



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 2024/012**

**Région du Québec**

### **Révision des prises et de la maturité selon l'âge utilisées pour évaluer le contingent nord de maquereau bleu (*Scomber scombrus*)**

Elisabeth Van Beveren

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

---

## Avant-propos

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

### Publié par :

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

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



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du  
ministère des Pêches et des Océans, 2024

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-70497-5 N° cat. Fs70-5/2024-012F-PDF

### La présente publication doit être citée comme suit :

Van Beveren, E. 2024. Révision des prises et de la maturité selon l'âge utilisées pour évaluer le contingent nord de maquereau bleu (*Scomber scombrus*). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/012. iv + 29 p.

### **Also available in English:**

Van Beveren, E. 2024. *Revision of Catch- and Maturity- at Age Used to Assess the Northern Contingent of Atlantic Mackerel (Scomber scombrus)*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2024/012. iv + 28 p.

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION .....	1
MÉTHODES.....	2
PRISES SELON L'ÂGE .....	2
Données.....	2
Calculs .....	2
Exécutions supplémentaires .....	4
MATURITÉ SELON L'ÂGE .....	4
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	5
PRISES SELON L'ÂGE .....	5
Qualité .....	5
Comparaison avec les estimations précédentes.....	6
Exécutions supplémentaires .....	8
MATURITÉ SELON L'ÂGE .....	9
CONCLUSIONS.....	10
REMERCIEMENTS .....	10
RÉFÉRENCES CITÉES .....	11
RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES .....	12
TABLEAUX .....	12
FIGURES .....	14

---

## RÉSUMÉ

Les prises et la maturité selon l'âge sont deux matrices d'entrée essentielles dans le modèle d'évaluation du stock de maquereau de l'Atlantique Ouest. Ici, nous révisons les deux algorithmes d'estimation et offrons une comparaison avec les résultats présentés précédemment. Bien que les nouvelles matrices diffèrent des anciennes, plus particulièrement pour les âges plus jeunes (1 et 2), les tendances générales sont très semblables et donnent donc la même perception de la dynamique du stock. On a toutefois préféré les nouvelles méthodes, car elles assurent une comparabilité interannuelle complète et présentent en outre plusieurs autres propriétés pratiques (flexibilité, transparence, etc.). On a exécuté le modèle d'évaluation final de 2023 avec les nouvelles données d'entrée présentées dans ce document.

---

## INTRODUCTION

Le Canada fournit des évaluations du maquereau (*Scomber scombrus*) de l'Atlantique Ouest depuis environ quatre décennies (e.g., Maguire 1979). Les types de données d'entrée que l'on utilise pour déterminer l'état du stock sont toutefois restés largement inchangés (indice du relevé sur les œufs, prises selon l'âge, débarquements commerciaux et renseignements biologiques). Depuis que l'évaluation a commencé à mettre l'accent sur le contingent nord plutôt que sur l'ensemble du stock en 2021 (Grégoire *et al.* 2001), les valeurs des matrices ou des vecteurs d'entrée ont rarement été modifiées. Même si des modifications (mineures) ont été apportées à la méthodologie ou au logiciel, les nouvelles valeurs n'ont généralement été calculées que pour les années les plus récentes et ont été fusionnées avec les séries chronologiques existantes. L'objectif de ce document est de réviser et de mettre à jour les matrices des prises et de la maturité selon l'âge en vue d'assurer une cohérence méthodologique entre les années, ainsi qu'une transparence et une reproductibilité. D'autres données d'entrée sont examinées et mises à jour dans des documents de recherche distincts (poids et fécondité selon l'âge Boudreau *et al.*<sup>1</sup>; indice du relevé sur les œufs, Lehoux *et al.*<sup>2</sup>).

Les séries chronologiques de prises selon l'âge (CAA) intégrées dans les évaluations du maquereau bleu du contingent nord avant et y compris 2021 (Smith *et al.* 2022) couvraient la période allant de 1968 à l'année terminale. Pour chaque évaluation, la série existante a généralement été complétée avec de nouveaux chiffres pour les années les plus récentes (voir la figure S1). Bien que les débarquements de l'année terminale soient généralement préliminaires et que les prises selon l'âge pour ces années devraient donc idéalement être de nouveau estimées dans le cadre de l'évaluation subséquente, cela n'a souvent pas été fait (figure S1). La mise à jour des prises selon l'âge dans une fenêtre de temps changeante pose également des problèmes supplémentaires. Par exemple, les méthodes et les données utilisées pour générer les premières estimations sont, à notre connaissance, perdues (p. ex. celles de Maguire 1980). Le logiciel CATCH utilisé depuis au moins l'évaluation du stock de 2012 (Grégoire *et al.* 2013) présente également plusieurs inconvénients, dont la plupart sont liés à la transparence méthodologique (algorithme appliqué inconnu) et à la flexibilité (possibilité de réaliser des analyses de sensibilité ou d'ajouter des améliorations), ainsi qu'à la reproductibilité (voir Ouellette-Plante *et al.* 2022). Dans le cadre des deux dernières évaluations (Smith *et al.* 2020, 2022), on a utilisé le code R pour répartir les débarquements selon l'âge, mais encore une fois, seulement pour la période la plus récente (2015-2020).

La matrice de la maturité selon l'âge annuelle (MAA) est également demeurée largement inchangée au cours de la dernière décennie au moins (figure S2). Différents biologistes ont appliqué différentes règles pour définir les valeurs aberrantes, ont utilisé différents logiciels (p. ex. SAS par Grégoire and Beaudin (2014) comparativement à R dans les évaluations plus récentes), et il n'est pas clair quelles données sous-jacentes ont été utilisées (p. ex. des sous-ensembles potentiels en termes de régions de l'OPANO et de types d'engins). Le deuxième objectif de la présente analyse est donc d'effectuer une nouvelle estimation de la série complète.

---

<sup>1</sup> Boudreau et al. En préparation. Calculation of stock weight- and fecundity-at-age during the spawning season used to assess the northern contingent of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.

<sup>2</sup> Lehoux et al. En préparation.. Results of the mackerel (*Scomber scombrus* L.) egg surveys conducted in the southern Gulf of St. Lawrence from 1979 to 2022. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.

---

Les résultats ont été présentés et examinés dans le cadre de l'évaluation du stock de 2023 (Van Beveren *et al.* 2023).

## MÉTHODES

Le code utilisé pour réaliser l'évaluation du stock (calcul des données d'entrée et modélisations) est accessible en ligne (voir [iml-mackerel · GitHub](#)).

### PRISES SELON L'ÂGE

#### Données

##### Débarquements

Les données sur les débarquements pour 1968-1984 proviennent de la base de données de l'OPANO ([STATLANT 21B](#)) et les données de 1995 à 2022 proviennent des fichiers ZIFF (Zonal Interchange File Format) les plus récents produits par les bureaux régionaux des statistiques du MPO. Pour 2022, les débarquements enregistrés ont été complétés par les débarquements associés à la collecte d'échantillons (à l'aide de permis de pêche délivrés au titre de l'article 52, voir Van Beveren *et al.* 2023).

##### Échantillons

Pêches et Océans Canada compte sur un programme systématique d'échantillonnage au port qui a été conçu précisément pour estimer la composition des prises des débarquements commerciaux. Pour le maquereau, il s'agit aussi de la source de données la plus importante pour déterminer les caractéristiques biologiques.

Chaque année, on présente une demande pour un certain nombre d'échantillons par région, période et type d'engin (appelé strate), en fonction de l'importance prévue de cette strate en termes de débarquements totaux. Pour le maquereau, un échantillon se compose d'environ 150 poissons sélectionnés aléatoirement, dont on mesure la longueur à la fourche (mesurée à 0,5 cm près). On envoie généralement un sous-échantillon stratifié selon la longueur (deux poissons par tranche de longueur) à l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) à des fins de détermination de l'âge (normalisé au 1<sup>er</sup> janvier) et de caractéristiques biologiques supplémentaires (p. ex. poids;  $\pm 0,1$  g). Les données biologiques (âge, poids des poissons et des gonades, etc.) du programme d'échantillonnage au port peuvent être complétées par des échantillons recueillis à d'autres fins (p. ex. des projets de recherche précis) et provenant d'autres sources (p. ex. des relevés de recherche ou de petits échantillons de prises accessoires recueillis de manière opportuniste). On a saisi les fréquences des longueurs et les données biologiques dans deux tableaux distincts de la base de données Oracle et on les a consultées à l'aide de la librairie RDFOdata (version 0.1.1). Il convient de noter que les données brutes sur la fréquence des longueurs ne sont disponibles qu'à partir de 1976, tandis que la base de données biologiques contient des renseignements bruts disponibles à partir de 1973. Nous n'avons pas été en mesure de récupérer des données plus anciennes (absentes des archives papier de l'IML et des bases de données numériques de l'IML et de la région des Maritimes, où le maquereau a historiquement été évalué).

Les détails sur les échantillons recueillis en 2022 sont fournis par Van Beveren *et al.* (2023).

#### Calculs

Nous utilisons la librairie [R catchR](#) spécifiquement élaboré pour effectuer les analyses (version 0.1.1). Tous les détails sur la librairie R et l'algorithme appliqué peuvent être trouvés

dans Ouellette-Plante *et al.* (2022), qui l'ont utilisé pour estimer les prises selon l'âge pour la morue dans les divisions 3 Pn et 4RS.

On a réparti les débarquements entre les classes de longueur et d'âge (1 à 10+) par année, trimestre, région à grande échelle et type d'engin (voir le tableau S1; identique aux évaluations antérieures), la combinaison de ces éléments étant appelée strate ( $k$ ). Plus précisément, les débarquements ont été totalisés par strate et les échantillons ont été attribués aux strates (tel que défini dans le tableau S1), avant que toutes les données ne soient transmises à l'algorithme automatisé catchR pour l'attribution des échantillons. La fonction `get.samples` utilise un schéma de décision comprenant 12 niveaux d'agrégation  $g_k$ , où la première option correspond au niveau de la strate (c.-à-d. qu'il y a une correspondance parfaite entre l'échantillon et la prise), et les options restantes représentent progressivement moins les débarquements;

$$g_k = \begin{cases} 1 = \text{année} + \text{période} + \text{région} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 2 = \text{année} + \text{périodes voisines} + \text{région} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 3 = \text{année} + \text{période} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 4 = \text{année} + \text{périodes voisines} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 5 = \text{année} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 6 = \text{année} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 7 = \text{années voisines} + \text{période} + \text{zone} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 8 = \text{années voisines} + \text{périodes voisines} + \text{région} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 9 = \text{années voisines} + \text{période} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 10 = \text{années voisines} + \text{périodes voisines} + \text{engin} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 11 = \text{années voisines} + \text{période} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \\ 12 = \text{années voisines} & (\text{si } N \geq 2, \text{ sinon } \downarrow) \end{cases}$$

Pour chaque strate, nous avons cherché au moins deux échantillons ( $N$ ) pour déterminer la répartition de la fréquence des longueurs, ainsi que deux échantillons (pas nécessairement des sous-échantillons de la fréquence de longueurs choisie) pour déterminer une clé de longueur selon l'âge (arguments `min.lf.samples` et `min.al.samples` dans la fonction `get.samples`). On a fixé une limite inférieure de 12 poissons pour construire une clé de longueur selon l'âge (argument `min.al.fish`), de sorte que lorsque ce nombre n'était pas atteint, l'algorithme cherchait des échantillons supplémentaires. Ce seuil minimum était nécessaire en raison de l'existence d'échantillons extrêmement petits souvent recueillis à des fins de recherche. Les échantillons de longueur selon l'âge peuvent également être petits lorsque tous les âges d'un sous-échantillon n'ont pas pu être lus (p. ex. en raison du mauvais état des otolithes). Malgré le minimum de deux échantillons requis pour construire une clé de longueur selon l'âge, nous avons quand même forcé l'algorithme d'estimation à continuer à chercher des échantillons biologiques s'il y avait une probabilité de 75 % (argument `prob.al`) qu'une longueur donnée dans la répartition de la fréquence de longueur spécifique à la strate soit d'un âge qui n'est pas dans la clé de longueur selon l'âge. Cela peut se produire si, par exemple, on a utilisé des fréquences de longueurs pour lesquelles il n'existait pas de sous-échantillon spécifique, ou si un sous-échantillon était peu représentatif de l'échantillon de fréquence des longueurs. Ce dernier cas peut se produire par exemple si tous les âges du sous-échantillon n'ont pas pu être lus. Avant de commencer les calculs, nous avons supprimé de la base de données tous les échantillons de fréquence des longueurs comportant moins de 70 poissons (1 % de tous les échantillons) ainsi que les valeurs aberrantes de longueur selon l'âge. Les détails sur le nombre d'échantillons utilisés dans les calculs sont fournis dans le Tableau S2 et la composition des échantillons par engin, région et période par rapport aux débarquements se trouve dans la figure S3.

---

Une fois les échantillons attribués, on a calculé les prises selon l'âge à l'aide de la fonction `get.caa` (equations in Ouellette-Plante *et al.* 2022).

Pour transformer le poids débarqué total des poissons par classe de longueur ou d'âge en nombres, il faut connaître le poids moyen d'un poisson de cette classe de longueur ou d'âge. On a prédit les poids moyens individuels des poissons associés à chaque longueur d'un échantillon de fréquence des longueurs à l'aide de relations longueur-poids spécifiques au trimestre annuel. Pour les produire, on a ajusté les régressions linéaires robustes (R-package Robust; Wang *et al.* 2022) sur une échelle logarithmique pour toutes les données appropriées dans la base de données biologiques (figure S4). Exceptionnellement, moins de 50 points de données étaient disponibles pour ajuster la relation, auquel cas on a ajouté les points de données des trimestres voisins (une fois pour un premier trimestre et trois fois pour un quatrième trimestre, pour toutes les années).

### **Exécutions supplémentaires**

Les prises selon l'âge pour 2022, estimées à l'aide de l'approche par défaut, pourraient constituer un changement brutal par rapport aux valeurs antérieures, étant donné que les échantillons (p. ex. modifications du comportement des pêcheurs) et la tendance des débarquements différaient considérablement en raison de la fermeture de la pêche (p. ex. la majorité des débarquements provenaient de la région des Maritimes). Pour mieux comprendre les répercussions de cette modification, nous avons réalisé des exécutions supplémentaires.

