23	15,18	5,67	7,20	4,16	2,02	0,66	0,28	0,09	0,06	0,02	0,06
2013	23,72	14,33	17,63	11,04	4,38	4,01	2,23	0,92	0,27	0,13	0,05	0,02	0,04
2014	14,54	19,38	9,09	13,02	6,86	2,36	2,55	1,06	0,41	0,10	0,06	0,02	0,03
2015	11,78	9,27	17,61	6,78	8,17	3,93	1,33	1,25	0,39	0,15	0,04	0,02	0,02
2016	9,40	8,34	7,16	16,55	5,83	4,97	2,16	0,72	0,56	0,13	0,07	0,02	0,02

Année	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Âge 9	Âge 10	Âge 11	Âge 12	Âge 13	Âge 14+
2017	9,88	6,14	6,63	6,77	14,02	3,67	2,46	1,05	0,34	0,18	0,04	0,03	0,01
2018	14,94	6,20	5,10	4,57	5,75	9,49	2,57	1,07	0,50	0,15	0,07	0,02	0,02
2019	17,43	11,59	5,18	4,08	3,64	3,87	6,05	1,77	0,68	0,27	0,07	0,04	0,02
2020	20,78	12,24	8,39	3,97	3,56	2,61	2,34	4,35	1,07	0,38	0,14	0,04	0,03
2021	24,54	15,38	9,00	6,03	2,93	2,23	1,67	1,41	2,41	0,63	0,22	0,08	0,04

Tableau 13. Mortalité moyenne par pêche (*F*), naturelle (*M*) et totale (*Z*) estimée par le modèle (âges 5 à 8).

Année	Moyenne de F	Moyenne de M	Moyenne de Z
1959	0,23	0,33	0,57
1960	0,24	0,32	0,56
1961	0,26	0,34	0,60
1962	0,25	0,33	0,58
1963	0,25	0,33	0,58
1964	0,28	0,33	0,61
1965	0,29	0,33	0,63
1966	0,30	0,32	0,62
1967	0,28	0,32	0,60
1968	0,30	0,32	0,63
1969	0,33	0,33	0,66
1970	0,33	0,33	0,66
1971	0,36	0,33	0,69
1972	0,37	0,33	0,71
1973	0,35	0,32	0,67
1974	0,36	0,33	0,69
1975	0,41	0,34	0,75
1976	0,29	0,32	0,61
1977	0,27	0,32	0,59
1978	0,28	0,34	0,61
1979	0,25	0,33	0,58
1980	0,28	0,35	0,62
1981	0,29	0,32	0,62
1982	0,27	0,32	0,59
1983	0,26	0,31	0,57
1984	0,26	0,30	0,56
1985	0,29	0,29	0,58
1986	0,31	0,29	0,60
1987	0,36	0,28	0,64
1988	0,39	0,28	0,67
1989	0,37	0,29	0,66
1990	0,37	0,29	0,66
1991	0,43	0,30	0,73

Année	Moyenne de F	Moyenne de M	Moyenne de Z
1992	0,46	0,30	0,76
1993	0,39	0,30	0,69
1994	0,01	0,31	0,32
1995	0,01	0,31	0,31
1996	0,01	0,28	0,29
1997	0,09	0,28	0,37
1998	0,21	0,27	0,48
1999	0,30	0,27	0,57
2000	0,30	0,28	0,58
2001	0,25	0,29	0,54
2002	0,22	0,29	0,52
2003	0,21	0,28	0,50
2004	0,23	0,27	0,50
2005	0,27	0,27	0,55
2006	0,21	0,29	0,50
2007	0,19	0,28	0,48
2008	0,22	0,30	0,51
2009	0,22	0,33	0,56
2010	0,20	0,34	0,55
2011	0,18	0,31	0,50
2012	0,15	0,35	0,50
2013	0,12	0,36	0,48
2014	0,14	0,36	0,50
2015	0,15	0,37	0,52
2016	0,14	0,38	0,52
2017	0,15	0,38	0,52
2018	0,11	0,35	0,46
2019	0,09	0,41	0,50
2020	0,05	0,37	0,42
2021	0,03	0,34	0,37

Tableau 14. Risque que la BSR projetée soit inférieure au PRL selon six scénarios de prélèvements (multiplicateur des prises = on présume que 1 est équivalent à 1 346 t) de 2022 à 2024. B_a représente la BSR pour l'année de projection.

Multiplicateur des prises	Prises projetées (t)	Probabilité de sortir de la zone critique $P(B_a > PRL)$		Probabilité de croissance par rapport aux niveaux actuels $P(B_a > B_{2022} \text{ projetée})$	
		2023	2024	2023	2024
2,3	3 096	< 0,1 %	< 0,1 %	40 %	50 %
1,75	2 356	< 0,1 %	< 0,1 %	51 %	63 %
1,5	2 019	< 0,1 %	< 0,1 %	57 %	69 %
1	1 346	< 0,1 %	< 0,1 %	68 %	79 %
0,5	673	< 0,1 %	< 0,1 %	78 %	87 %
0,001	1	< 0,1 %	< 0,1 %	84 %	93 %

FIGURES

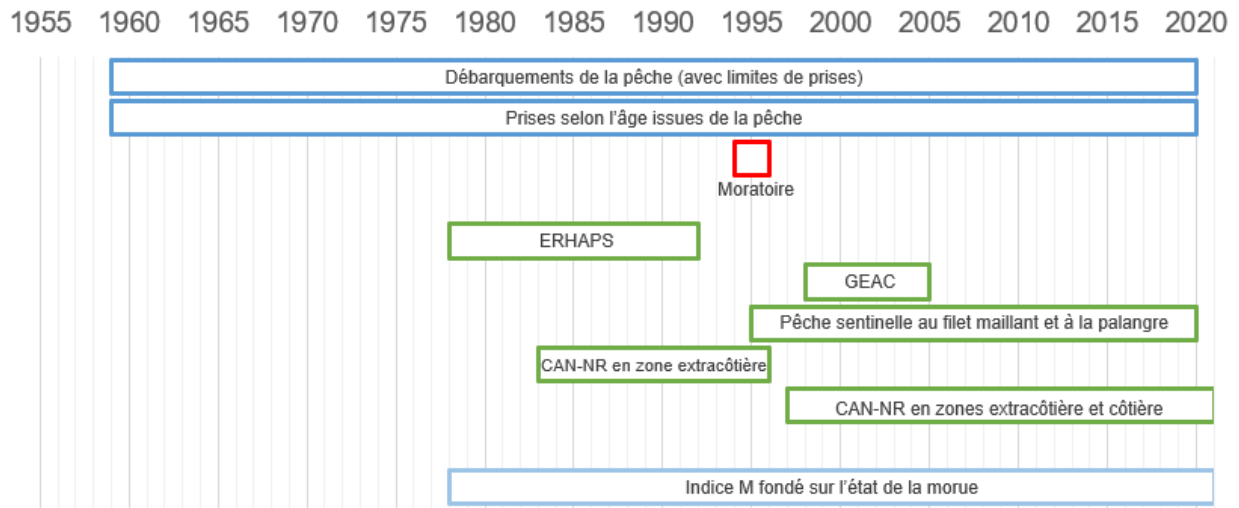


Figure 1. Chronologie des données d'entrée pour l'évaluation.

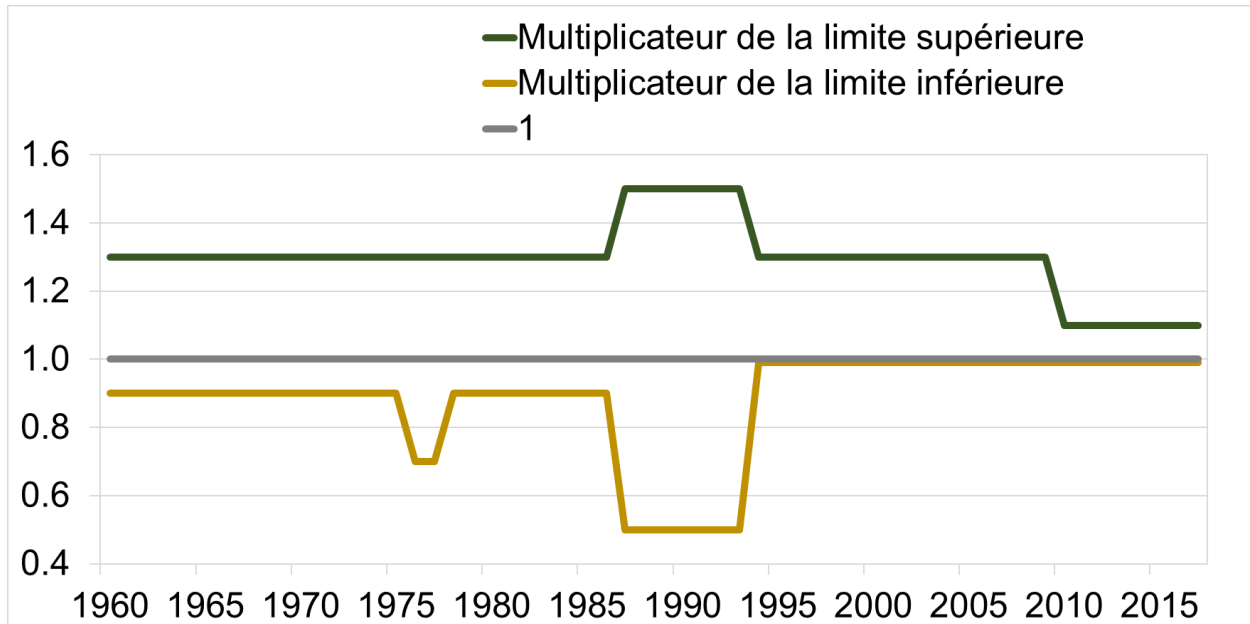


Figure 2. Limites du poids des débarquements, déterminées lors de la réunion portant sur le cadre pour la morue de la sous-division 3Ps en octobre 2019.