Notre premier objectif était d'obtenir une meilleure compréhension dont les changements dans les périodes de pêche, les engins et les régions pouvaient influencer la matrice de prises selon l'âge. Les différences de sélectivité entre tous les niveaux (p. ex. entre le deuxième et le troisième trimestre) sont difficiles à déterminer, car nous disposons rarement d'échantillons qui ne diffèrent qu'à un seul niveau (p. ex. pour comparer la sélectivité de deux catégories d'engins différentes, nous devons idéalement avoir des échantillons de ces engins pour la même période, la même région et la même année). Nous présentons ici des estimations globales des prises selon l'âge pour une classe d'engins, une région ou une période donnée. Plus précisément, nous avons appliqué l'algorithme décrit ci-dessus pour désagréger les débarquements de chaque catégorie selon l'âge, en utilisant uniquement les échantillons (fréquence des longueurs et biologiques) disponibles pour cette catégorie.

Les prises selon l'âge pour 2022 posent des problèmes en raison de la nouvelle approche de collecte d'échantillons et de la modification de la répartition des débarquements (différents types d'engins de pêche principaux, différentes régions et différentes périodes). Bien que nous n'ayons pas encore réussi à examiner la différence de sélectivité potentielle associée à la nouvelle approche d'échantillonnage, il est possible de simuler une situation dans laquelle la tendance dans les débarquements n'aurait pas été modifiée. Pour ce faire, nous avons calculé la moyenne des débarquements des cinq dernières années précédant la fermeture (2017-2021) pour chaque strate, et nous avons ramené ces débarquements au total de 2022. Dans cette simulation, les débarquements totaux de 2022 restent donc les mêmes, mais les strates typiquement importantes sont à nouveau dominantes. On a ensuite ventilé ces débarquements selon l'âge à l'aide de l'algorithme décrit.

### **MATURITÉ SELON L'ÂGE**

On utilise la [maturité selon l'âge](#), (MAA) ou la proportion de poissons matures à un âge donné, dans le modèle d'évaluation pour convertir la biomasse en biomasse du stock reproducteur et pour établir un lien entre la l'abondance du stock et la production d'œufs. Les calculs étaient basés sur les données biologiques disponibles (base de données « bio » comprenant des



---

échantillons commerciaux ainsi que les autres types d'échantillons, voir la section « Programme d'échantillonnage au port ». On a exclu les valeurs aberrantes (données de 1974, combinaisons extrêmes d'âge et de longueur) ainsi que les années avec 30 poissons ou moins des classes d'âge 1 et 2 combinées). Seules les données de juin et juillet ont été utilisées, ce qui correspond à l'approche utilisée dans l'évaluation précédente (Smith *et al.* 2020). Nous avons ajusté des modèles linéaires généralisés (MLG) propres à l'année avec une distribution de Bernouilli et une fonction de lien logit, dans laquelle l'âge est la variable explicative numérique et le groupe de maturité est la variable de réponse binaire. Les poissons immatures correspondent aux stades de maturité 1 et 2 et les poissons matures correspondent aux stades de maturité 3 à 8 (Maguire 1981). Le type d'engin ou la région n'étaient pas toujours significatifs et n'ont pas été pris en compte. L'évaluation n'étant pas sexospécifique, ce facteur a également été exclu. Pour les premières années (1968-1973), aucune estimation de la maturité n'est disponible et la moyenne des cinq années suivantes a été utilisée (1974-1979; auparavant, les valeurs de 1974 étaient appliquées; Grégoire and Beaudin 2014). Une fois qu'une cohorte atteint 100 % de maturité, en l'absence de preuve d'année sans fraie, ce pourcentage ne peut plus diminuer au cours des années suivantes et les estimations indiquant une telle baisse doivent être biaisées. La proportion de poissons matures d'âge 5 ou plus a donc été systématiquement fixée à 1.

La maturité selon l'âge prédite est bruitée et une fonction spline cubique lisse (fonction R `smooth.spline`, paramètre de lissage fixé à 0,5) a donc été appliquée à chaque série chronologique propre à l'âge, en correspondance avec la dernière évaluation. Bien que l'on ait appliqué un modèle mixte aux autres données d'entrée de modèles d'évaluation pour réduire le bruit et combler les lacunes (voir Boudreau *et al.*<sup>1</sup>), cela n'a pas été fait ici, car 1) la maturité selon l'âge est déjà le résultat de modèles annuels proposant des hypothèses précises sur la relation entre la maturité et l'âge et 2) le modèle mixte utilisé ailleurs pour le lissage n'offre pas actuellement la possibilité d'appliquer la transformation logit approprié à la variable d'intérêt (plutôt que le log). Les travaux futurs pourraient se concentrer sur la combinaison de la prédiction, du lissage et du comblement des lacunes.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### PRISES SELON L'ÂGE

#### Qualité

La qualité de la décomposition des débarquements selon l'âge, en supposant que les mesures biologiques (p. ex. détermination de l'âge) soient précises, est déterminée par le nombre et la pertinence des échantillons de fréquence des longueurs et des échantillons biologiques que l'on utilise pour caractériser les prises de chaque strate individuelle. L'algorithme `catchR` utilise une approche hiérarchique en plusieurs étapes qui commence par la recherche d'échantillons correspondant parfaitement à la strate des prises (étape 1), mais qui, si les échantillons disponibles sont insuffisants, cherchera des échantillons consécutivement moins pertinents, si nécessaire jusqu'à ce que tous les échantillons d'une année donnée soient pris en compte (étape 6). Pour le maquereau, les prises de la majorité des strates sont réparties en classes de longueur ou d'âge sur la base d'échantillons provenant du type d'engin et du trimestre appropriés, mais ne sont pas propres à une région (figure S5). Étant donné qu'il n'y a souvent pas d'échantillons propres à la strate, de nombreux échantillons provenant d'un niveau de regroupement supérieur sont souvent accumulés, et le nombre d'échantillons ou de poissons utilisés pour définir la composition selon la longueur et selon l'âge des prises propres à une

---

strate est considérablement plus élevé que le nombre minimum requis (c.-à-d. que l'on combine souvent jusqu'à 25 échantillons).

Les strates avec le plus grand nombre de débarquements sont plus importantes. Pour l'ensemble des années, 63 % des débarquements sont caractérisés par au moins deux échantillons de fréquence des longueurs propres à la strate, et 59 % par au moins deux clés de longueur selon l'âge propres à la strate (figure S6). L'ajout d'échantillons provenant de trimestres voisins (étape 2) a été effectué pour 9 % des débarquements dans le cas des fréquences des longueurs et pour 14 % des débarquements dans le cas des clés de longueur selon l'âge. On a utilisé l'étape 3 (qui consiste à emprunter des échantillons à toute autre région, mais de l'année, de la période et de l'engin appropriés) pour déterminer la fréquence des longueurs de 16 % des débarquements et la clé de longueur selon l'âge de 14 % de l'ensemble des débarquements. Il existe néanmoins une variabilité dans le temps (figure S7 et figure 8). Jusqu'en 1993, la majorité des débarquements n'étaient généralement pas caractérisés par des échantillons propres à la strate (fréquence des longueurs ou « bio »), malgré un effort d'échantillonnage relativement important. La couverture était la meilleure dans les années 2000, lorsque le nombre d'échantillons était relativement élevé par rapport aux autres années et que les strates dominantes en termes de débarquements étaient bien échantillonnées (p. ex. la flottille de senneurs à Terre-Neuve). La couverture des échantillons a diminué au cours de la dernière décennie, en même temps que le nombre total d'échantillons recueillis a diminué. On doit considérer les résultats ci-dessus en fonction des niveaux de strate relativement larges utilisés (p. ex. par trimestre plutôt que par mois, comme pour l'évaluation de la morue franche des divisions 3 Pn et 4tRS; Ouellette-Plante *et al.* 2022). Il convient également de noter que, pour évaluer la qualité des prises selon l'âge, nous n'avons pas tenu compte du nombre d'échantillons utilisés par strate par rapport aux débarquements (p. ex. pour les débarquements propres à la strate les plus importants, un minimum de deux échantillons a toujours été considéré comme suffisant).

Malgré une couverture parfois sous-optimale, les cohortes sont facilement repérables (figure 1) et il n'y a pas de « bavure » (c.-à-d. que si la détermination de l'âge est imprécise, la force des cohortes voisines d'une cohorte forte devrait être surestimée, entraînant des cohortes moins distinctes et une estimation plus lisse de la tendance de recrutement).

### **Comparaison avec les estimations précédentes**

Les proportions de prises selon l'âge nouvellement estimées ne diffèrent pas de manière importante des valeurs utilisées précédemment (figure 1). Il n'y a pas de changement significatif dans notre perception des cohortes fortes ni dans l'évolution globale de la structure d'âge de la population. Les nouvelles et les anciennes valeurs divergent principalement avant 1997; la proportion de poissons d'âge 1 dans la nouvelle matrice de prises selon l'âge est généralement plus élevée, alors que la disponibilité proportionnelle de poissons plus âgés dans les débarquements est plus faible pour la majorité des années. Les corrélations entre les anciennes et les nouvelles valeurs indiquent en effet que les différences les plus importantes sont observées dans les proportions de poissons d'âge 1 débarqués (figure S9). Ceci n'est pas surprenant, car les poissons d'âge 1 sont rares et de petites modifications dans la méthodologie pourraient donc mener à un résultat quelque peu différent. Il convient de noter que, dans le modèle d'évaluation, une erreur d'observation plus importante est estimée pour cette classe d'âge, et que les analyses présentées appuient cette pratique (Van Beveren *et al.* 2023).

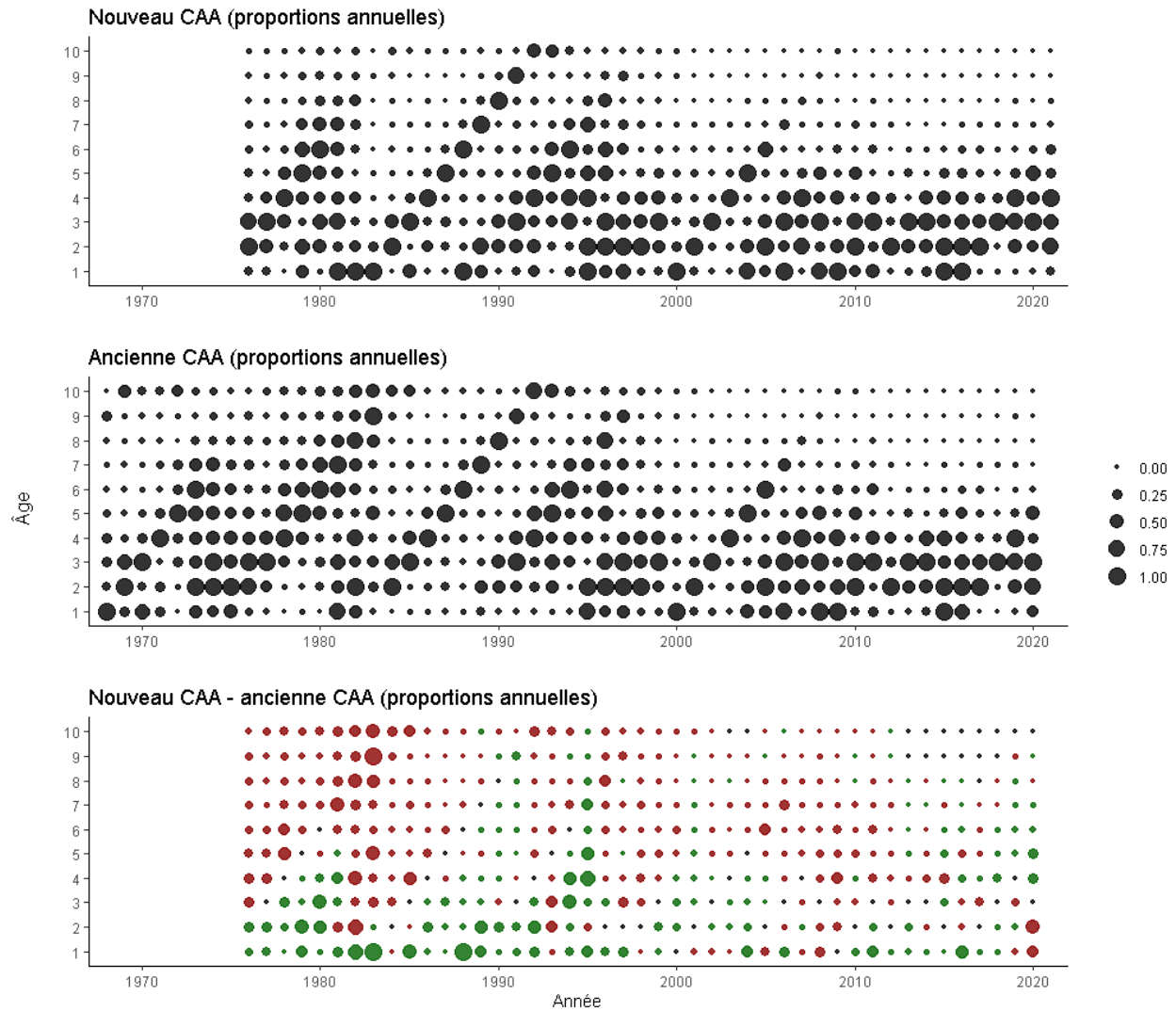


Figure 1. Comparaison des prises selon l'âge (proportions annuelles) utilisées dans le cadre de l'évaluation de 2021 (anciennes valeurs) et des nouvelles valeurs estimées pour l'évaluation de 2023 (nouvelles valeurs). Le panneau du bas montre la différence entre les deux panneaux supérieurs (rouge = les nouvelles valeurs sont plus faibles, vert = les nouvelles valeurs sont plus élevées). L'année de la fermeture de la pêche (2022) a été retirée du panneau du haut en raison de son caractère distinct par rapport au reste de la série chronologique.

Le poids selon l'âge des poissons dans les débarquements estimé au moyen de catchR donne des résultats semblables pour les prises selon l'âge, et les valeurs ne divergent pas de manière significative comparativement aux valeurs précédentes (figure S10, figure S11). L'écart le plus important concerne l'année la plus ancienne pour laquelle des données sont disponibles (1976). Dans le cadre d'évaluations précédentes, on a supposé que le poids selon l'âge des prises était beaucoup plus faible durant cette année. Les différences les plus importantes sont à nouveau observées pour les poissons d'âge 1 (figure S12).