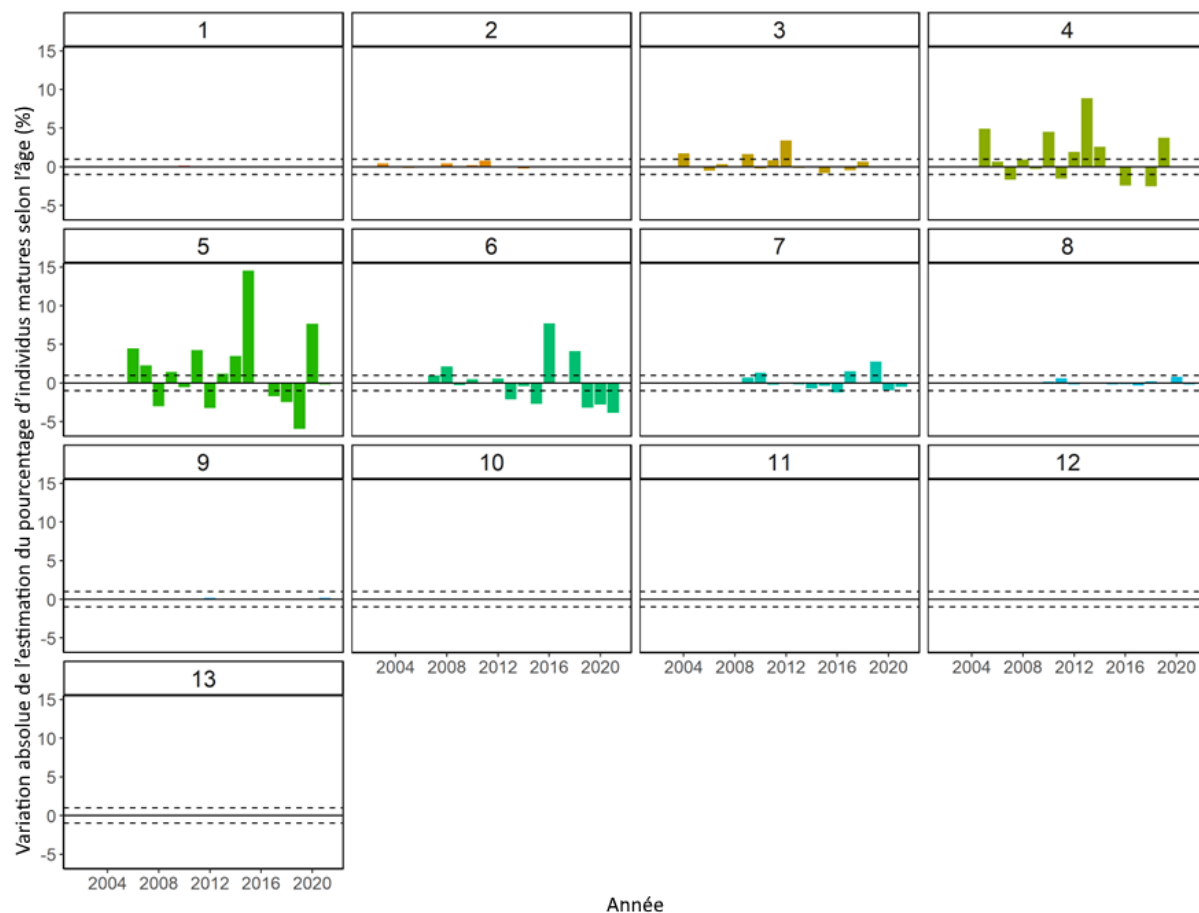


Figure 3. Différences dans les estimations absolues de la proportion d'individus matures selon l'âge après la détermination d'une erreur de codage influençant les valeurs utilisées dans l'évaluation précédente de ce stock. Les lignes tiretées indiquent un changement de plus ou moins 1 %. Il n'y avait pas de différences dans les valeurs avant 2002.

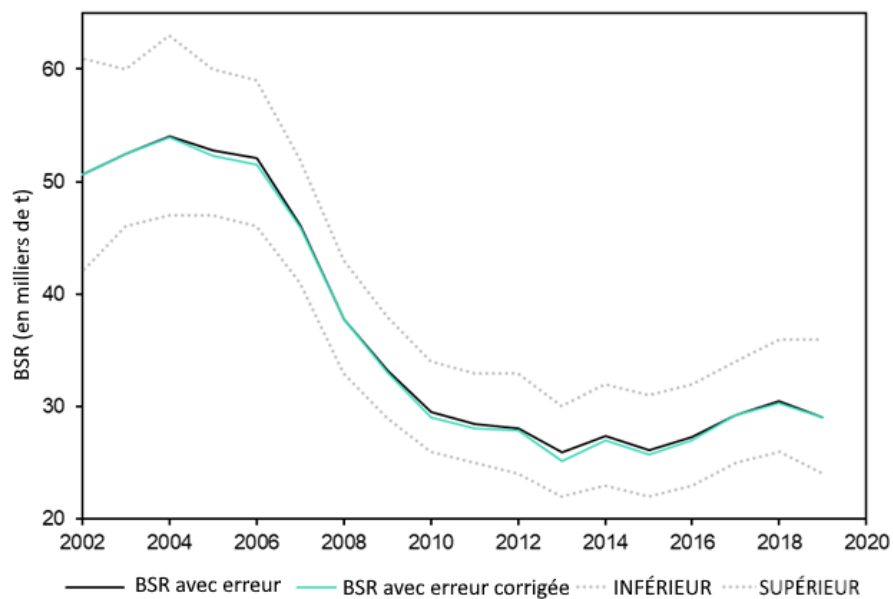


Figure 4. Comparaison de la BSR de l'évaluation de 2020 (ligne bleue) avec la BSR recalculée grâce à la révision des valeurs de la proportion d'individus matures (p_{mat}). Il n'y avait pas de différences dans les valeurs p_{mat} avant 2002. INFÉRIEUR et SUPÉRIEUR représentent les intervalles de confiance des estimations de la BSR tirées de l'évaluation précédente.

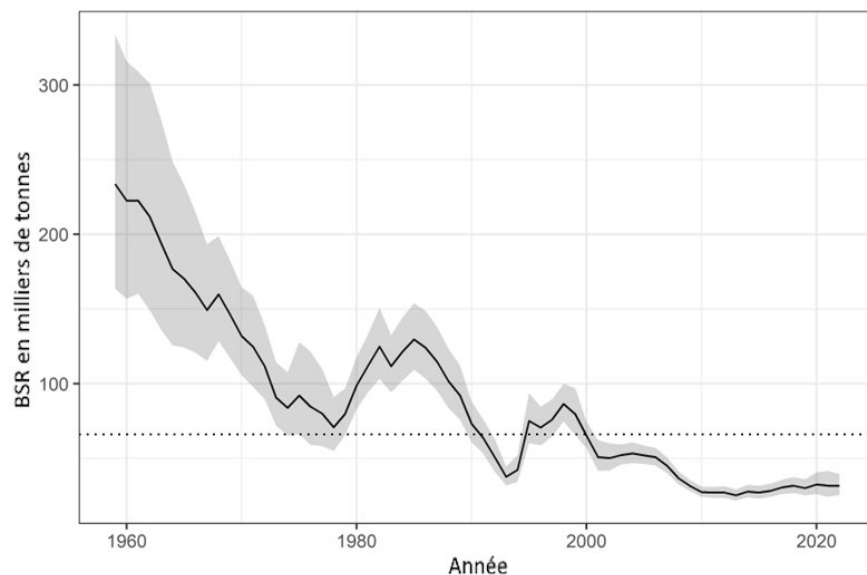


Figure 5. Estimations de la BSR (estimation médiane avec intervalle de confiance à 95 %) pour la période allant de 1959 à 2022. La ligne pointillée indique B_{lim} . Ce point de référence représente la limite entre la zone critique et la zone de prudence du cadre de l'approche de précaution du MPO.

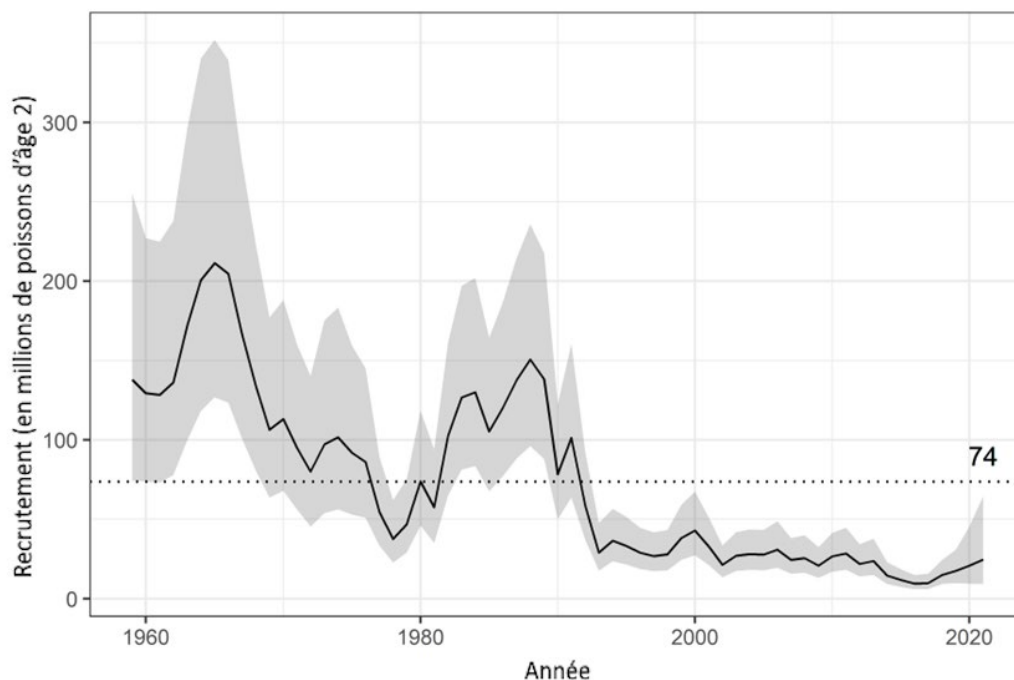


Figure 6. Estimations du recrutement pour la période de 1959 à 2021. La ligne pointillée représente la moyenne de la série chronologique de 74 millions de poissons.

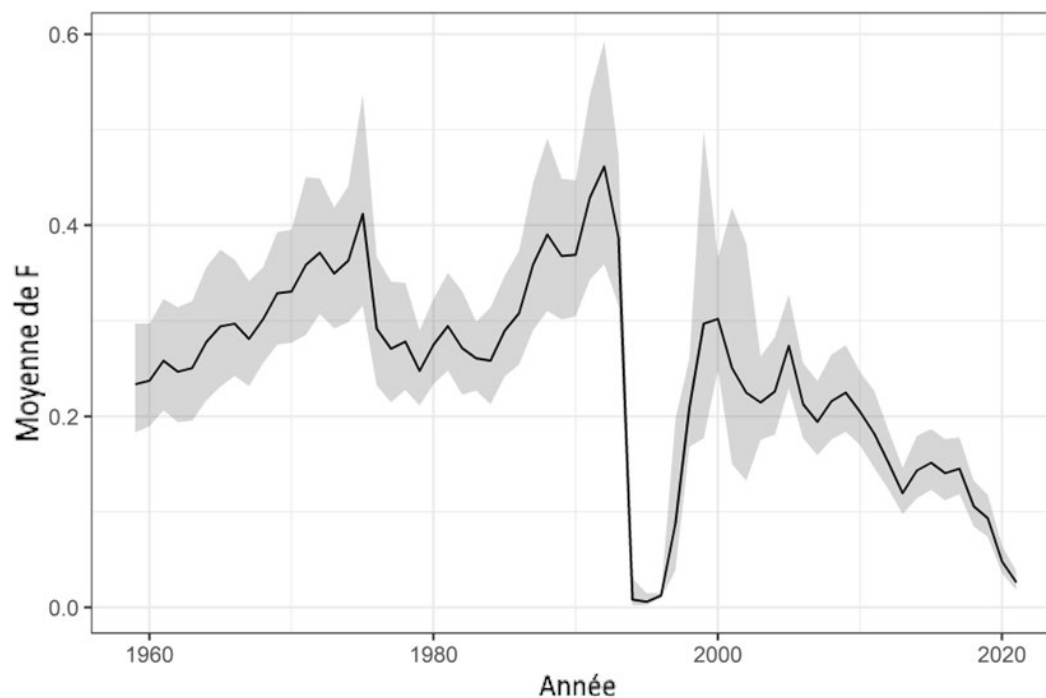


Figure 7. Estimations de la moyenne de F (âges 5 à 9) pour la morue de la sous-division 3Ps entre 1959 et 2021.

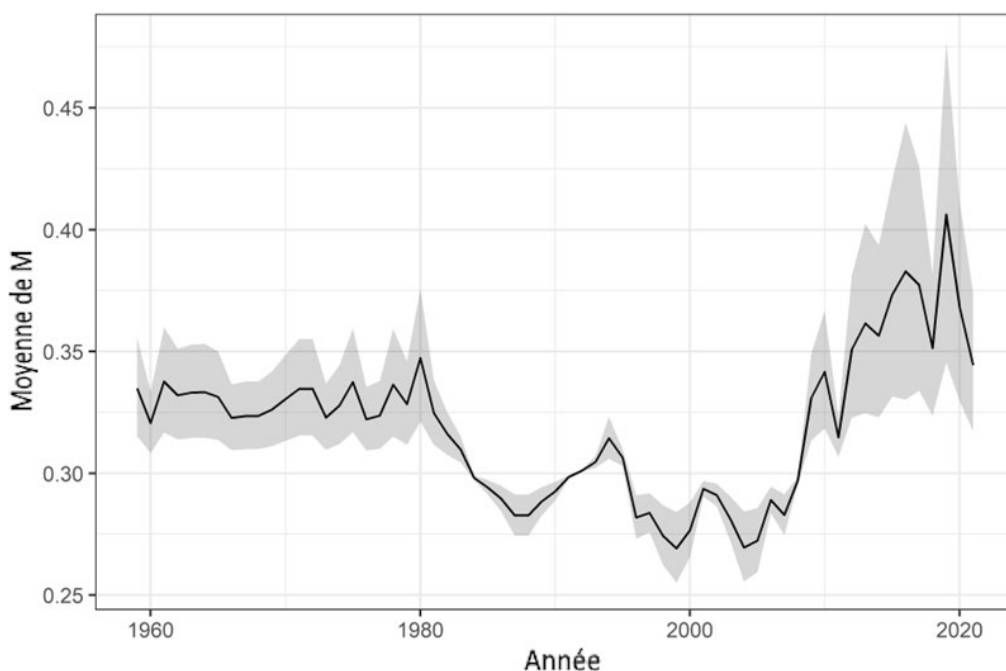


Figure 8. Mortalité naturelle (M moyenne, âges 5 à 9) de la morue de la sous-division 3Ps entre 1959 et 2021. La valeur M est fixée à un niveau de base de $M = 0,3$ et mise à l'échelle dans le modèle en fonction de l'indice fondé sur l'état présenté dans le tableau 7.

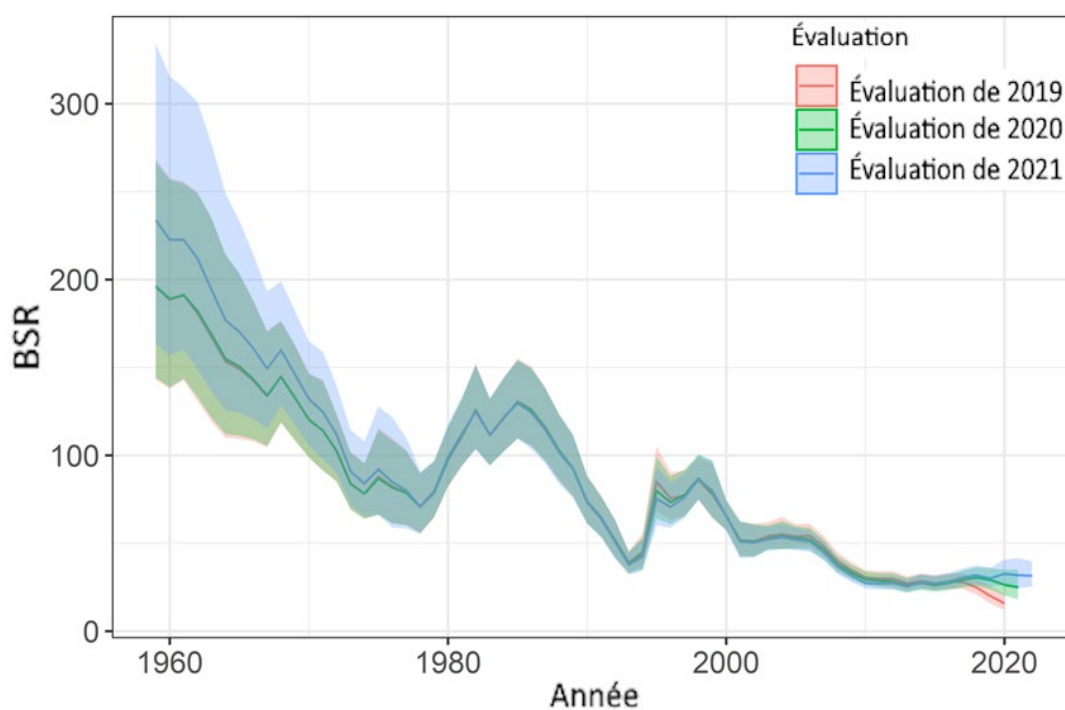


Figure 9. Évaluation rétrospective de la biomasse du stock reproducteur (BSR; en milliers de tonnes).

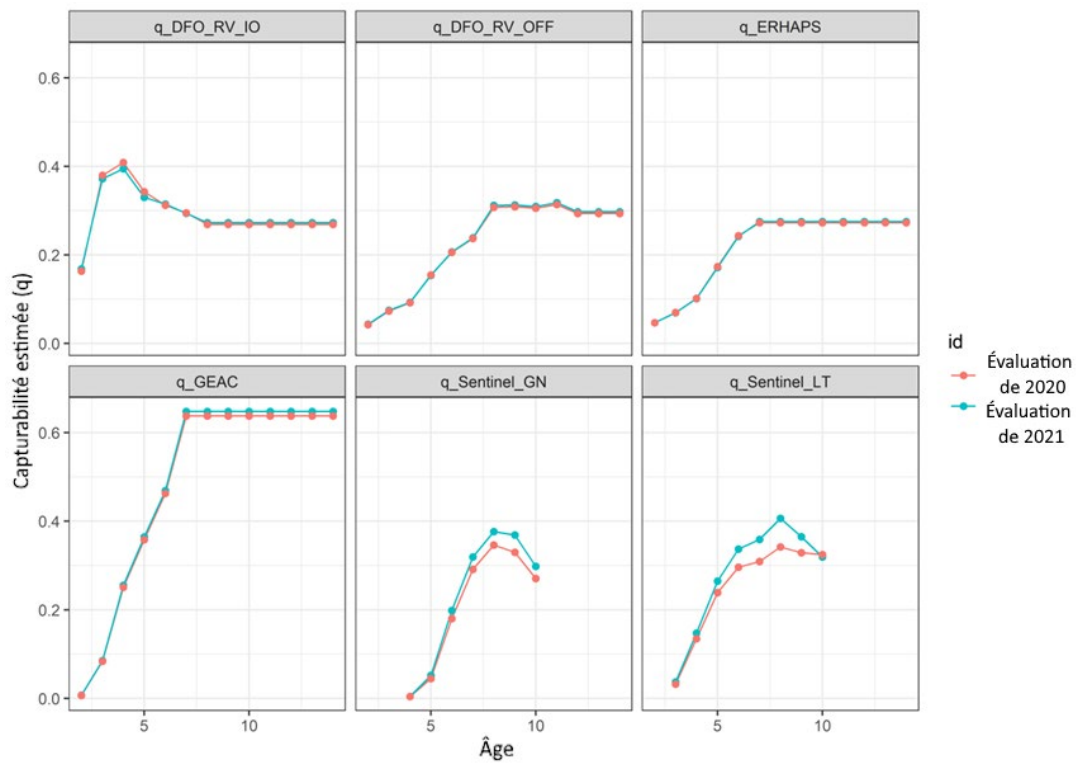


Figure 10. Estimations des paramètres de capturabilité à partir de l'évaluation de 2020 et de 2021.

ANNEXE A – MISE À JOUR 2021 DU MODÈLE SAM

DESCRIPTION DU MODÈLE SAM

Le modèle d'évaluation des stocks (SAM) utilisé dans le cadre de l'évaluation du stock de morue de la sous-division 3Ps a été élaboré à l'aide d'un [progiciel d'évaluation des stocks](#) (tiré de Nielsen et Berg 2014, Berg et Nielsen 2016), et fait l'objet d'une description détaillée dans Champagnat *et al.* 2024. La formulation du modèle suit la description dans Champagnat *et al.* 2024 d'une « exécution sentinelle » (exécution 143).

Données d'entrée et paramétrage

Les données d'entrée utilisées dans l'évaluation de la morue de la sous-division 3Ps de 2021 sont les mêmes que celles du modèle HYBRIDE en ce qui concerne les débarquements des pêches (1959-2020), les prises, le poids et la maturité selon l'âge (1959-2020), les relevés de recherche (relevé printanier par navire de recherche, relevé au chalut ERHAPS), le relevé au chalut GEAC et le relevé par pêche sentinelle au filet maillant et à la palangre (1995-2020). Dans le modèle HYBRIDE, le groupe plus est fixé à 14, tandis que pour le modèle SAM, le groupe plus est fixé à 12 et le modèle diffère dans le paramétrage de la mortalité naturelle et de certains autres éléments du modèle d'évaluation de type état-espace (SAM) comme suit :

-	SAM	Hybride
Ajustement aux données commerciales	Prises selon l'âge directement	Débarquements et proportion selon l'âge en utilisant les logits de ratio continus
Traitement des 0	Changement pour « s.o. » et estimation	Vraisemblance censurée pour obtenir 0 + epsilon
Effets aléatoires	F et N	F et N. Pause dans la normale à plusieurs variables pour F au début du moratoire. Séparation de l'âge 2 de la normale à plusieurs variables.
Relevé par navire de recherche : zones côtière et extracôtière (IO) et zone extracôtière (OFF)	Q pour les âges supérieurs à 7 de façon égale dans les 2 relevés scientifiques	Q pour les âges 8 et plus ajusté dans les deux relevés scientifiques
Incertitude des débarquements	Aucune incertitude (bien qu'il soit possible d'introduire une approximation)	Incertitude traitée avec la vraisemblance censurée
Mortalité naturelle (M)	Fixée à 0,3 pour toutes les années et tous les âges	M fondée sur l'état
Groupe plus	12	14

Résultats du modèle

Influence des indices de la pêche sentinelle

L'estimation de l'écart-type de l'indice issu du relevé par pêche sentinelle à la palangre est très faible (tableau A1), ce qui signifie que le modèle est bien ajusté à cet indice, bien que son influence ait diminué dans la dernière évaluation par rapport à l'exécution présentée lors de la réunion sur le cadre tenue en 2019. Pour évaluer l'influence de cette série, on a effectué des exécutions sans tenir compte de certaines flottilles (p. ex., exécuter le modèle sans tenir compte d'un relevé). Contrairement à l'évaluation de l'année dernière et en raison de la plus récente augmentation des indices selon l'âge dans les relevés, l'exécution excluant le relevé par pêche

sentinelle à la palangre est celle qui affiche la BSR la plus faible (figure A1), ce qui signifie que cet indice contribue maintenant à l'accroissement des estimations du stock. L'estimation de l'écart-type de l'indice issu du relevé par pêche sentinelle au filet maillant est la plus élevée des six flottilles de référence. Ce relevé a donc une très faible influence sur l'estimation finale, et l'exécution finale l'excluant présente des lignes représentant le BSR, la F et le recrutement qui se confondent avec celles de l'estimation finale (figure A1).