Il convient de noter que nous n'avons pas été en mesure d'estimer les prises selon l'âge ou le poids selon l'âge pour la période de 1968 à 1975 en raison de la perte de données sur la fréquence des longueurs pour cette période. On propose différentes solutions dans le cadre de l'évaluation pour combler cette lacune (Van Beveren *et al.* 2023).

---

## Exécutions supplémentaires

La composition selon l'âge des débarquements des différentes régions (figures S13 et S14), des différents groupes d'engins (figures S15 et S16) ou des différentes périodes (figures S17 et S18) a montré des tendances généralement similaires. Les mêmes cohortes fortes étaient toujours détectables et une troncature de la structure selon l'âge dans les dernières années était constamment visible. Cela indique que les tendances générales devraient être robustes aux changements dans les débarquements (changements réels dans la sélectivité) ou les échantillons (changements perçus dans la sélectivité) dans le temps, dans l'espace et pour les différents engins.

Il peut toutefois y avoir des différences claires sur échelle plus fine. Par exemple, la composition selon l'âge des débarquements dans l'ouest de Terre-Neuve (division 4R de l'OPANO) était généralement caractérisée par une plus faible proportion de maquereaux d'âge 1, comparativement au sud du golfe (division 4T de l'OPANO) et au plateau néo-écossais (divisions 4VWXYZ de l'OPANO). Les poissons plus âgés étaient également proportionnellement plus abondants dans ces débarquements (p. ex. les poissons d'âge 10+ de la cohorte de 1982). Sur le plateau néo-écossais, les poissons plus jeunes étaient plus fréquemment présents dans les débarquements. Les comparaisons entre les autres régions (p. ex. l'est et le sud de Terre-Neuve, le nord du golfe) ont été limitées par le manque d'échantillons ou de débarquements pour certaines années (figure S13). Le type d'engin a également eu un effet clair sur la composition selon l'âge. Par exemple, les jeunes poissons étaient proportionnellement beaucoup moins présents dans les débarquements effectués au moyen de filets maillants, comparativement à ceux provenant de la pêche à la ligne et du groupe d'engins comprenant les sennes, les filets, les pièges et les fascines (figure S16). Étant donné qu'au cours des dernières décennies la composition des débarquements selon l'engin, la période et la région a visiblement varié (figures S13, S15 et S17), cela montre que la sélectivité de la pêche a probablement changé progressivement au fil du temps, et plus brusquement en 2022.

L'estimation de la proportion selon l'âge des débarquements en 2021 et 2022 est montrée à la figure 2. En 2021, les débarquements étaient dominés par les maquereaux d'âge 2 à 4, et peu de maquereaux d'âge 1 étaient présents. Il n'a pas été possible de suivre les cohortes jusqu'en 2022, où l'âge 2 semblait dominant. Les proportions estimées pour 2022 ne différaient pas beaucoup entre le scénario de base (scénario « par défaut ») et la simulation dans laquelle les débarquements étaient censés suivre la même tendance qu'avant la fermeture de la pêche (scénario des « débarquements antérieurs »). Dans ce deuxième scénario, on a par exemple plus de poids aux échantillons du sud du golfe et de Terre-Neuve recueillis plus tard dans l'année (plutôt qu'à ceux de la région des Maritimes, recueillis plus tôt dans l'année). En 2022, pour les deux approches, les échantillons correspondaient mal aux débarquements (figures S7 et S8 pour l'approche par défaut, figures S19 et S20 pour l'approche corrigée).

Bien que les résultats ci-dessus montrent que les estimations pour 2022 devraient être associées à un changement clair dans la sélectivité et qu'elles sont probablement imprécises, la tendance générale semble être robuste. Plus précisément, une grande partie des 73 échantillons de fréquence des longueurs de 2022 (couvrant plusieurs régions et périodes importantes, mais pas tous les types d'engins) était dominée par les poissons d'âge 2. Un calcul de la proportion selon l'âge pour tous les échantillons (en donnant à chaque échantillon le même poids, sans aucun renseignement sur les débarquements) a également montré que cette conclusion est indépendante de la région (figure S21). Sur le plateau néo-écossais, les échantillons contenaient une forte proportion de poissons d'âge 1, mais la majorité était des poissons d'âge 2, et les poissons d'âge 4+ étaient extrêmement rares. Les régions situées le long de la principale voie migratoire du maquereau étaient progressivement plus susceptibles de contenir des poissons plus âgés. Les échantillons de l'est de Terre-Neuve étaient les plus

différents de ceux du plateau néo-écossais, car la proportion de poissons plus âgés y était la plus élevée. Les maquereaux de la classe d'âge 2 étaient néanmoins toujours dominants.

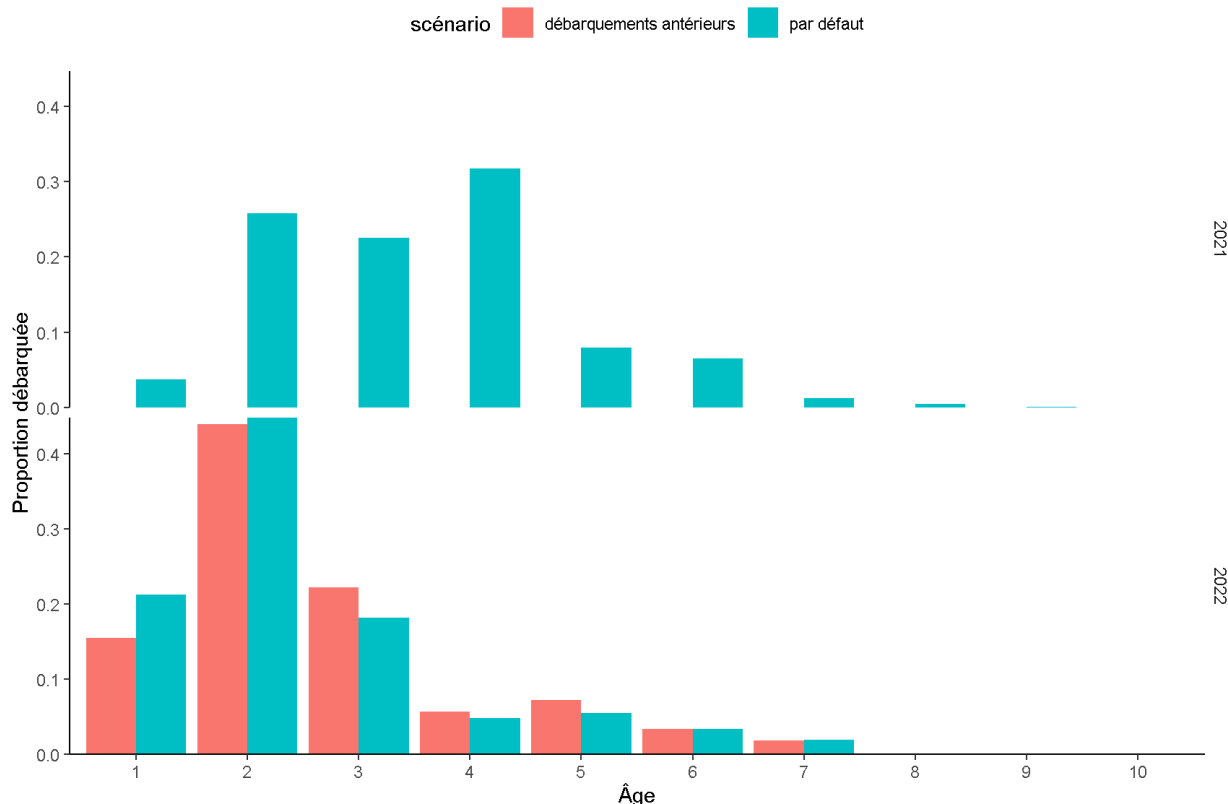


Figure 2. Prises selon l'âge (proportions annuelles) pour 2021 (haut) et 2022 (bas). Pour 2022, deux approches différentes ont été utilisées (voir texte).

## MATURITÉ SELON L'ÂGE

La maturité selon l'âge des poissons d'âge 1 et 2 est fortement incertaine. Le nombre de poissons échantillonnés dans ces deux classes d'âge, et donc le nombre de poissons immatures, varie considérablement d'une année à l'autre et est souvent très faible. Bien que nous ayons utilisé un seuil d'au moins 30 poissons immatures pour déterminer la maturité selon l'âge, des nombres plus élevés entraîneraient moins d'incertitude et de variabilité dans les estimations.

Étant donné que les valeurs des premières années ont été extrapolées (1968-1974), elles étaient plus stables que celles utilisées dans les évaluations précédentes (figure 3). Le modèle pour les poissons d'âge 3+ ne diffère pas de manière significative; à l'âge 3, la grande majorité des poissons ont atteint la maturité chaque année. La variabilité de la proportion d'individus matures d'âge 1 et 2 est trop incertaine et dépendante de l'approche de lissage utilisée pour qu'elle soit abordée. En d'autres termes, les estimations ne contiennent pas suffisamment de renseignements (coefficients de variation élevés) pour évaluer la véritable variabilité interannuelle (ou l'autocorrélation temporelle). La différence avec les valeurs précédentes montre également la sensibilité des valeurs à différentes hypothèses.

L'incertitude concernant les proportions de poissons matures d'âge 1 et 2 devrait justifier une évaluation de sensibilité de choix subjectifs (p. ex. relativement au lissage et du comblement des lacunes) sur le résultat final de l'évaluation. Dans le cadre de l'évaluation de 2021, les

analyses de sensibilité ont montré qu'il n'y avait pas de grande incidence. De même, pour l'évaluation de 2023, il a été montré que les différences dans la variabilité interannuelle de la maturité des âges 1 et 2 n'avaient pas d'incidence importante sur les résultats.

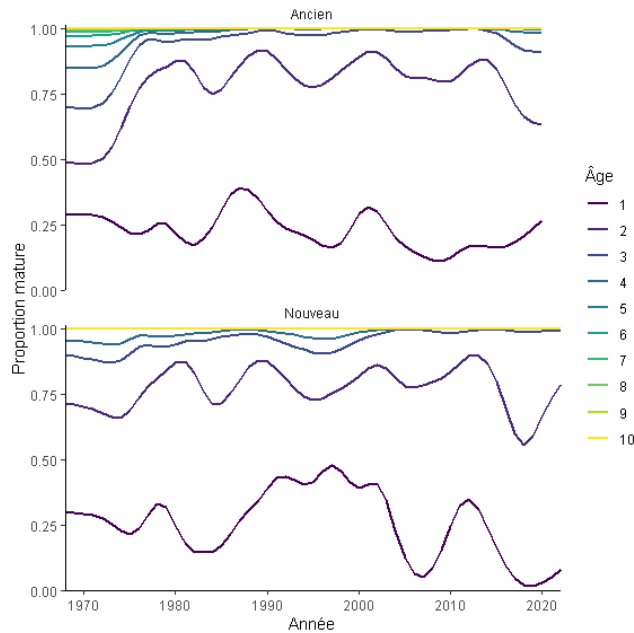


Figure 3. Comparaison des données sur la proportion de poissons matures selon l'âge utilisées dans le cadre de l'évaluation de 2021 (anciennes valeurs) et de l'évaluation de 2023 (nouvelles valeurs) pour 1968-2020.

## CONCLUSIONS

On considère les matrices des prises selon l'âge et de la maturité selon l'âge présentées comme étant supérieures à celles utilisées précédemment en raison de leur cohérence dans le temps. La nouvelle estimation des prises selon l'âge, obtenue au moyen de catchR, est également totalement transparente et a permis de réaliser rapidement des essais de sensibilité (liés au nombre minimum d'échantillons ou de poissons requis, à l'utilisation de différentes strates, etc.) et de visualiser la qualité (partielle) des résultats. Les deux matrices ont été utilisées dans l'évaluation de 2023 et il est recommandé d'utiliser cette méthode à l'avenir.

## REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier Mélanie Boudreau, Linda Girard, Laurence Lévesque, Roxanne Noël et Quentin Emblanc pour le temps considérable qu'ils ont consacré à l'analyse de tous les échantillons de maquereau de 2021 et 2022.

---

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Grégoire, F. and Beaudin, L. 2014. [Évaluation analytique du maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\* L.\) des sous-régions 3 et 4 de l'OPANO en 2013](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/079. v + 44 p.
- Grégoire, F., Morrier, G., Lévesque, C., and Hudon, J. 2001. [État du stock de maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\* L.\) des sous-régions 3-4 de l'OPANO pour 2000](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2001/088. 98 p.
- Grégoire, F., Beaulieu, J.-L., Gendron, M.-H., Lévesque, I. 2013. [Le maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\* L.\) des sous-régions 3 et 4 de l'OPANO en 2011](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2013/049. vi + 131 p.
- Maguire, J.-J. 1979. [An analytical assessment of SA 3-6 mackerel with information from egg and larval survey](#). CAFSAC, Res. Doc. 1979/046.
- Maguire, J.-J. 1980. [An analytical assessment of mackerel in NAFO SA 3-6](#). CAFSAC Res. Doc. 1980/65.
- Maguire, J.-J. 1981. Maturité, fécondité, ponte et évaluation de la taille du stock reproducteur du maquereau atlantique (*Scomber scombrus*) dans le golfe de St.-Laurent. Master thesis. Université de Laval. 137 pp.
- Ouellette-Plante, J., Van Beveren, E., Benoît, H.P. et Brassard, C. 2022. [Détails de catchR, un paquet R pour estimer la composition en âge et en longueur des captures de la pêche, avec une application à la morue franche de 3Pn4RS](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/015. iv + 71 p.
- Smith, A.D., Van Beveren, E., Girard, L., Boudreau, M., Brosset, P., Castonguay, M. et Plourde, S. 2020. [Le maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\* L.\) dans les sous-zones 3 et 4 de l'OPANO en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/013. iv + 40 p.
- Smith, A.D., Girard, L., Boudreau, M., Van Beveren, E. et Plourde, S. 2022. [Évaluation du contingent nord du maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\*\) en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/045. iv + 45 p.
- Van Beveren, E., Boudreau, M., Lévesque, L., Lehoux, C., Boudreau, M., et Plourde, S. 2023. [Évaluation du contingent nord du maquereau bleu \(\*Scomber scombrus\*\) en 2022](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/080. v + 52 p.
- Wang, J., Zamar, R., Marazzi, A., Yohai, V., Matias, Salibian-Barrera Ricardo, M., Eric Zivot, David Rocke, Doug, M., Maechler, M., et al. 2022. Robust (R-package) Version 0.7-2.