Influence des relevés

Les estimations de l'écart-type (tableau A1) des deux relevés printaniers par navire de recherche du MPO (eaux côtières et extracôtières [1997 à aujourd'hui], eaux extracôtières [avant 1997]) et du relevé français ERHAPS montrent une similarité remarquable (0,75 à 0,79), ce qui signifie que ces relevés contribuent également aux estimations finales. L'exercice d'exclusion (figure A1) montre que le relevé par navire de recherche du MPO est le plus influent en ce qui concerne la BSR et le recrutement au cours de la dernière décennie.

Exécution mise à jour

L'exécution finale présentée à la réunion d'évaluation de la morue dans la sous-division 3Ps en 2021 a été paramétrée comme décrit dans la première section.

La biomasse du stock reproducteur affiche une tendance à la hausse lente mais constante depuis sa valeur la plus faible de l'histoire au début des années 2010 (figure A4). L'estimation finale pour 2021 est de 33,3 kt (tableau A2), soit environ 50 % du PRL tel que défini en 2019.

La mortalité par pêche pondérée en fonction de la population a globalement diminué depuis 2000, et l'estimation de 2021 est de 0,04, soit la valeur la plus faible de la série chronologique, à l'exclusion de la période du moratoire (figure A5; tableau A2).

Les estimations du recrutement (abondance des poissons d'âge 2) sont faibles depuis 2002. Après les fortes classes d'âge de 2011 et de 2012, les estimations ont diminué et atteint les valeurs les plus faibles de la série avant de retourner aux valeurs moyennes des 20 dernières années. Le relevé printanier du MPO a permis de suivre quelques jeunes poissons de plus depuis 2018, ce qui a entraîné une légère augmentation des estimations du recrutement (figure A6). Il est à noter que le relevé n'a pas eu lieu en 2020 en raison de la pandémie de COVID-19.

Les diagnostics du modèle sont similaires aux résultats discutés lors de la réunion portant sur le cadre, et comprennent quelques preuves des effets de l'année sur l'ajustement du relevé et une certaine contradiction entre les indices issus du relevé par navire de recherche du MPO et ceux issus du relevé par pêche sentinelle à la palangre.

Qualité de l'évaluation

Les résidus du processus pour la population sont bien décrits (figure A2) et ceux pour la mortalité par pêche montrent quelques grandes bulles au milieu des années 1990, représentant probablement un effet secondaire du moratoire.

Les exécutions rétrospectives (figure A3) ne montrent aucune tendance directionnelle au cours des cinq à six dernières années, ce qui est très apprécié étant donné la difficulté associée à de telles tendances du début des années 2010. Ce résultat confirme la difficulté liée à l'évaluation de l'ampleur réelle de la classe d'âge de 2011 avant que ces poissons aient entre 5 et 6 ans, comme le montre la figure rétrospective du recrutement.

Projection avec le modèle SAM

La projection du stock jusqu'en 2024 a été effectuée en supposant que les prises seront à 30 % de leur valeur actuelle (débarquements de 2020). On a supposé que le recrutement correspond

à la moyenne des estimations de l'âge 2 entre 2012 et 2019, et que le poids selon l'âge, la mortalité selon l'âge et la sélectivité de la pêche correspondent à la moyenne des valeurs de 2017 à 2021. La proportion des poissons matures selon l'âge a été projetée à partir des estimations du modèle propres à la cohorte. On a réalisé six scénarios de projection à l'aide de multiplicateurs de 0,7, de 0,85, de 1,0, de 1,15 et de 1,3 appliqués aux débarquements actuels, et on présumait une valeur constante pour chaque année. Toutes les projections avec des débarquements supposés montrent que la BSR en 2024 est égale ou supérieure à celle de 2021 (tableaux A3 à A5). Lorsque les prises augmentent, la mortalité par pêche augmente à un rythme plus rapide, soit une augmentation de 30 % (scénario d'augmentation de 15 %) ou multipliée par deux (scénario d'augmentation de 30 %).

Tableaux

Tableau A1. Paramètres de l'écart-type estimés pour le modèle SAM.

Paramètres de l'écart-type	Exécution standard 2019	Exécution standard 2021
Recrutement	0,35	0,32
Survie/population	0,22	0,18
Âge 2 F	0,68	0,69
Âges 3-4 F	0,97	0,96
Âge 5+ F	0,65	0,64
Âge 2 prises	1,62	1,67
Âges 3-4 prises	0,64	0,67
Âges 5+ prises	0,26	0,28
EXTRACÔTIER	0,74	0,75
CÔTIER	0,81	0,79
GEAC	0,98	0,97
ERHAPS	0,75	0,77
Sentinelle FM	2,74	2,74
Sentinelle P	0,38	0,45

Tableau A2. Estimations, limites supérieure et inférieure de la BSR, de la F et du recrutement d'après le modèle SAM.

Variable	Année	Estimation	Limite inférieure-supérieure
BSR	2019	27,5	22,0-34,4
	2020	31,0	23,8 à 40,4
	2021	33,3	25,0 à 44,2
F	2019	0,09	0,07-0,12
	2020	0,04	0,03-0,06
	2021	0,04	0,01-0,16

Variable	Année	Estimation	Limite inférieure-supérieure
Recrutement	2019	16,1	9,4-27,6
	2020	19,3	9,4-39,7
	2021	22,4	9,2-54,7

Tableau A3. Estimations, limite supérieure et inférieure de la BSR et de la mortalité par pêche en 2022 à partir de la projection du modèle SAM.

Variable	Scénario de prises	Estimation de SAM	Limite inférieure de SAM	Limite supérieure de SAM
BSR	0	34	24	45
	-30 %	34	25	45
	-15 %	33	24	45
	Statu quo	33	24	46
	+15 %	33	24	46
	+30 %	33	23	46
F	0	0	0	0
	-30 %	0,015	0,003	0,094
	-15 %	0,024	0,004	0,138
	Statu quo	0,032	0,005	0,210
	+15 %	0,043	0,007	0,254
	+30 %	0,058	0,010	0,323

Tableau A4. Estimations, limite supérieure et inférieure de la BSR et de la mortalité par pêche en 2023 à partir de la projection du modèle SAM.

Variable	Scénario de prises	Estimation de SAM	Limite inférieure de SAM	Limite supérieure de SAM
BSR	0	38	26	52
	-30 %	37	27	52
	-15 %	36	24	51
	Statu quo	35	23	50
	+15 %	34	22	50
	+30 %	34	21	49
F	0	0	0	0
	-30 %	0,009	0,001	0,102

Variable	Scénario de prises	Estimation de SAM	Limite inférieure de SAM	Limite supérieure de SAM
	-15 %	0,019	0,002	0,156
	<i>Statu quo</i>	0,031	0,003	0,261
	+15 %	0,047	0,005	0,410
	+30 %	0,072	0,007	0,628

Tableau A5. Estimations comparatives, limites supérieure et inférieure de la BSR et de la mortalité par pêche en 2024 à partir de la projection du modèle SAM.

Variable	Scénario de prises	Estimation	Limite inférieure	Limite supérieure
BSR	0	42	29	62
	-30 %	40	28	58
	-15 %	39	24	58
	<i>Statu quo</i>	37	22	56
	+15 %	36	19	56
	+30 %	35	15	54
F	0	0	0	0
	-30 %	0,006	0,000	0,081
	-15 %	0,014	0,001	0,159
	<i>Statu quo</i>	0,028	0,002	0,317
	+15 %	0,051	0,004	0,723
	+30 %	0,086	0,007	1,086