---

## RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

### TABLEAUX

Tableau S1. Strates utilisées pour déterminer les prises selon l'âge

<b>Période</b>	<b>Mois</b>
Trimestre 1	Janv., fév., mars
Trimestre 2	Avr., mai, juin
Trimestre 3	Juill., août, sept.
Trimestre 4	Oct., nov., déc.
<b>Engins</b>	<b>Type d'engin</b>
Sennes, filets, casiers et fascines	FPN, FWR, LA, PS, SB, SDN, SPR
Filets maillants	GN, GND, GNS
Lignes, turlottes	LHM, LHP, LLS, LMP, LX
Divers	Toute autre catégorie
<b>Région</b>	<b>Divisions de l'OPANO</b>
Est de Terre-Neuve	2GJ3KL
Sud de Terre-Neuve	3NOP
Ouest de Terre-Neuve	4R
Nord du golfe	4S
Sud du golfe	4T
Plateau néo-écossais	4VWXY5Z



Tableau S2. Détails des échantillons de fréquence des longueurs ( $\geq 70$  poissons) et des échantillons biologiques ( $N$  = nombre d'échantillons,  $n$  = nombre de poissons,  $\bar{n}$  = nombre moyen de poissons par échantillon,  $n_{min}$  = nombre minimum de poissons par échantillon,  $n_{max}$  = nombre maximum de poissons par échantillon). Les échantillons pour 2022 ont été recueillis dans le cadre d'un nouveau programme d'échantillonnage scientifique.

ANNÉE	Échantillons de fréquence des longueurs					Échantillons biologiques				
	N	N	$\bar{n}$	$n_{min}$	$n_{max}$	N	N	$\bar{n}$	$n_{min}$	$n_{max}$
1973	0	0	0	0	0	97	3504	36	11	99
1974	0	0	0	0	0	45	1860	41	20	100
1975	0	0	0	0	0	58	2179	38	22	65
1976	100	14219	142	80	229	89	2980	33	20	56
1977	95	12458	131	76	319	91	3262	36	13	100
1978	98	11280	115	83	178	74	1962	27	13	100
1979	115	13359	116	77	191	107	2850	27	12	112
1980	101	11940	118	80	209	71	1864	26	14	39
1981	78	10006	128	100	206	68	1635	24	7	50
1982	81	9621	119	76	211	54	1441	27	14	54
1983	13	1608	124	95	160	116	3647	31	5	58
1984	85	19637	231	78	351	123	4117	33	5	68
1985	64	13932	218	78	282	103	3532	34	15	78
1986	48	10903	227	74	295	85	2910	34	15	65
1987	94	17828	190	73	391	81	2449	30	12	51
1988	118	23780	202	100	338	62	2004	32	18	70
1989	94	20860	222	91	283	85	2810	33	6	144
1990	42	10295	245	155	314	58	1934	33	11	48
1991	54	12549	232	114	274	57	2015	35	15	50
1992	46	11256	245	147	318	57	2226	39	15	59
1993	47	11305	241	91	351	71	2435	34	15	50
1994	50	11750	235	141	311	40	1416	35	1	50
1995	72	16970	236	113	356	66	2276	34	17	69
1996	54	12808	237	107	341	48	1764	37	13	50
1997	51	12188	239	140	334	48	1866	39	16	50
1998	55	13213	240	111	443	52	1891	36	16	49
1999	59	13875	235	88	349	53	2151	41	29	68
2000	55	12779	232	156	330	52	1796	35	16	57
2001	78	19219	246	155	347	66	2426	37	19	50
2002	64	15694	245	151	283	58	1931	33	22	47
2003	80	18878	236	155	294	78	2553	33	15	50
2004	78	19175	246	180	295	71	2626	37	12	58
2005	87	14681	169	78	252	108	3975	37	14	91
2006	88	15586	177	148	329	128	4665	36	14	56
2007	76	14053	185	150	263	126	3871	31	15	49
2008	57	9948	175	145	241	73	2545	35	4	57
2009	75	12970	173	103	284	93	3215	35	10	69
2010	79	13635	173	138	255	134	4443	33	15	50
2011	49	8504	174	132	283	68	2424	36	8	56
2012	45	7401	164	148	206	60	2006	33	15	78
2013	36	5954	165	147	322	36	1083	30	17	48
2014	46	7495	163	149	254	46	1385	30	13	45
2015	43	7144	166	107	272	42	1322	31	18	61
2016	59	10456	177	146	263	57	2044	36	21	56
2017	63	11097	176	150	290	72	2271	32	1	50
2018	53	9109	172	116	271	62	2556	41	18	106
2019	48	8555	178	146	283	195	3643	19	1	100
2020	37	6138	166	110	275	149	2760	19	1	50
2021	48	8277	172	131	263	134	2724	20	1	54
2022	73	11453	157	71	488	126	2808	22	1	51

## FIGURES

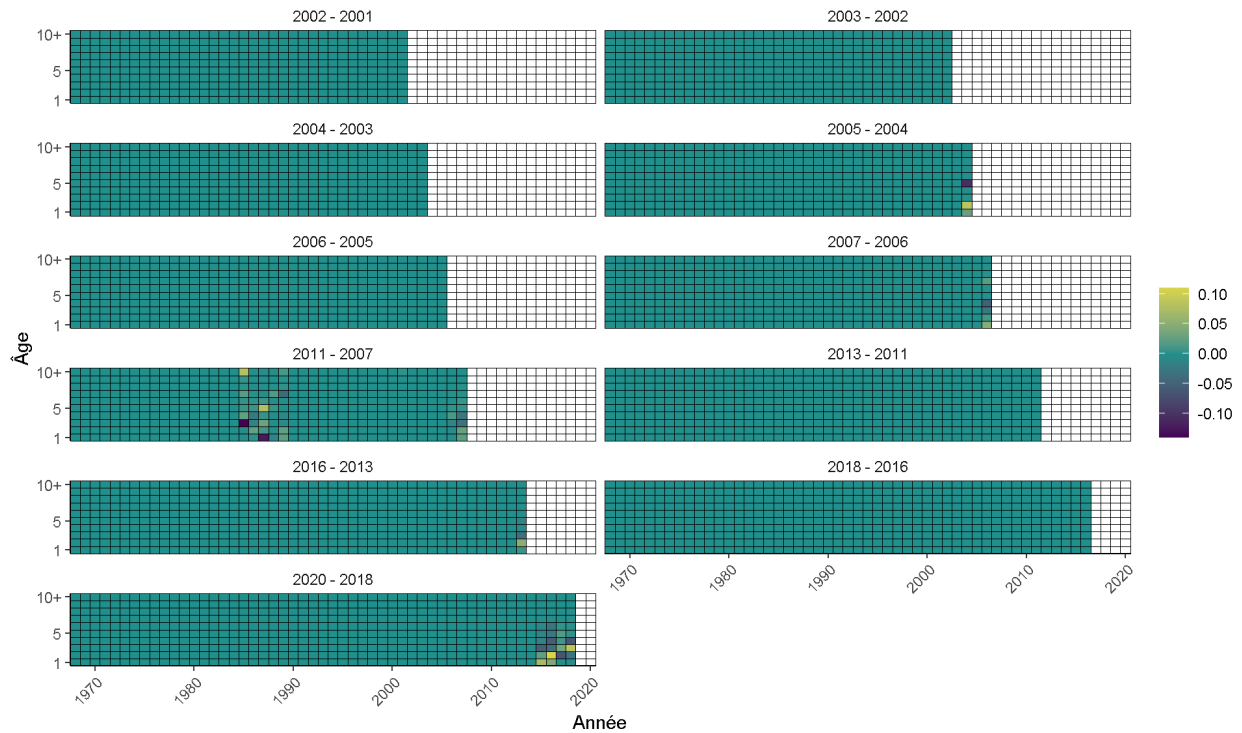


Figure S1. Comparaison des valeurs des prises selon l'âge (proportions annuelles) entre les évaluations. Chaque panneau montre la différence absolue entre la matrice utilisée dans le cadre d'une évaluation donnée et la matrice utilisée dans le cadre de l'évaluation précédente (les années indiquées dans les titres des figures sont les années terminales qui ont été évaluées plutôt que l'année d'évaluation elle-même). Les valeurs en jaune indiquent que les chiffres présentés sont plus élevés qu'auparavant, les valeurs en violet indiquent le contraire et les valeurs en vert indiquent qu'il n'y a pas (ou peu) de différence.

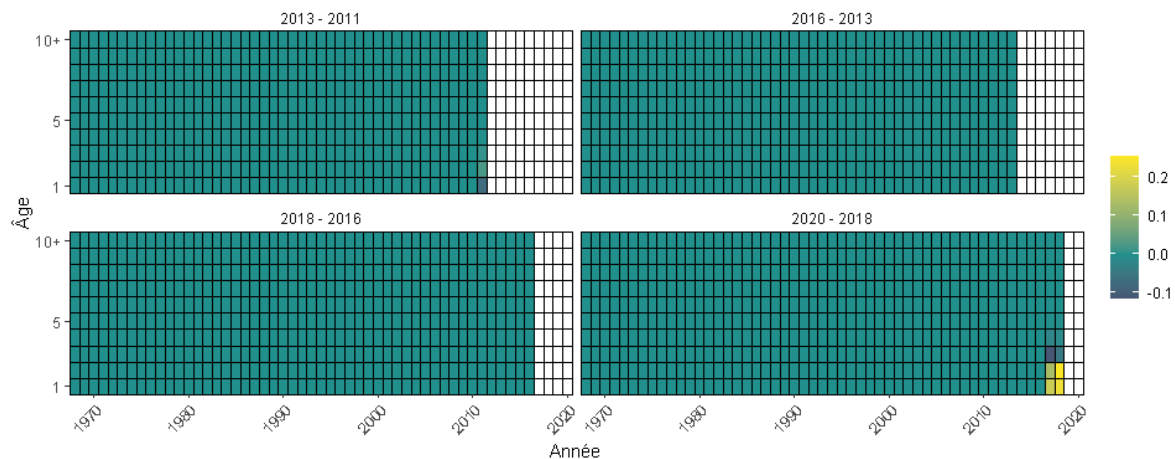


Figure S2. Comparaison des valeurs de maturité selon l'âge entre les évaluations. Chaque panneau montre la différence absolue entre la matrice utilisée dans le cadre d'une évaluation donnée et la matrice utilisée dans le cadre de l'évaluation précédente (les années indiquées dans les titres des figures sont les années terminales qui ont été évaluées plutôt que l'année d'évaluation elle-même). Les valeurs en jaune indiquent que les chiffres présentés sont plus élevés qu'auparavant, les valeurs en violet indiquent le contraire et les valeurs en vert indiquent qu'il n'y a pas (ou peu) de différence.

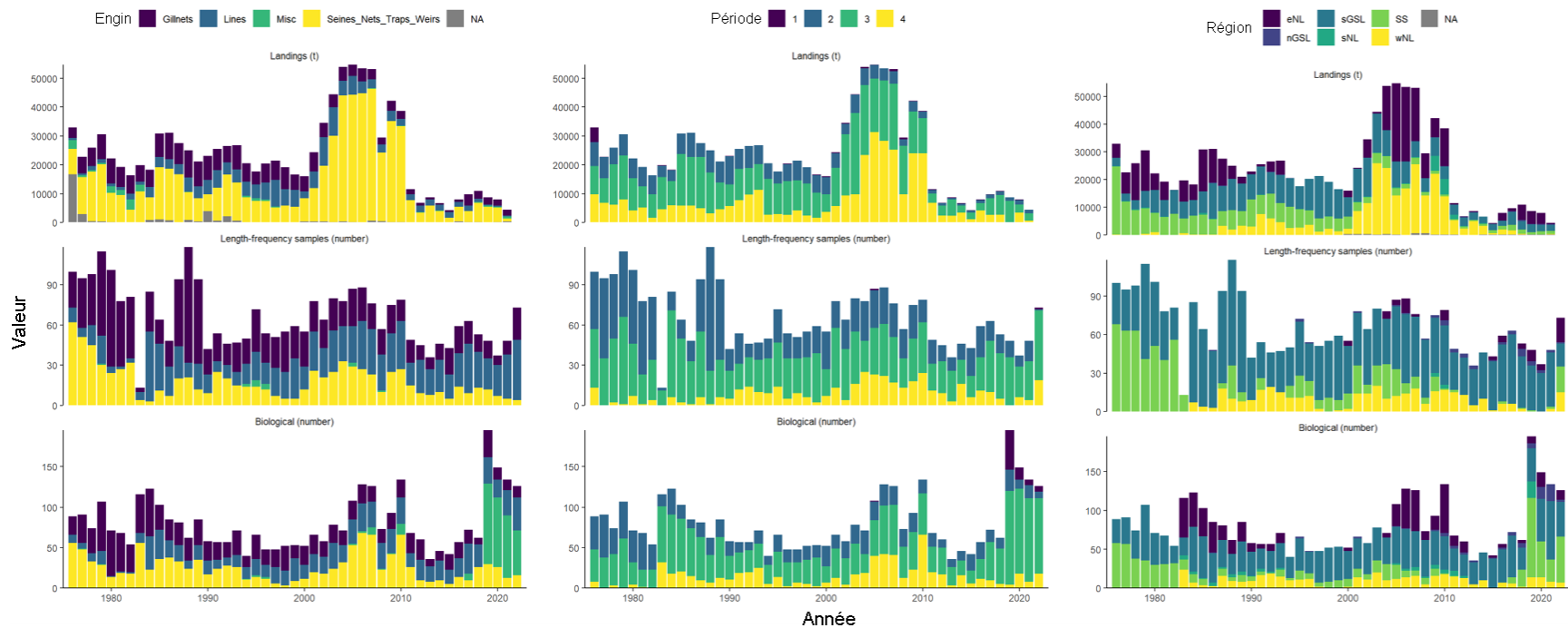


Figure S3. Débarquements (rangée du haut), nombre d'échantillons de fréquence des longueurs (rangée du milieu, ~ 150 poissons par échantillon) et nombre d'échantillons biologiques (rangée du bas, ~ 20-30 poissons par échantillon), par engin (panneaux de gauche), par période (panneaux du centre) et par région (panneaux de droite). (S. O. = données non disponibles)

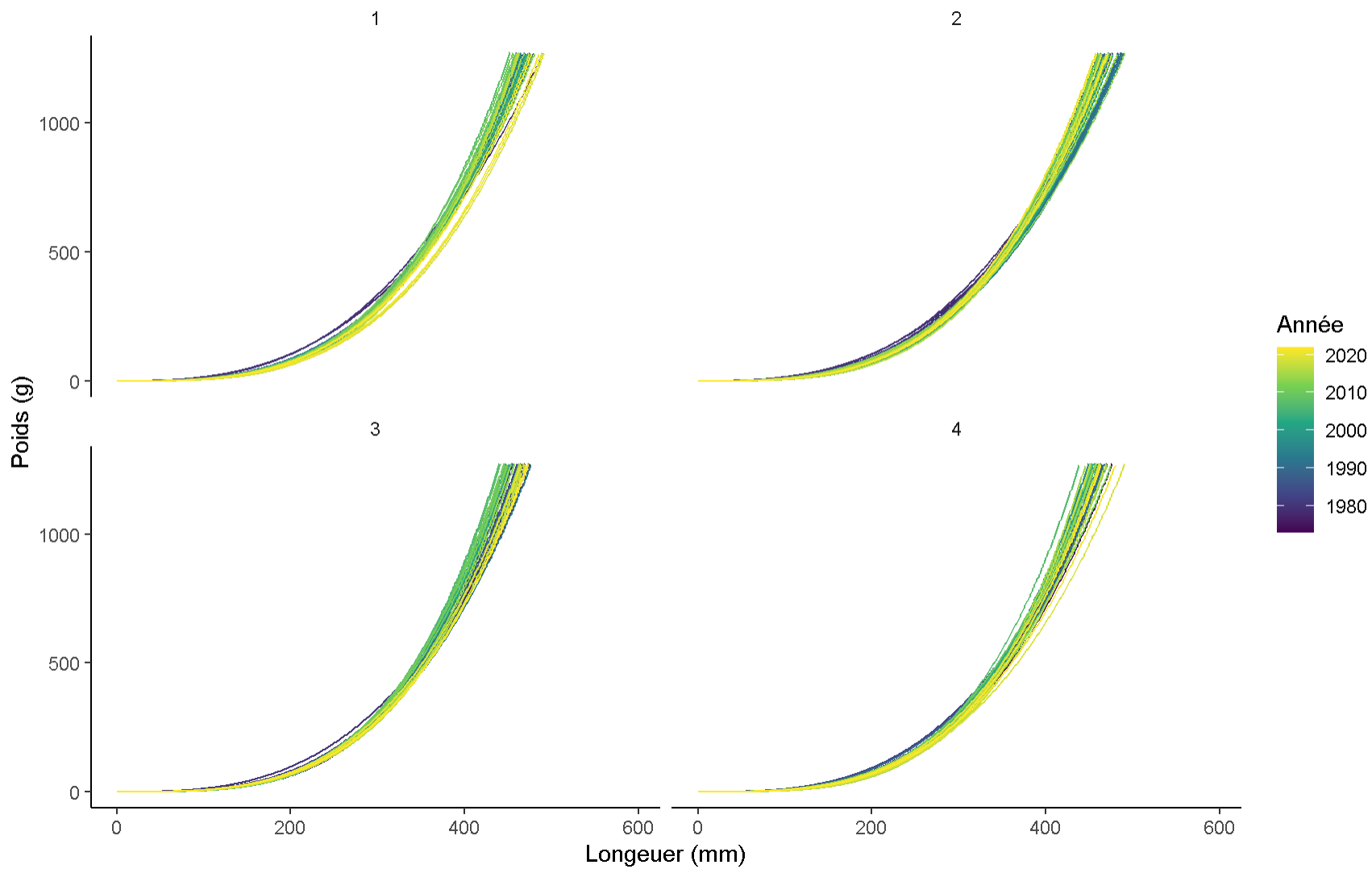


Figure S4. Relations longueur-poids prédites par année (couleur) et par trimestre (panneau).

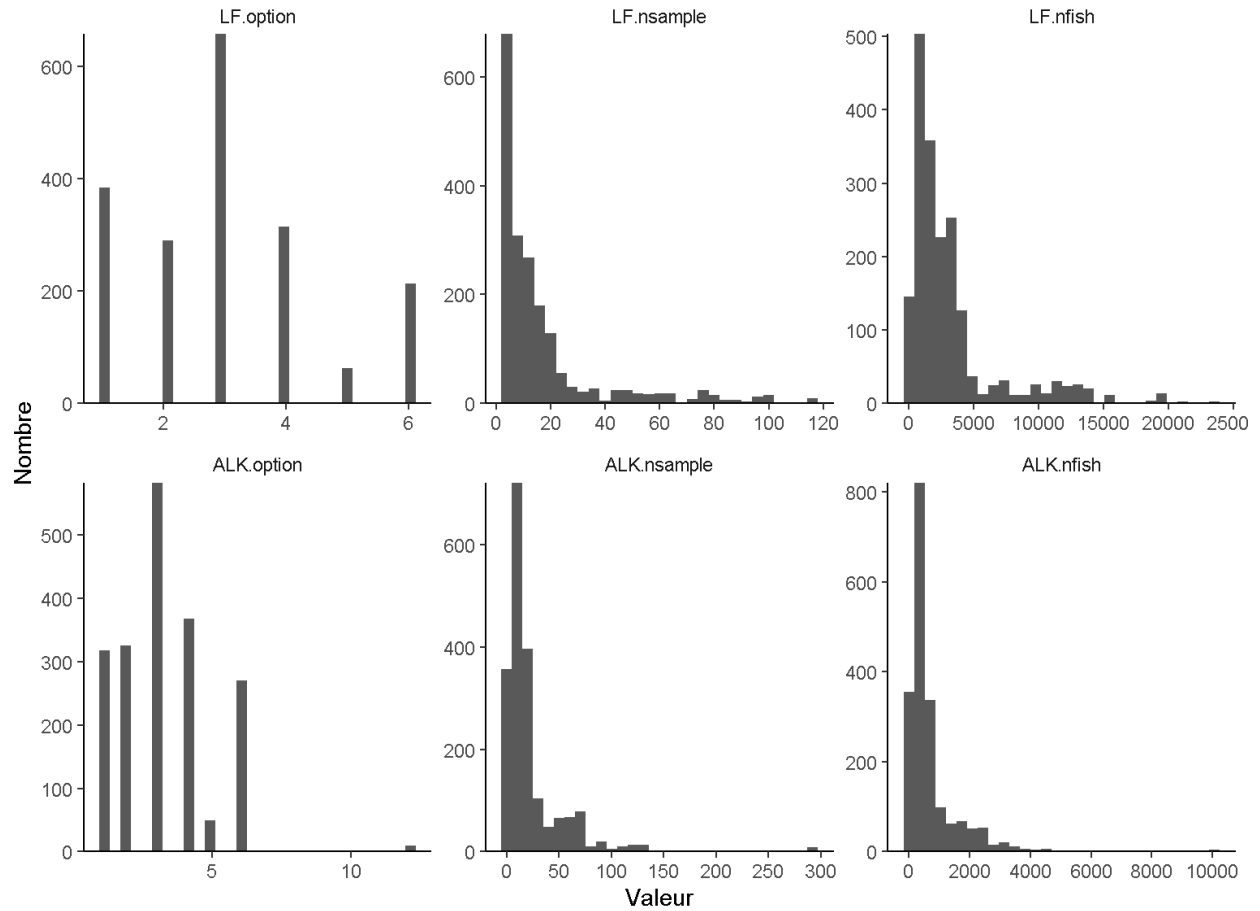


Figure S5. Nombre de fois où l'on a utilisé un niveau hiérarchique d'échantillon (1 à 12) pour attribuer un échantillon (LF = fréquence des longueurs, ALK = clé de longueur selon l'âge) aux débarquements d'une strate donnée. Des niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat (panneaux de gauche). Nombre d'échantillons associés à chaque strate (panneaux du centre). Nombre de poissons utilisés pour déterminer la fréquence des longueurs et la clé de longueur selon l'âge de chaque strate (panneaux de droite). Les chiffres sont pour toutes les années combinées.

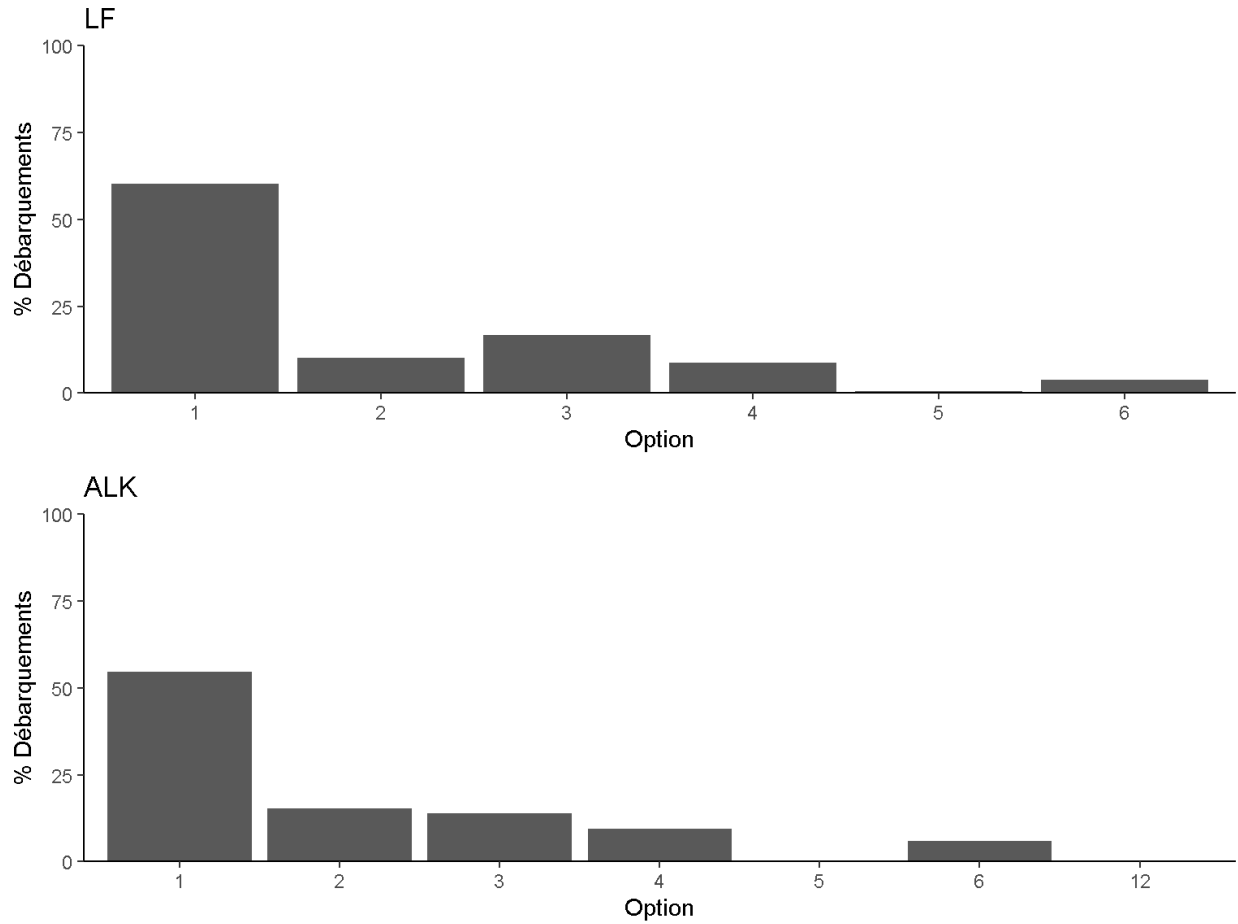


Figure S6. Pourcentage des débarquements de toutes les années (1976-2022) pour lesquels on a utilisé un certain niveau hiérarchique d'échantillonnage (1 à 12, les niveaux non utilisés ne sont pas montrés) pour attribuer un échantillon (LF = fréquence des longueurs, ALK = clé de longueur selon l'âge) aux débarquements d'une strate donnée. Les niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat.