Figures

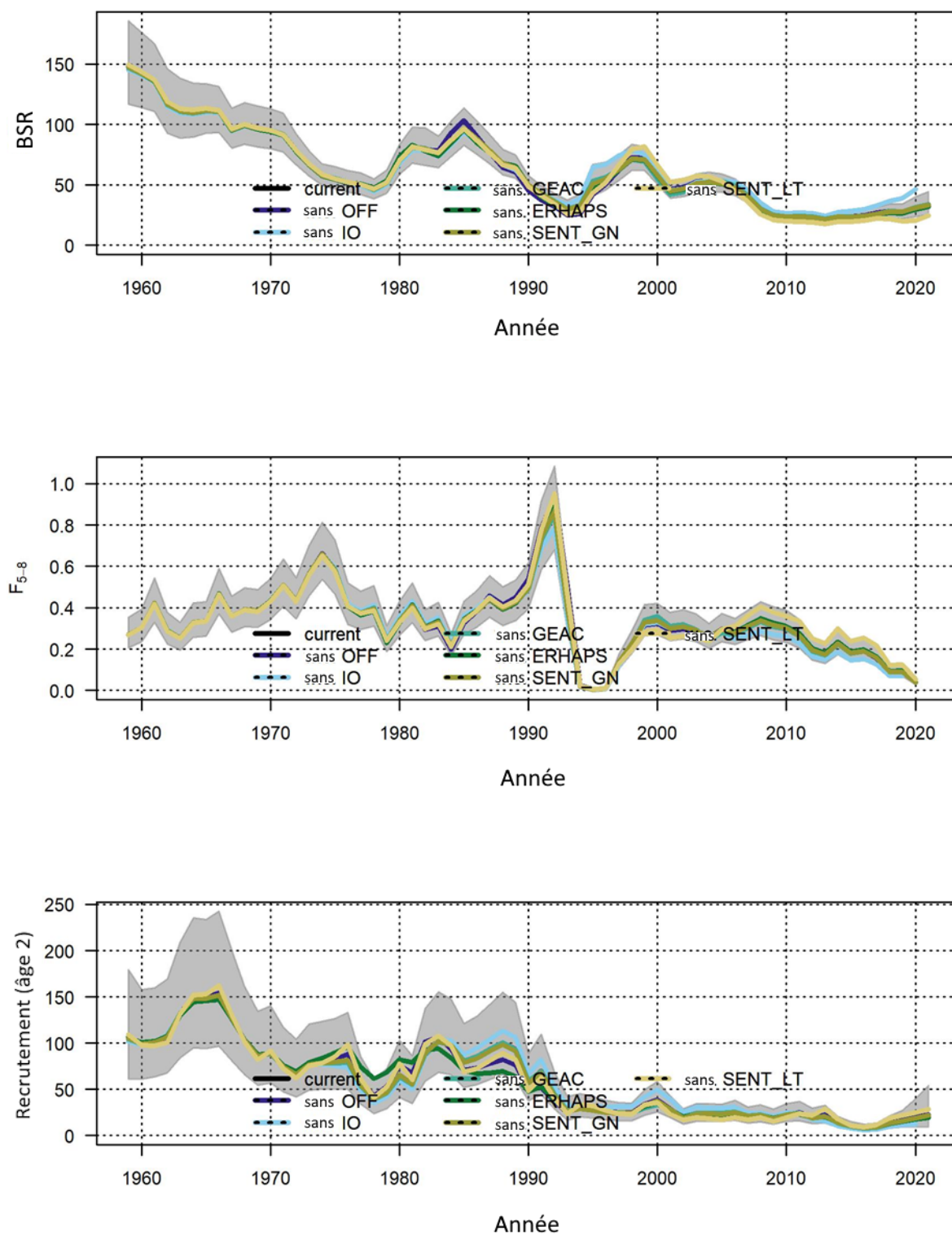


Figure A1. Tendances de la BSR, de la mortalité par pêche moyenne et du recrutement (âge 2) estimés par le modèle SAM pour l'exécution actuelle et des exécutions excluant certaines flottilles.

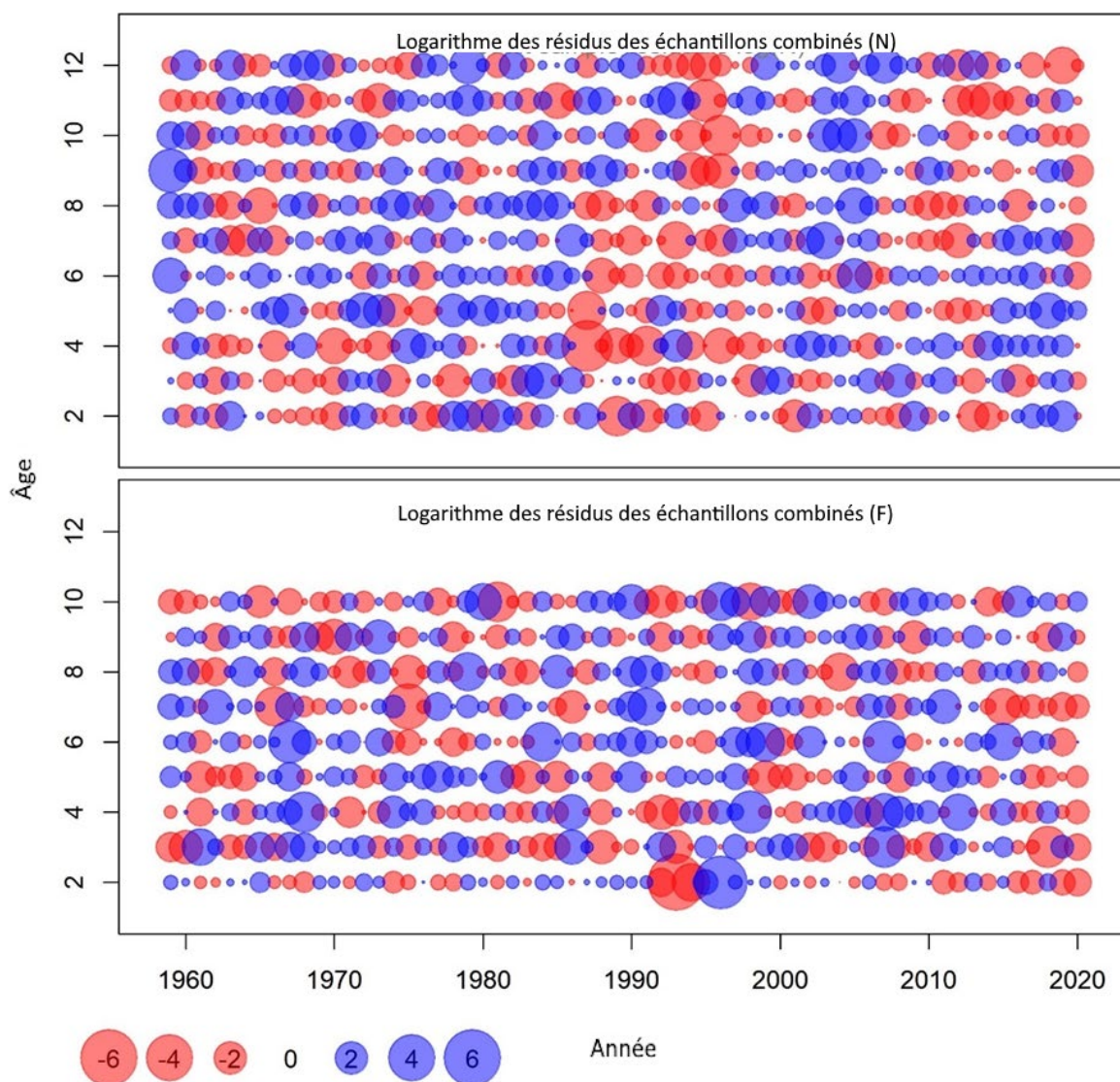


Figure A2. Résidus du processus pour la population (en haut) et la mortalité par pêche (en bas).

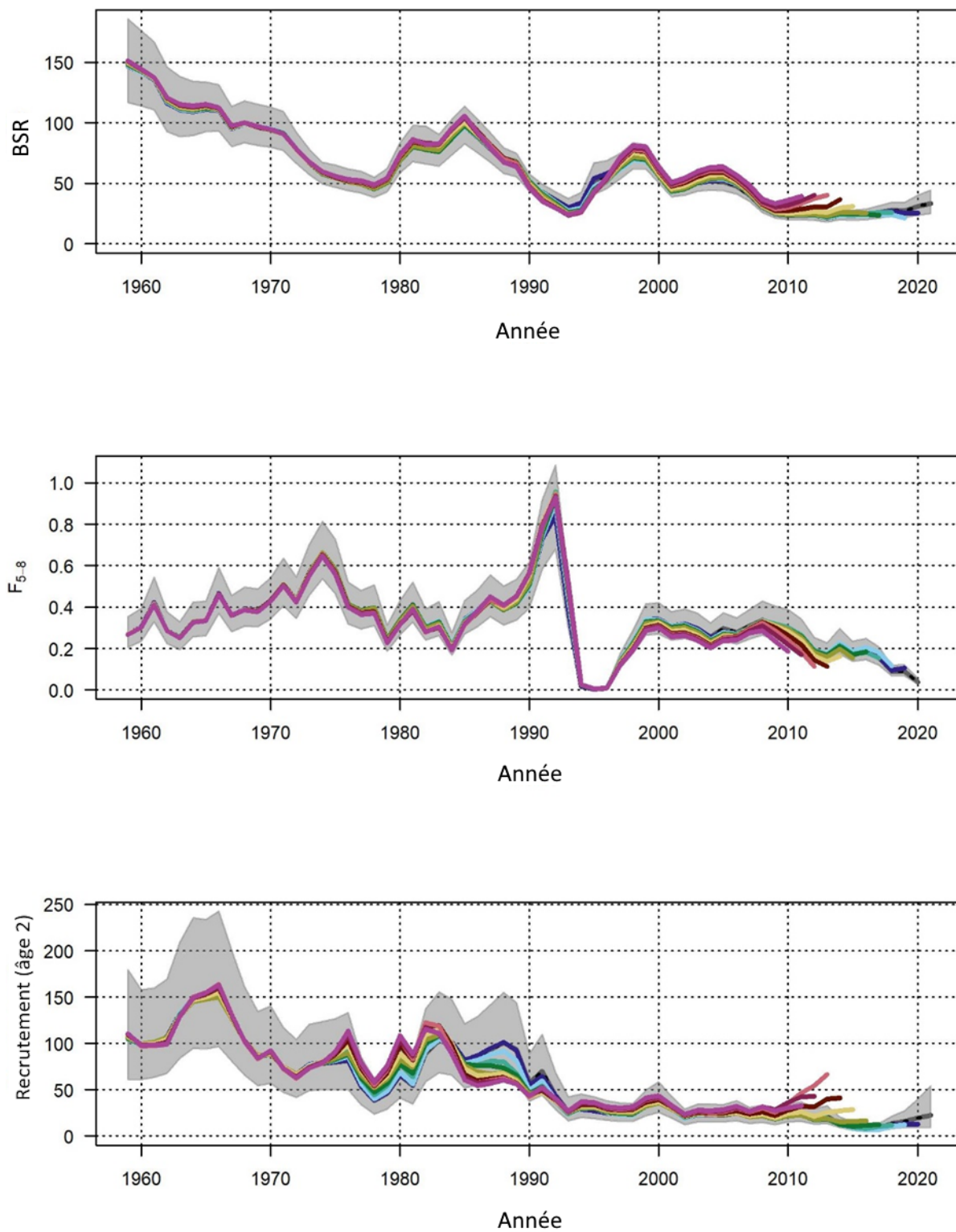


Figure A3. Graphiques des exécutions rétrospectives pour la BSR, la mortalité par pêche moyenne et le recrutement (âge 2) estimés par le modèle SAM.

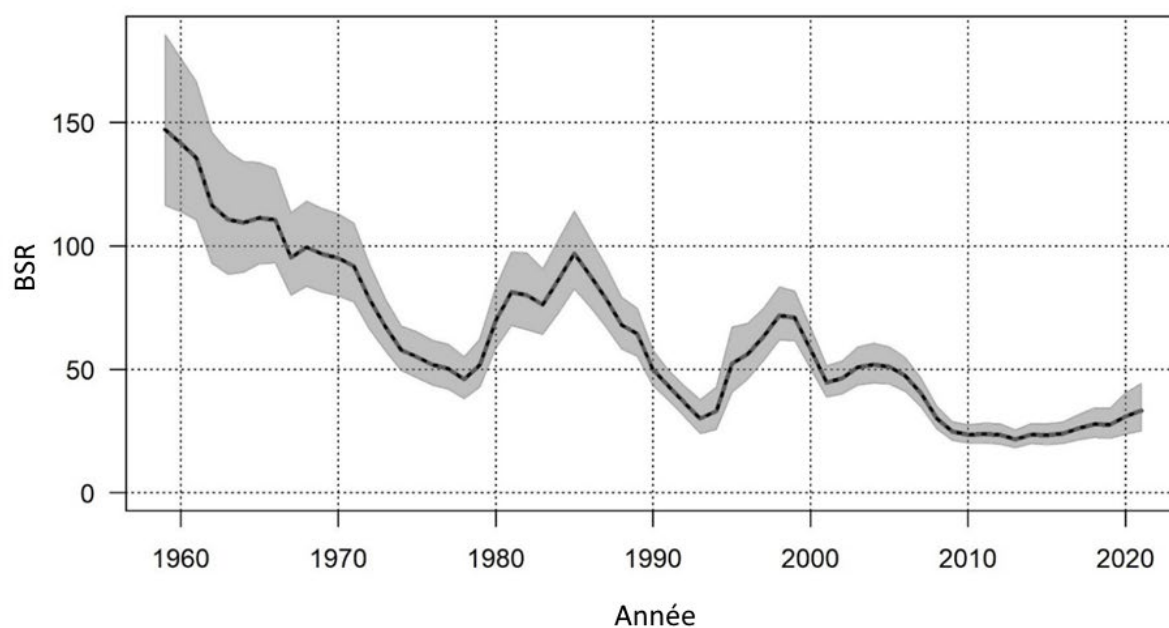


Figure A4. Estimations et intervalles de confiance de la BSR d'après l'exécution du modèle SAM.

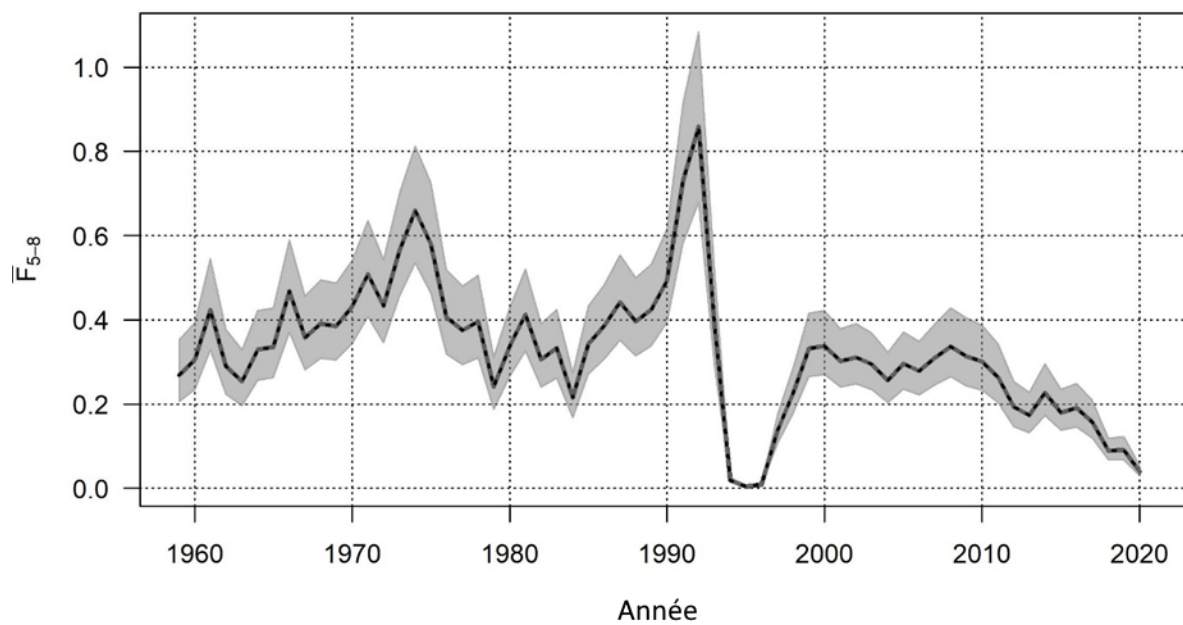


Figure A5. Estimations et intervalles de confiance de la mortalité par pêche moyenne d'après l'exécution du modèle SAM.

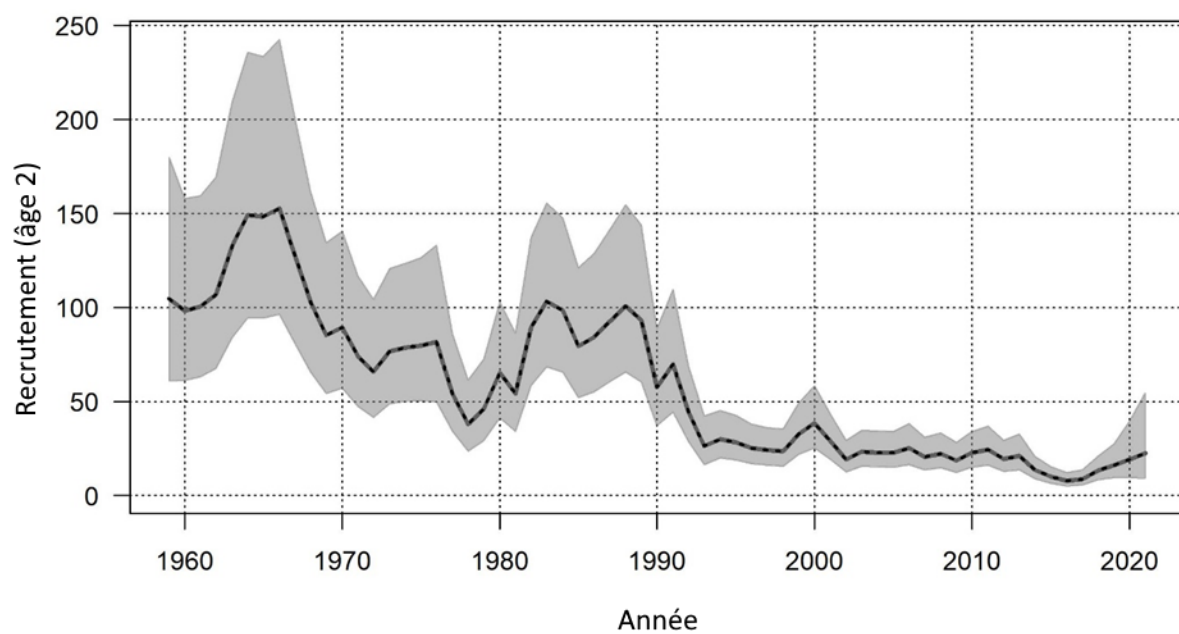


Figure A6. Estimations et intervalles de confiance du recrutement (âge 2) d'après l'exécution du modèle SAM.

ANNEXE B – DIAGNOSTICS DU MODÈLE

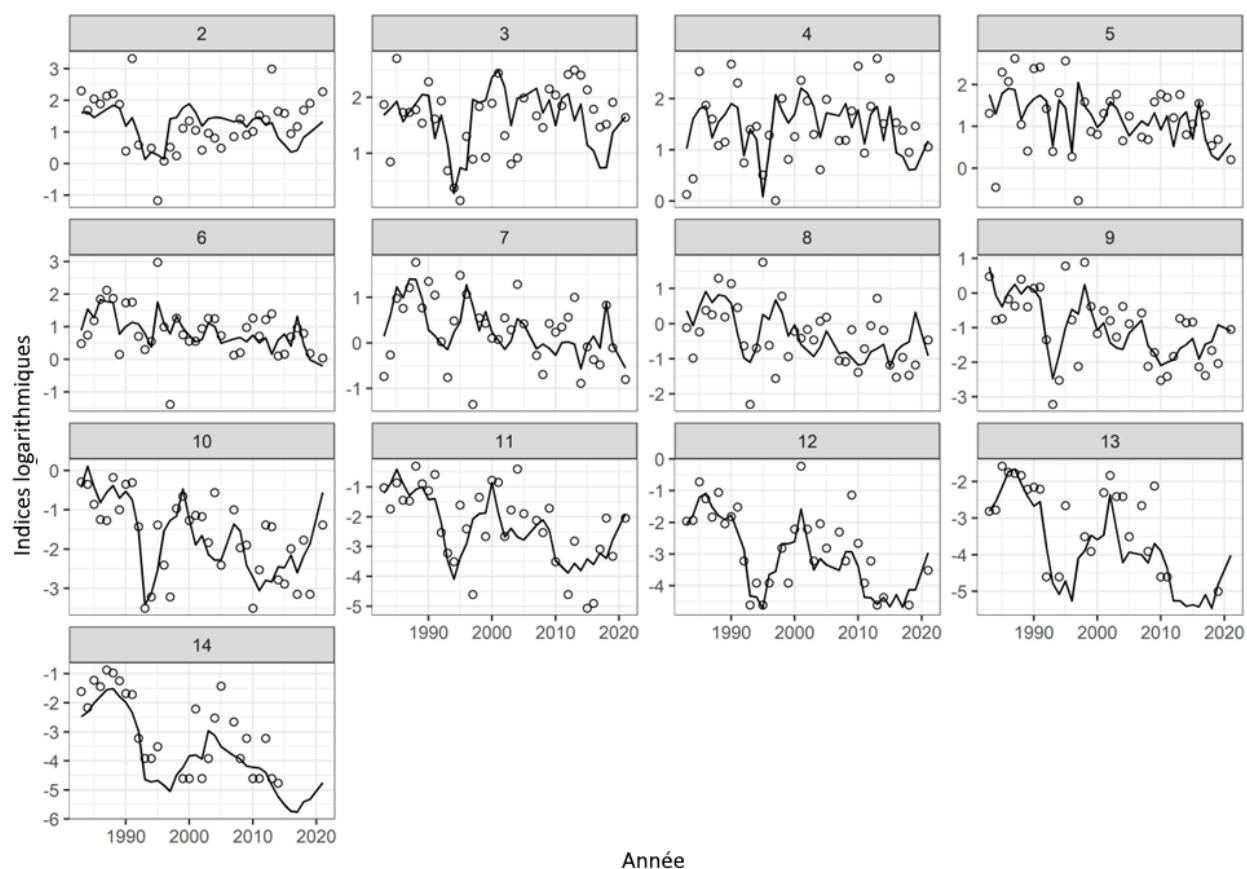


Figure B1. Ajustement du modèle selon l'âge au relevé de printemps par navire de recherche du MPO dans la sous-division 3Ps de l'OPANO.