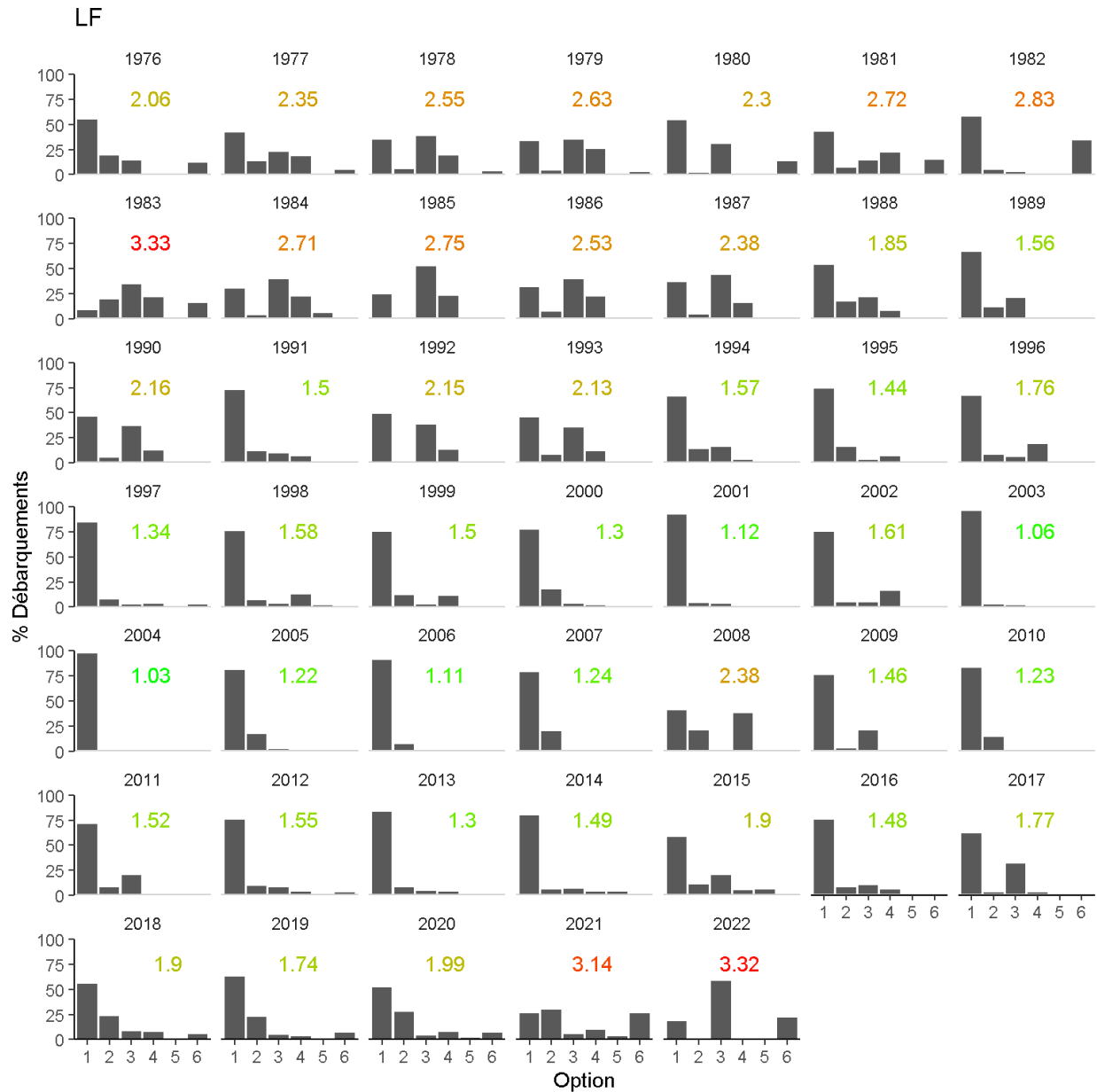


Figure S7. Pourcentage des débarquements, par année, pour lesquels on a utilisé un certain niveau hiérarchique d'échantillonnage (1 à 12) pour attribuer des échantillons de fréquences des longueurs aux débarquements d'une strate donnée. Les niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat. Si la première barre (option 1) se trouve au-dessus de la ligne horizontale grise, cela signifie que pour au moins 50 % des débarquements, un nombre et une couverture appropriés d'échantillons étaient présents. Le chiffre indiqué en haut est la moyenne pondérée de toutes les notes (1 = échantillonnage parfait en vert, 6 = échantillonnage faible en rouge) et fournit un indicateur simplifié de la qualité de l'échantillon. Pour 2022, on a utilisé l'approche par défaut.



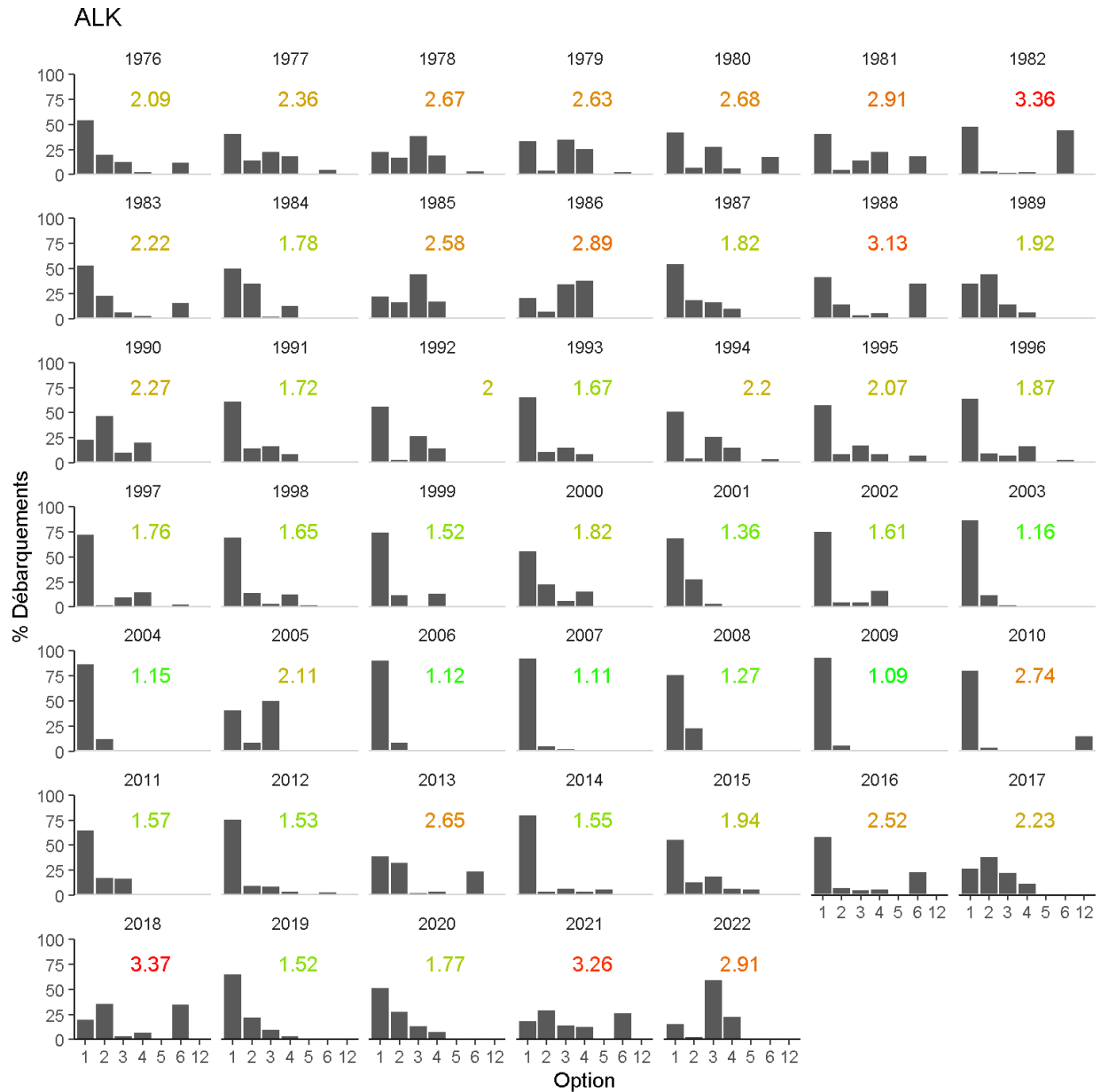


Figure S8. Pourcentage des débarquements, par année, pour lesquels on a utilisé un certain niveau hiérarchique d'échantillonnage (1 à 12) pour attribuer des échantillons de longueur selon l'âge aux débarquements d'une strate donnée. Les niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat. Si la première barre (option 1) se trouve au-dessus de la ligne horizontale grise, cela signifie que pour au moins 50 % des débarquements, un nombre et une couverture appropriés d'échantillons étaient présents. Le chiffre indiqué en haut est la moyenne pondérée de toutes les notes (1 = échantillonnage parfait en vert, 12 = échantillonnage faible en rouge, >6 = les échantillons des années voisines doivent être utilisés) et fournit un indicateur simplifié de la qualité de l'échantillon. Pour 2022, on a utilisé l'approche par défaut.

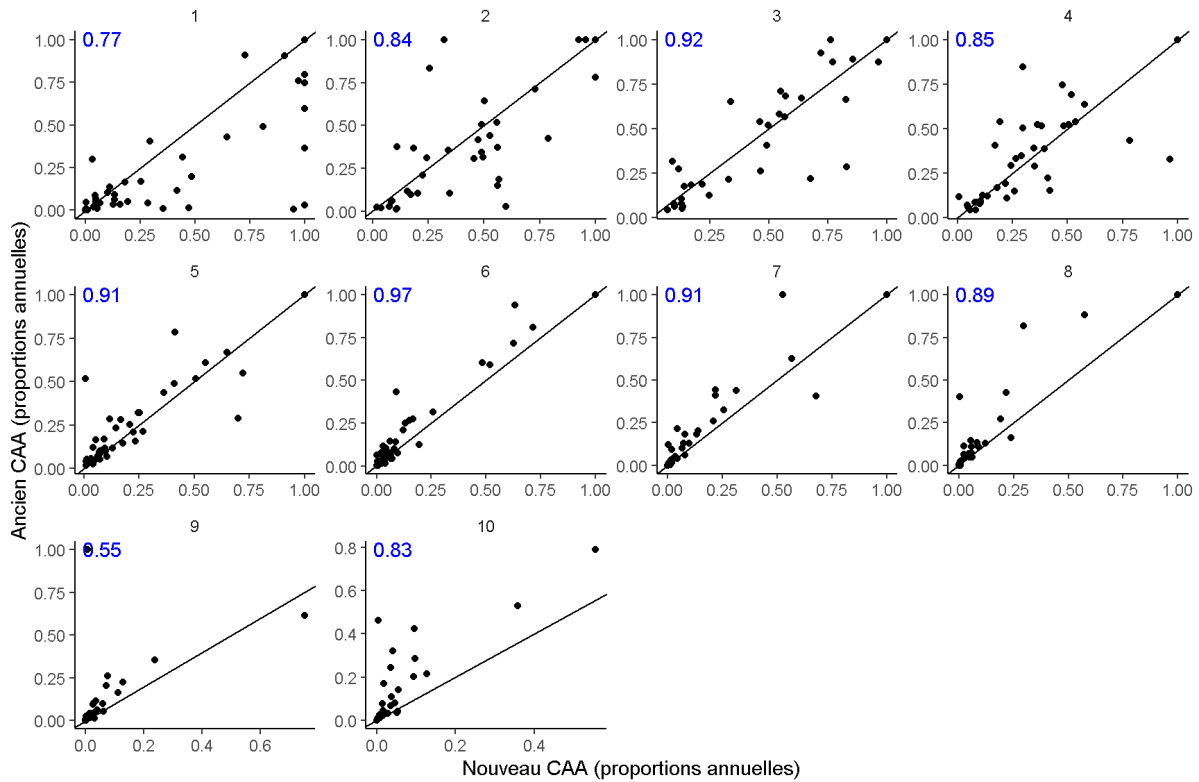


Figure S9. Corrélation des prises selon l'âge (proportions annuelles) entre les anciennes et les nouvelles estimations par âge (panneaux), avec indication du coefficient de corrélation de Pearson (en bleu). Les valeurs sur la ligne noire sont identiques.

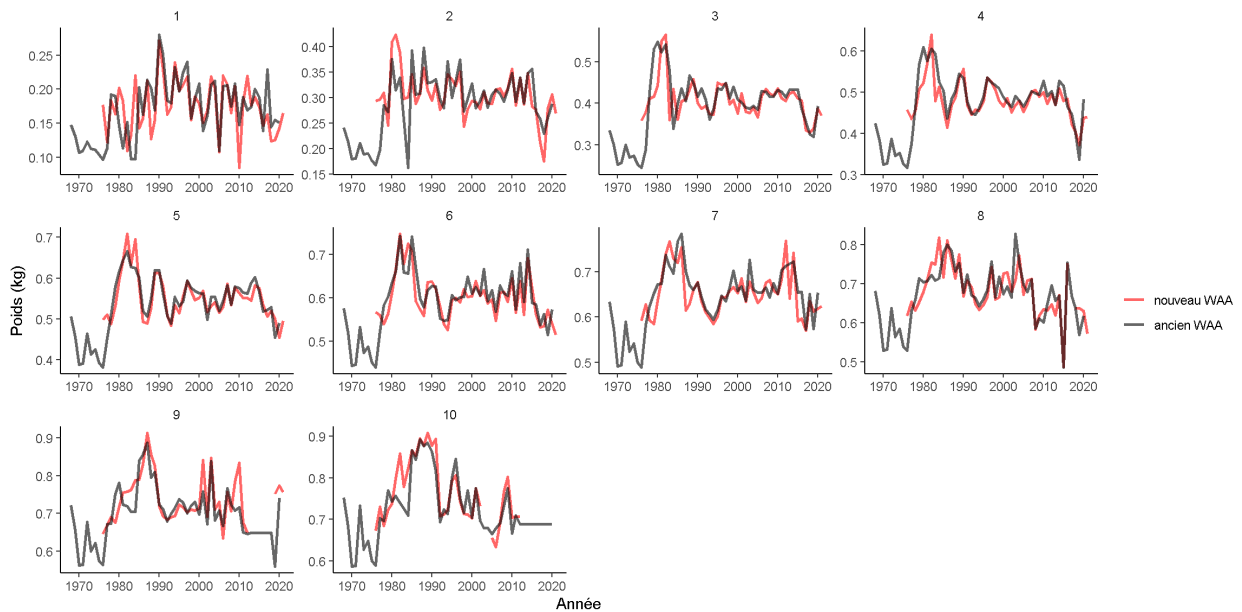


Figure S10. Comparaison du poids moyen des poissons débarqués par âge (poids selon l'âge) utilisé dans l'évaluation de 2021 (ancienne) et dans les nouvelles valeurs (nouvelle; sans les lacunes comblées).