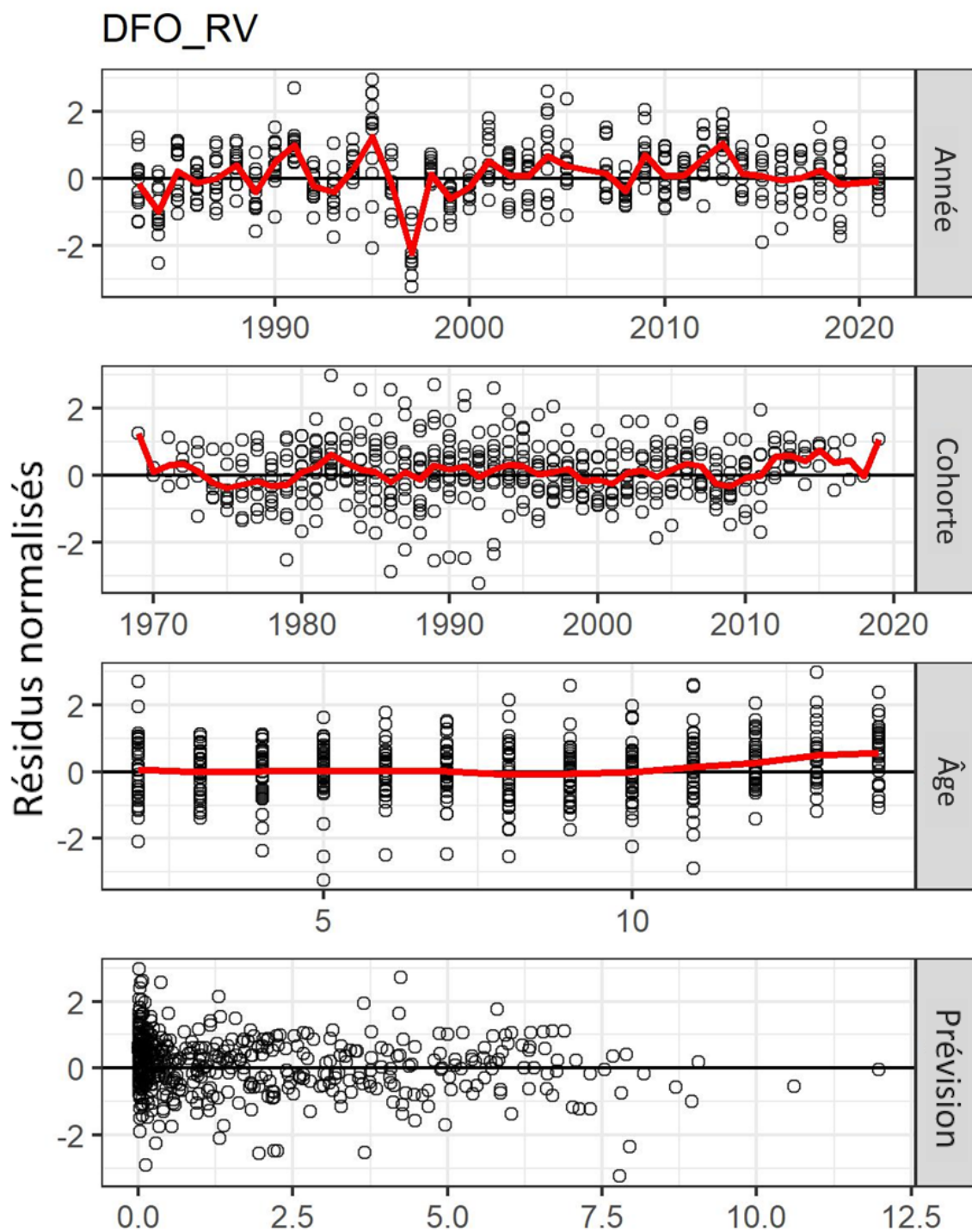


Figure B2. Résidus normalisés des indices obtenus à partir du relevé par navire de recherche du MPO représentés en fonction de l'année, de la cohorte, de l'âge et de l'indice logarithmique prévu pour les trois divisions. Une ligne continue représentant la moyenne est tracée sur chaque graphique.

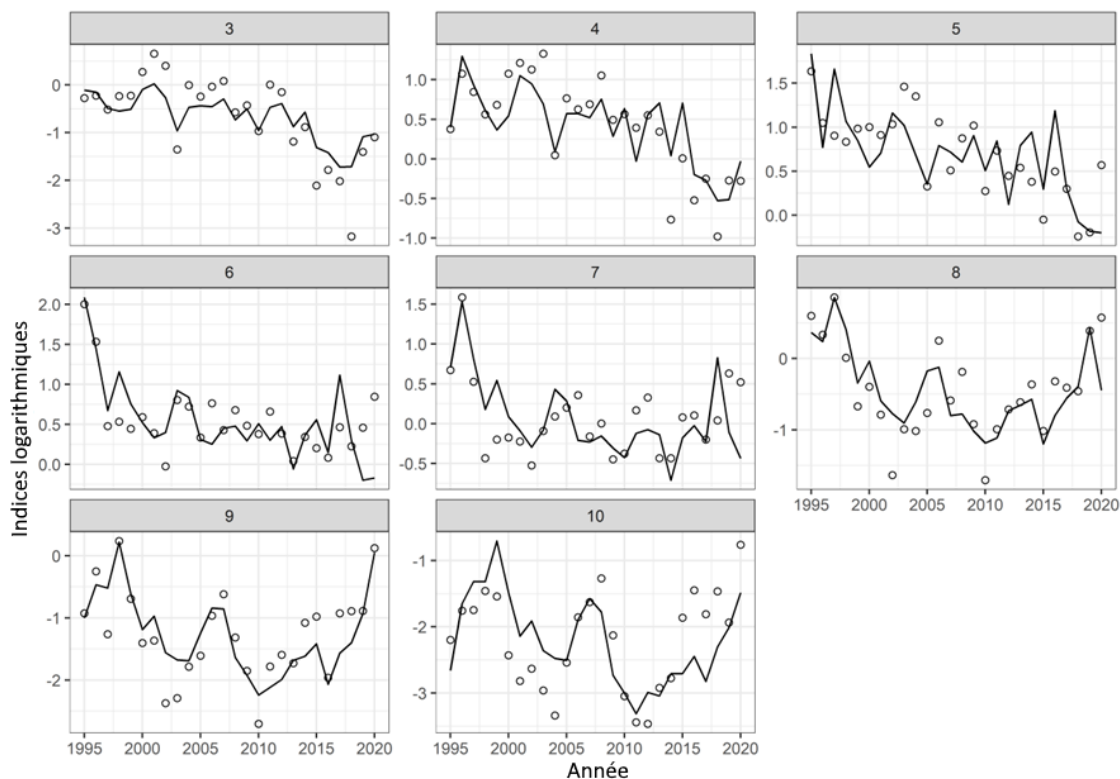


Figure B3. Ajustement du modèle selon l'âge à l'indice issu du relevé par pêche sentinelle à la palangre.

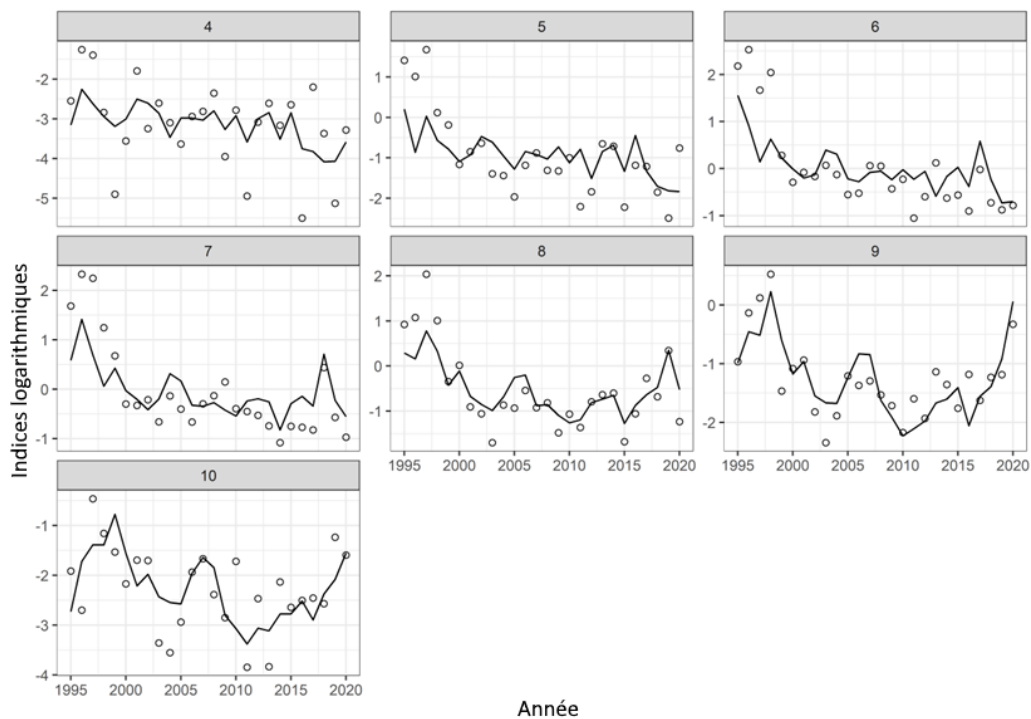


Figure B4. Ajustement du modèle selon l'âge à l'indice issu du relevé par pêche sentinelle au filet maillant.

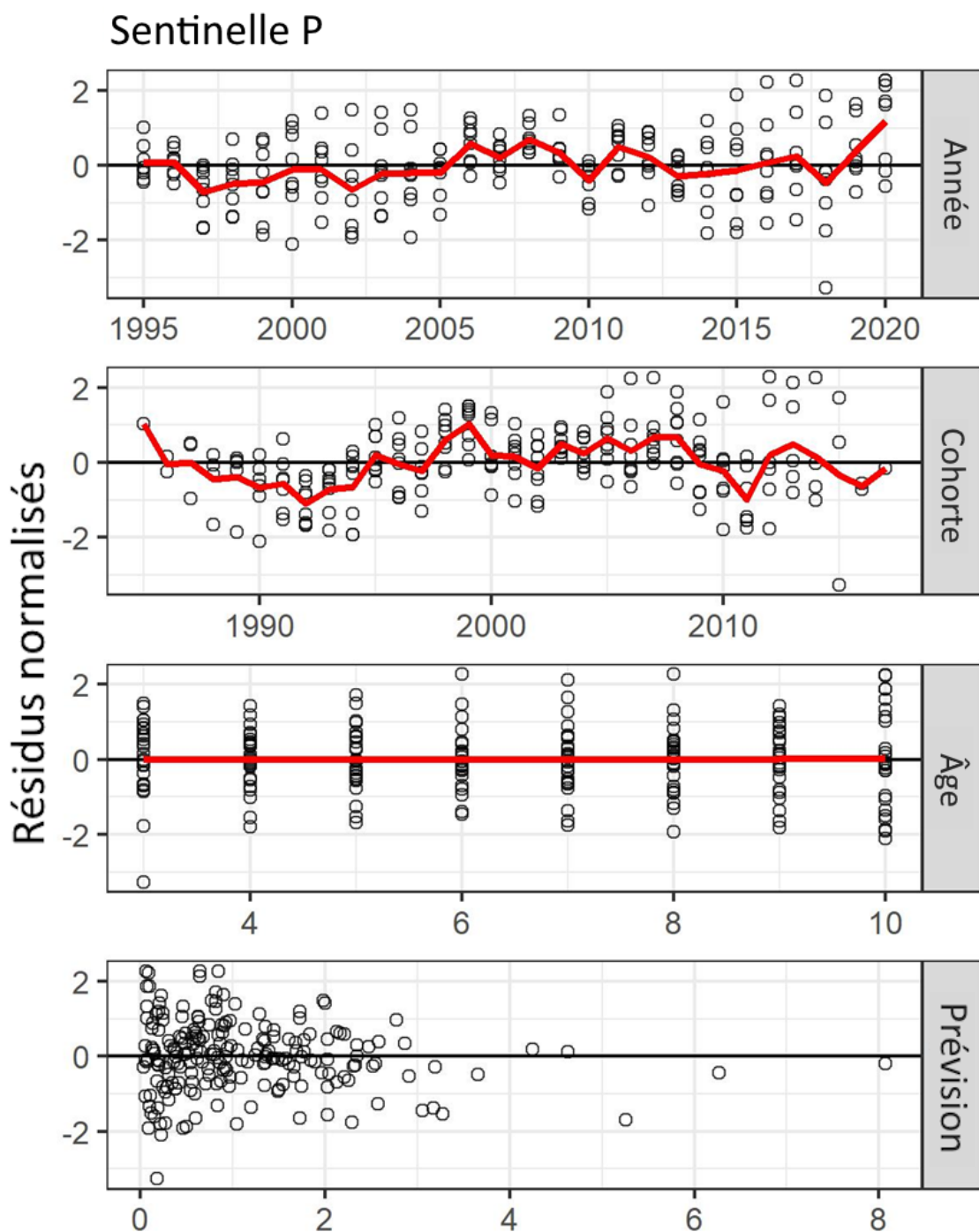


Figure B5. Résidus normalisés des indices obtenus à partir du relevé par pêche sentinelle à la palangre représentés en fonction de l'année, de la cohorte, de l'âge et de l'indice logarithmique prévu pour les trois divisions. Une ligne continue représentant la moyenne est tracée sur chaque graphique.

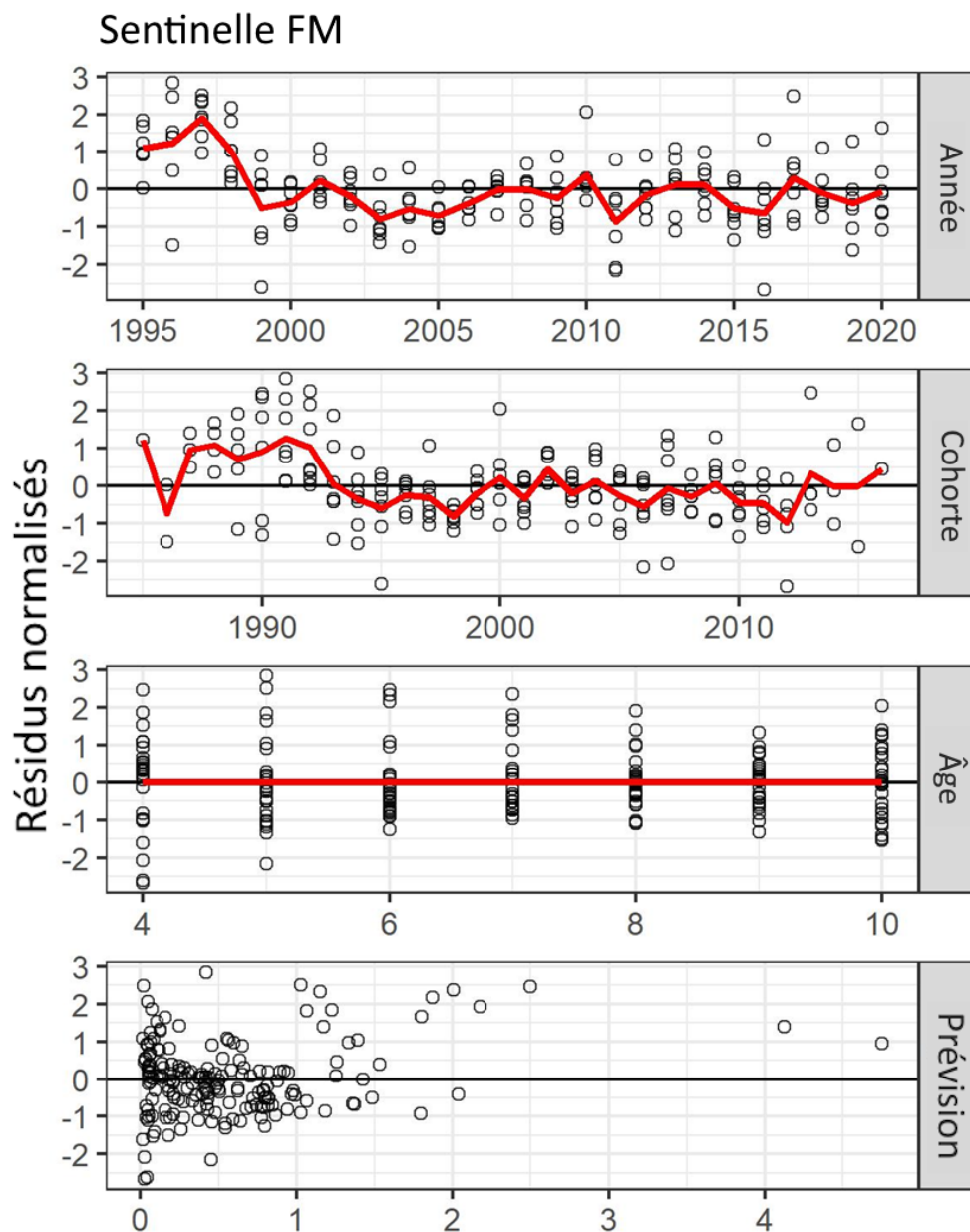


Figure B6. Résidus normalisés des indices obtenus à partir du relevé par pêche sentinelle au filet maillant représentés en fonction de l'année, de la cohorte, de l'âge et de l'indice logarithmique prévu pour les trois divisions. Une ligne continue représentant la moyenne est tracée sur chaque graphique.

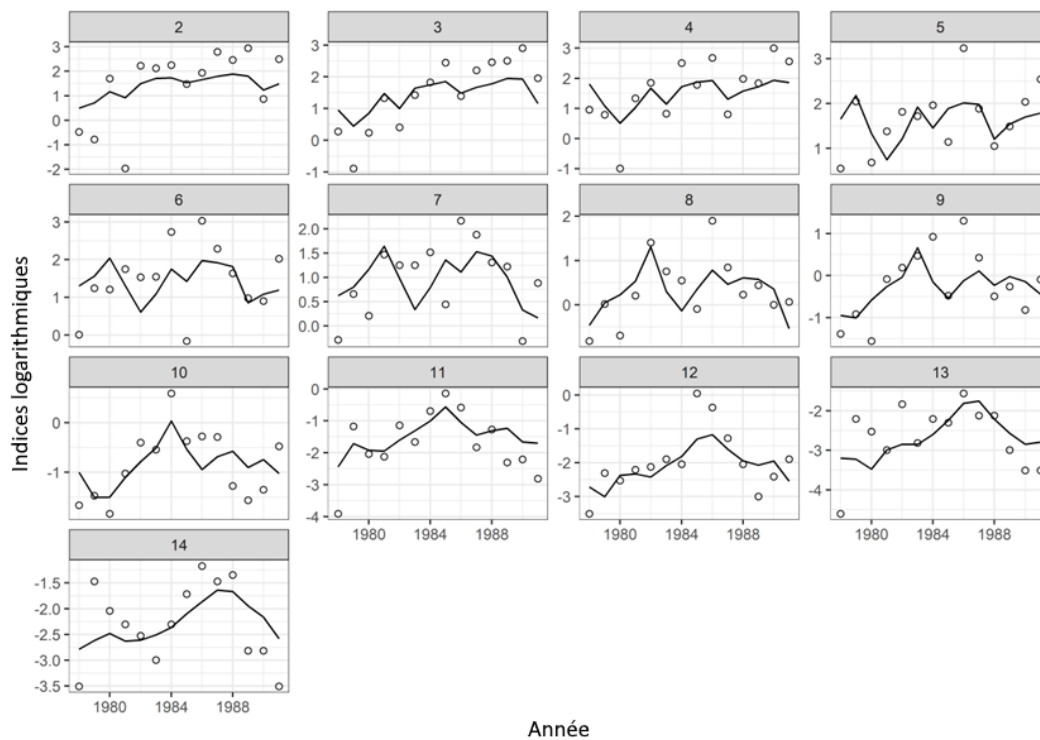


Figure B7. Ajustement du modèle selon l'âge au relevé EHRAPS français.

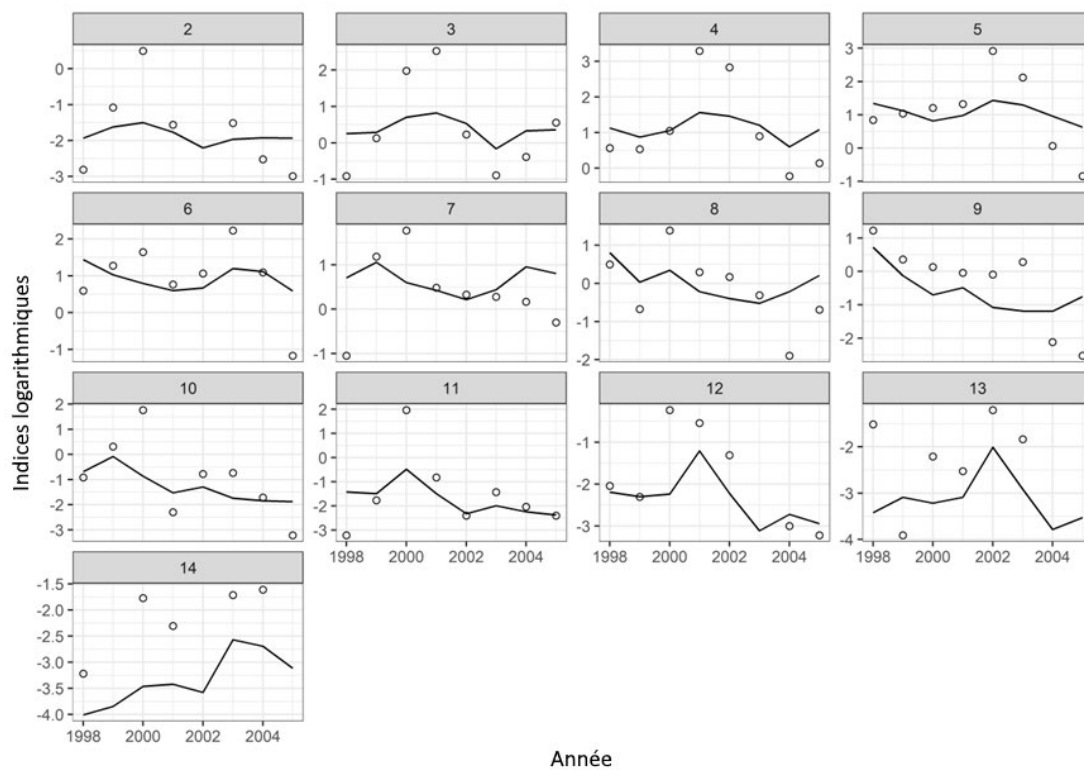


Figure B8. Ajustement du modèle selon l'âge au relevé du GEAC.