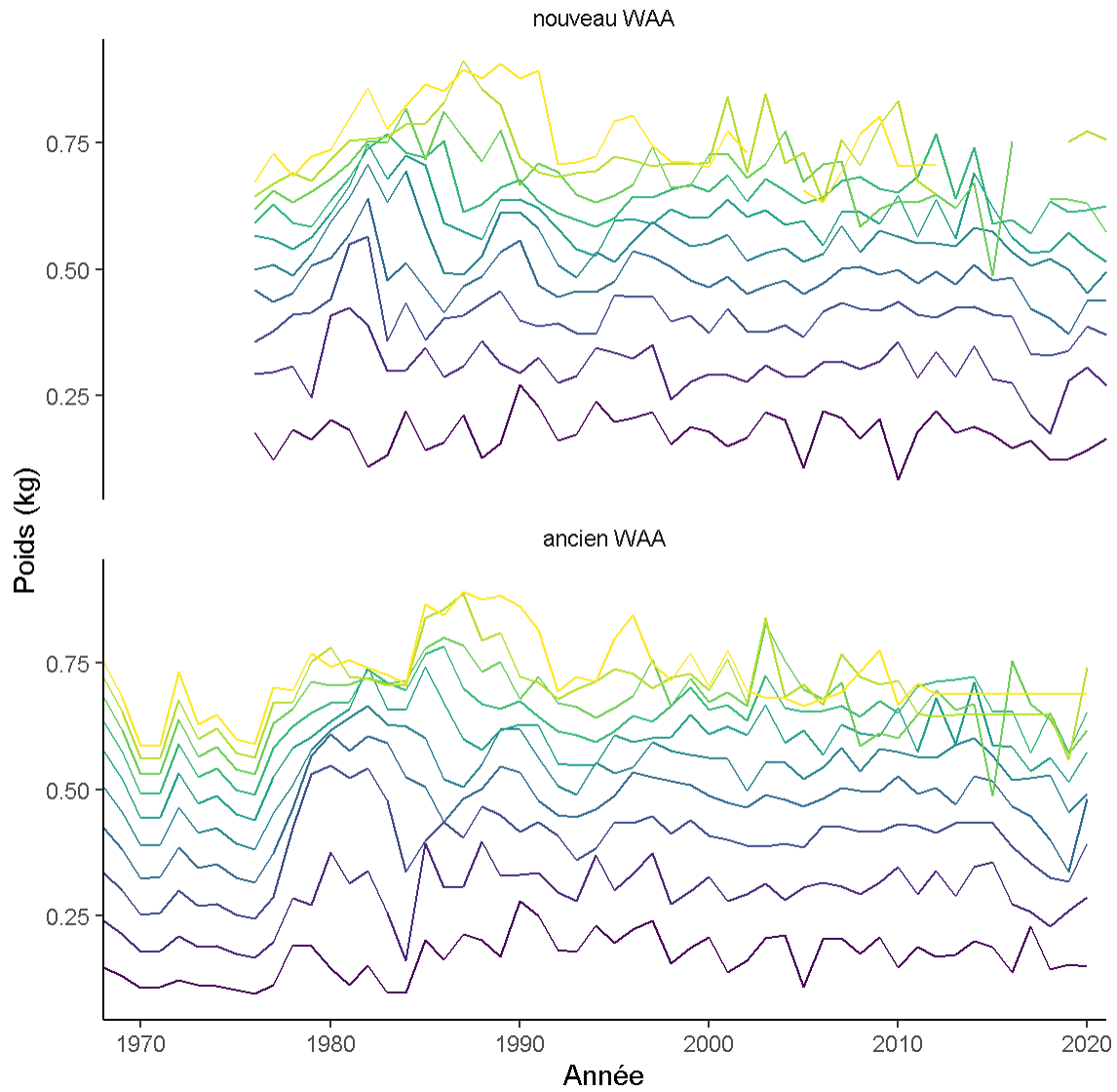


Figure S11. Comparaison des matrices de poids selon l'âge (débarquements) présentées dans le cadre de l'évaluation de 2021 (anciennes valeurs) et de l'évaluation de 2023 (nouvelles valeurs).

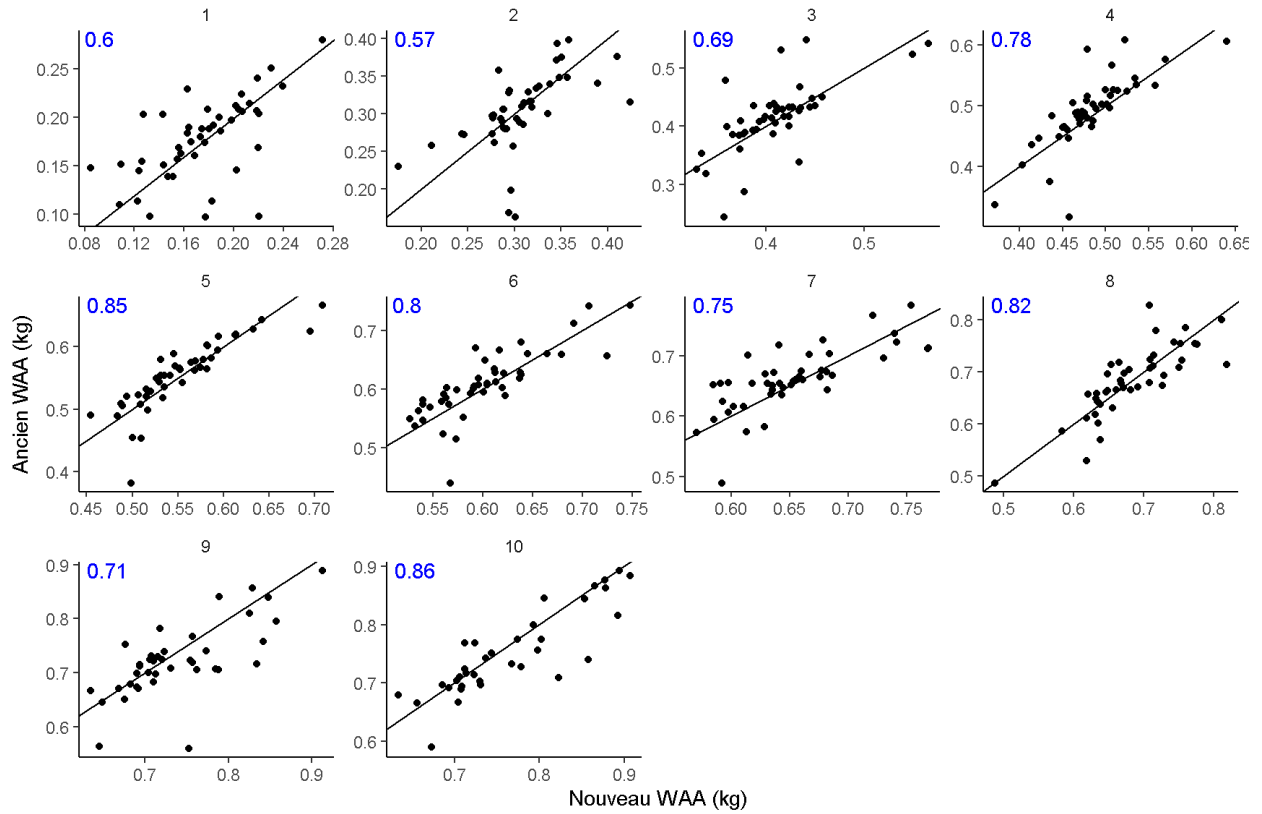


Figure S12. Corrélation du poids selon l'âge (kg) entre les anciennes et les nouvelles estimations par âge (panneaux), avec indication du coefficient de corrélation de Pearson (en bleu). Les valeurs sur la ligne noire sont identiques.

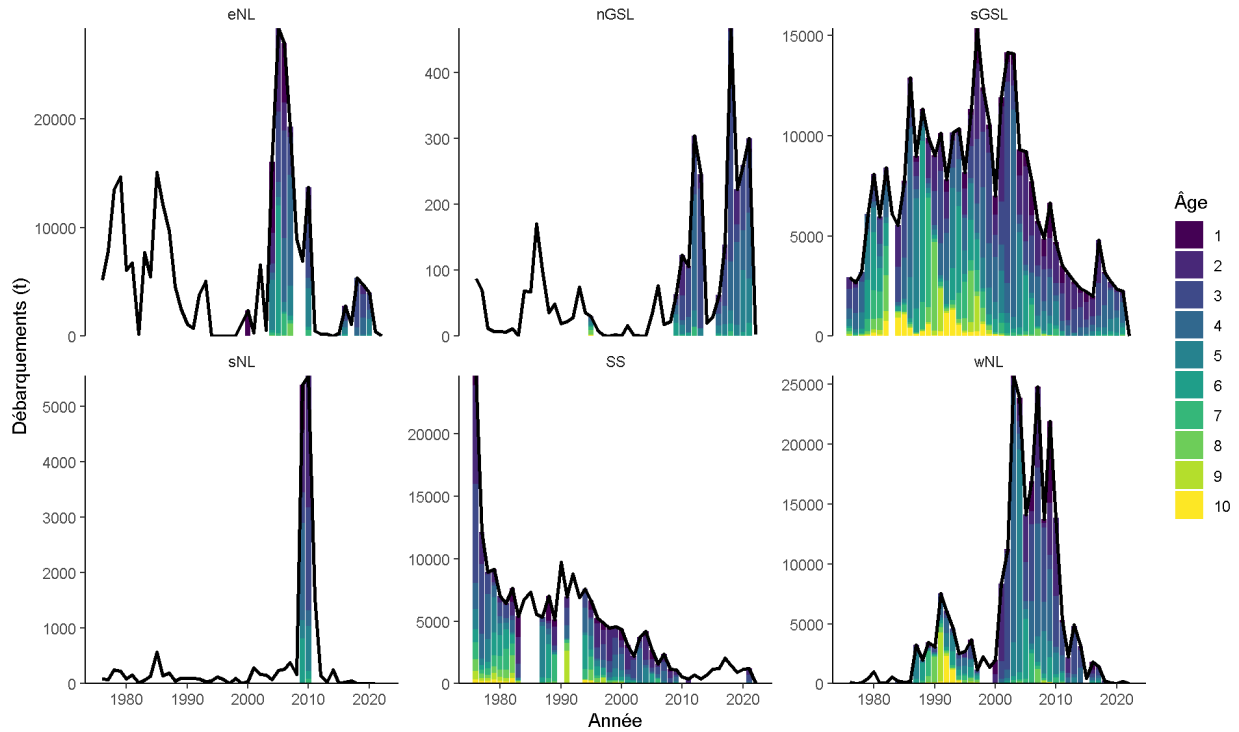


Figure S13. Débarquements (t) par région (voir le tableau S1), décomposés par âge. La décomposition par âge n'a pas pu être réalisée pour les années sans échantillons (zone blanche). (eNL = est de Terre-Neuve, nGSL = nord du golfe du Saint-Laurent, sGSL = sud du golfe du Saint-Laurent, sNL = sud de Terre-Neuve, SS = plateau néo-écossais, wNL = ouest de Terre-Neuve)

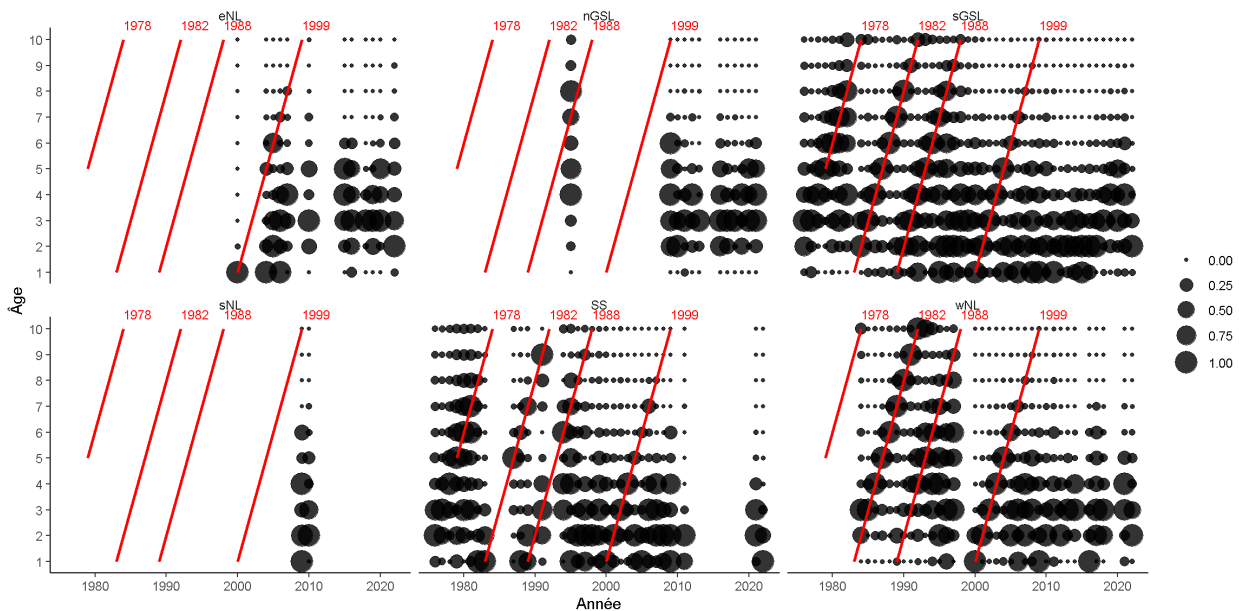


Figure S14. Prises selon l'âge par région (proportions annuelles). Les cohortes fortes sont indiquées par des lignes rouges pour faciliter la comparaison de la structure selon l'âge. (eNL = est de Terre-Neuve, nGSL = nord du golfe du Saint-Laurent, sGSL = sud du golfe du Saint-Laurent, sNL = sud de Terre-Neuve, SS = plateau néo-écossais, wNL = ouest de Terre-Neuve)

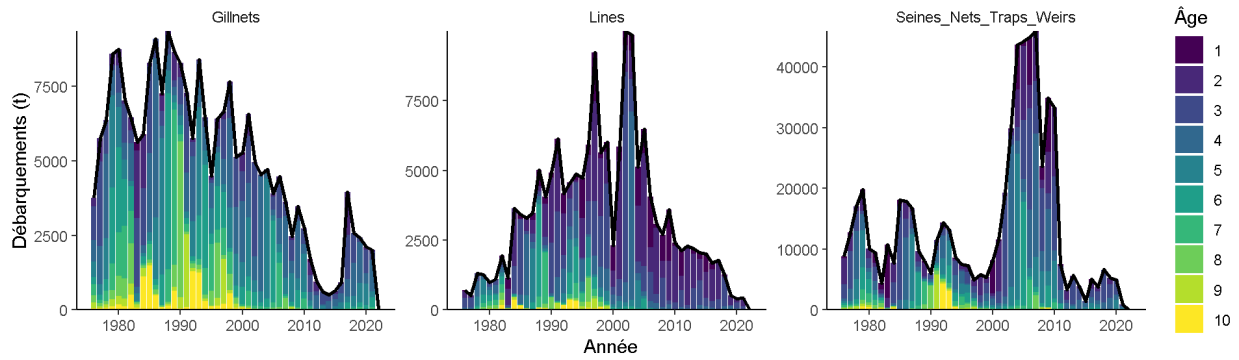


Figure S15. Débarquements (t) par classe d'engin (voir le tableau S1), décomposés par âge. La catégorie « divers » n'est pas montrée en raison du manque de débarquements et d'échantillons.

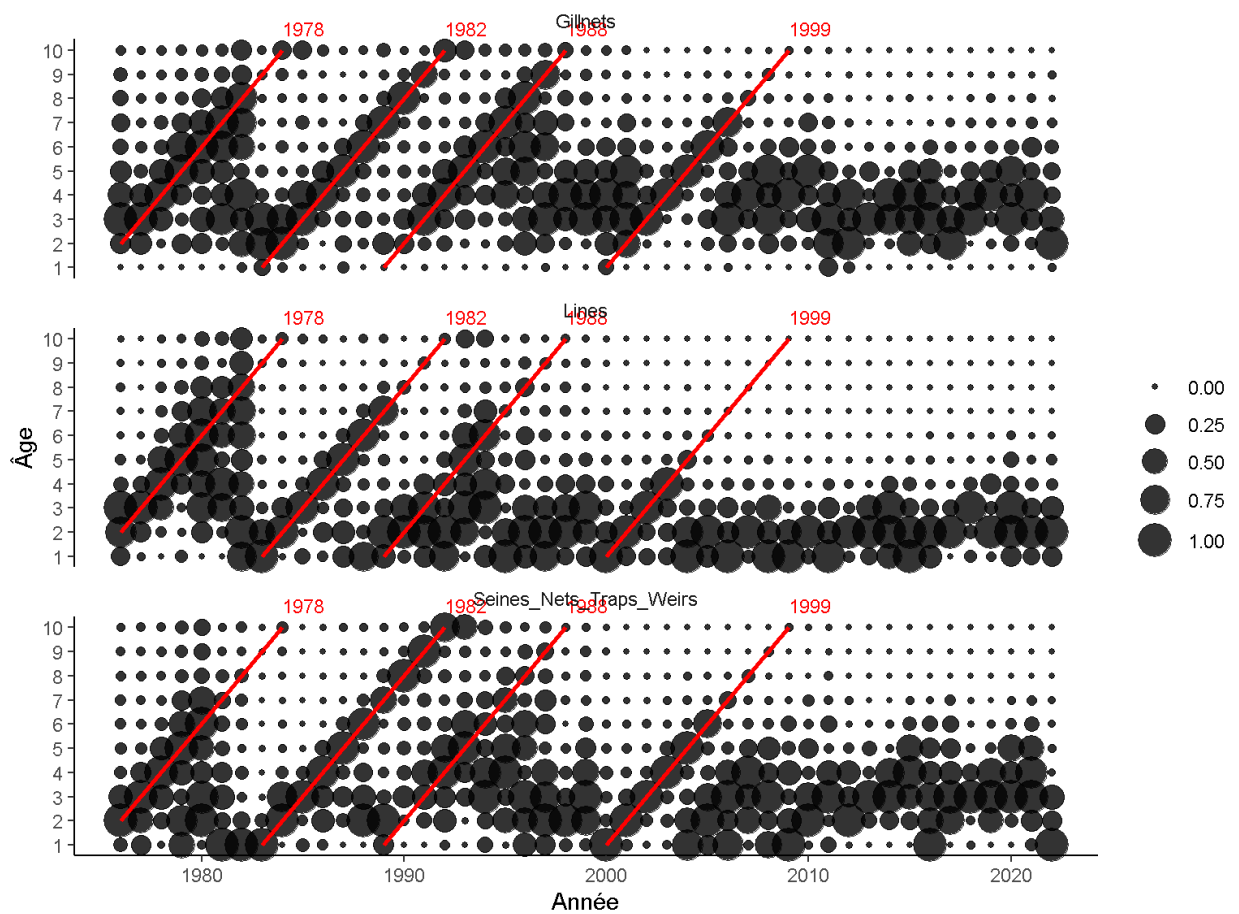


Figure S16. Prises selon l'âge par classe d'engin (proportions annuelles). Les cohortes fortes sont indiquées par des lignes rouges pour faciliter la comparaison de la structure selon l'âge.

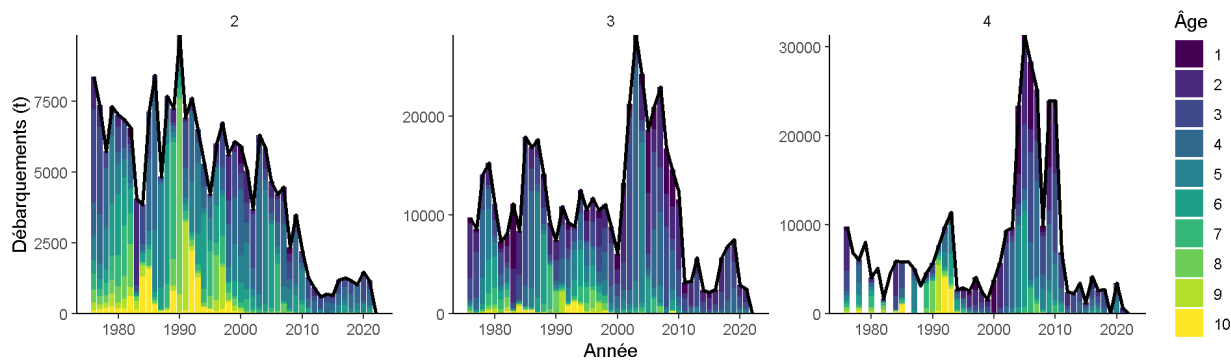


Figure S17. Débarquements (t) par période (trimestre; voir le tableau S1), décomposés par âge. La décomposition par âge n'a pas pu être réalisée pour les années sans échantillons (zone blanche). Le trimestre 1 n'est pas montré en raison du manque de débarquements et d'échantillons.

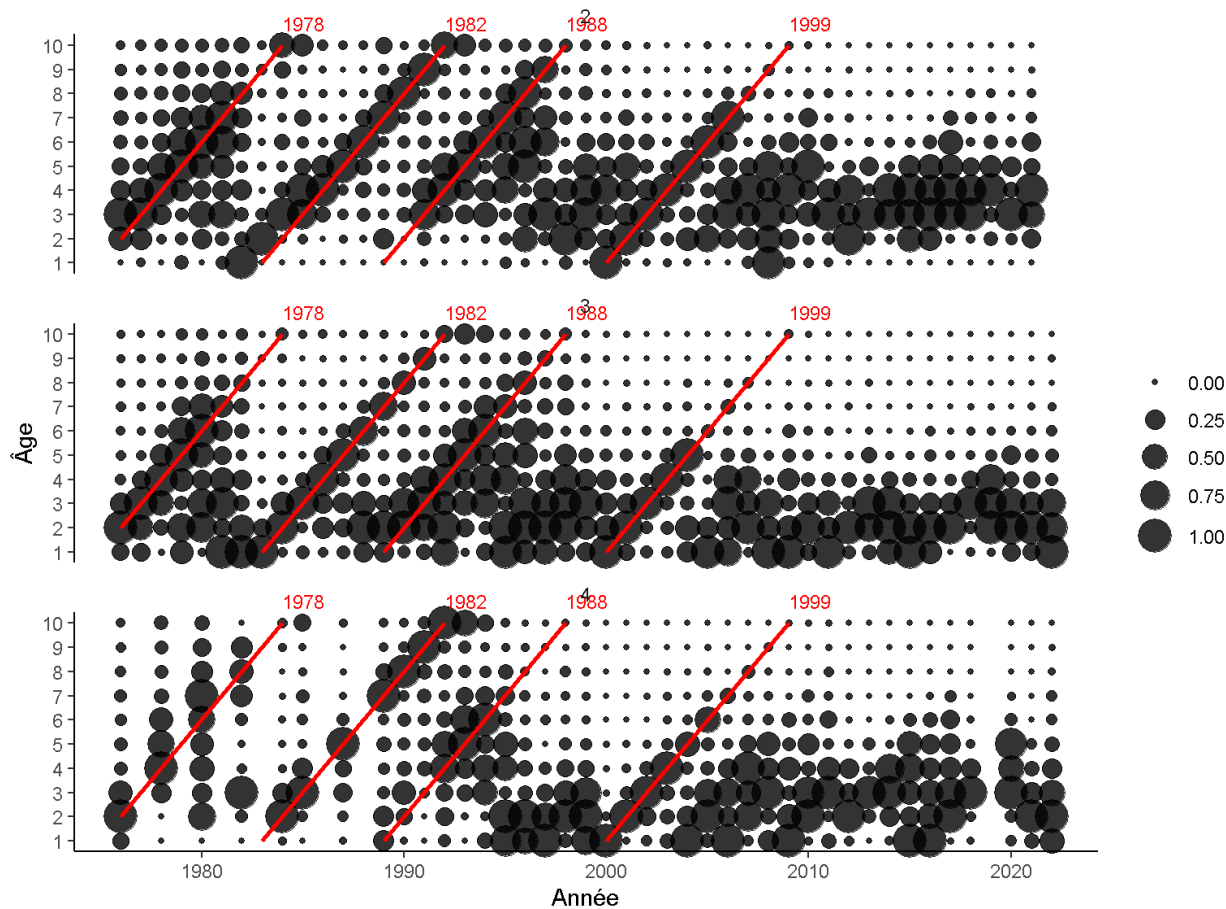


Figure S18. Prises selon l'âge par période (trimestre, proportions annuelles). Les cohortes fortes sont indiquées par des lignes rouges pour faciliter la comparaison de la structure selon l'âge.

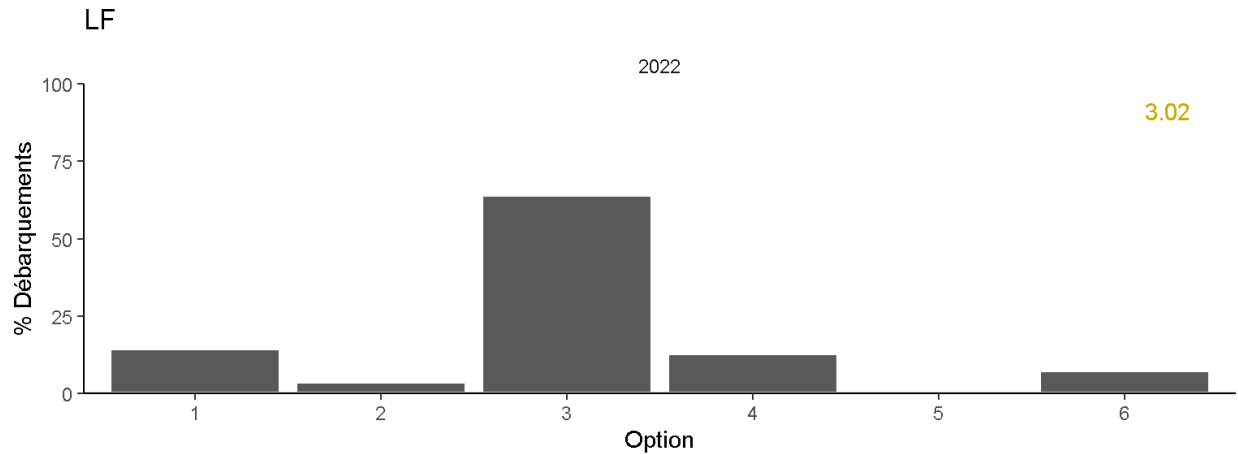


Figure S19. Pourcentage des débarquements de 2022 (redistribués conformément au profil de 2017-2021) pour lesquels on a utilisé un certain niveau hiérarchique d'échantillonnage (1 à 6) pour attribuer des échantillons de fréquence des longueurs aux débarquements d'une strate donnée. Les niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat. Le chiffre indiqué en haut est la moyenne pondérée de toutes les notes (1 = échantillonnage parfait, 6 = échantillonnage faible) et fournit un indicateur simplifié de la qualité de l'échantillon.

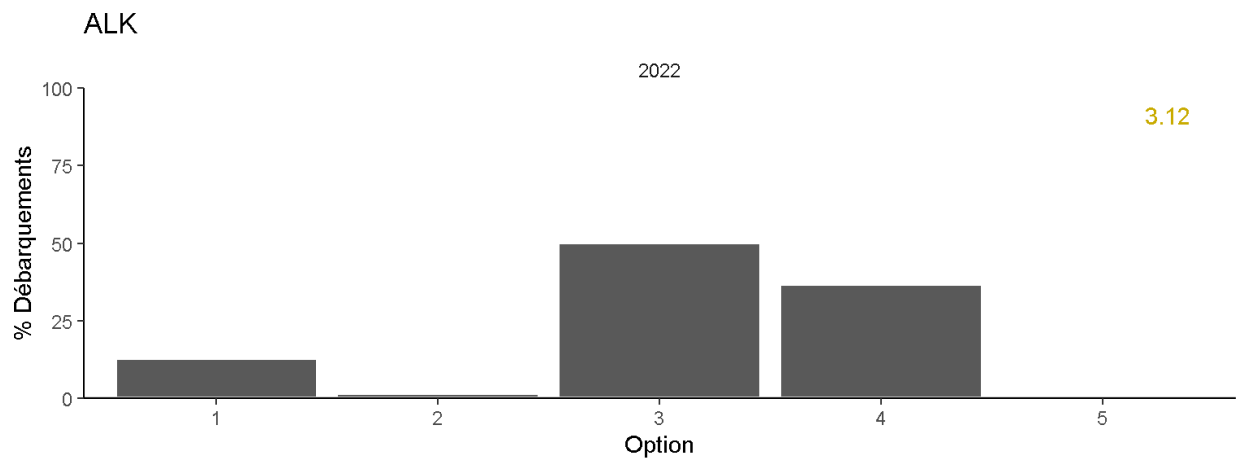


Figure S20. Pourcentage des débarquements de 2022 (redistribués conformément au profil de 2017-2021) pour lesquels on a utilisé un certain niveau hiérarchique d'échantillonnage (1 à 6) pour attribuer des échantillons de clé de longueur selon l'âge aux débarquements d'une strate donnée. Les niveaux plus élevés indiquent un échantillonnage moins adéquat. Le chiffre indiqué en haut est la moyenne pondérée de toutes les notes (1 = échantillonnage parfait, 6 = échantillonnage faible) et fournit un indicateur simplifié de la qualité de l'échantillon.



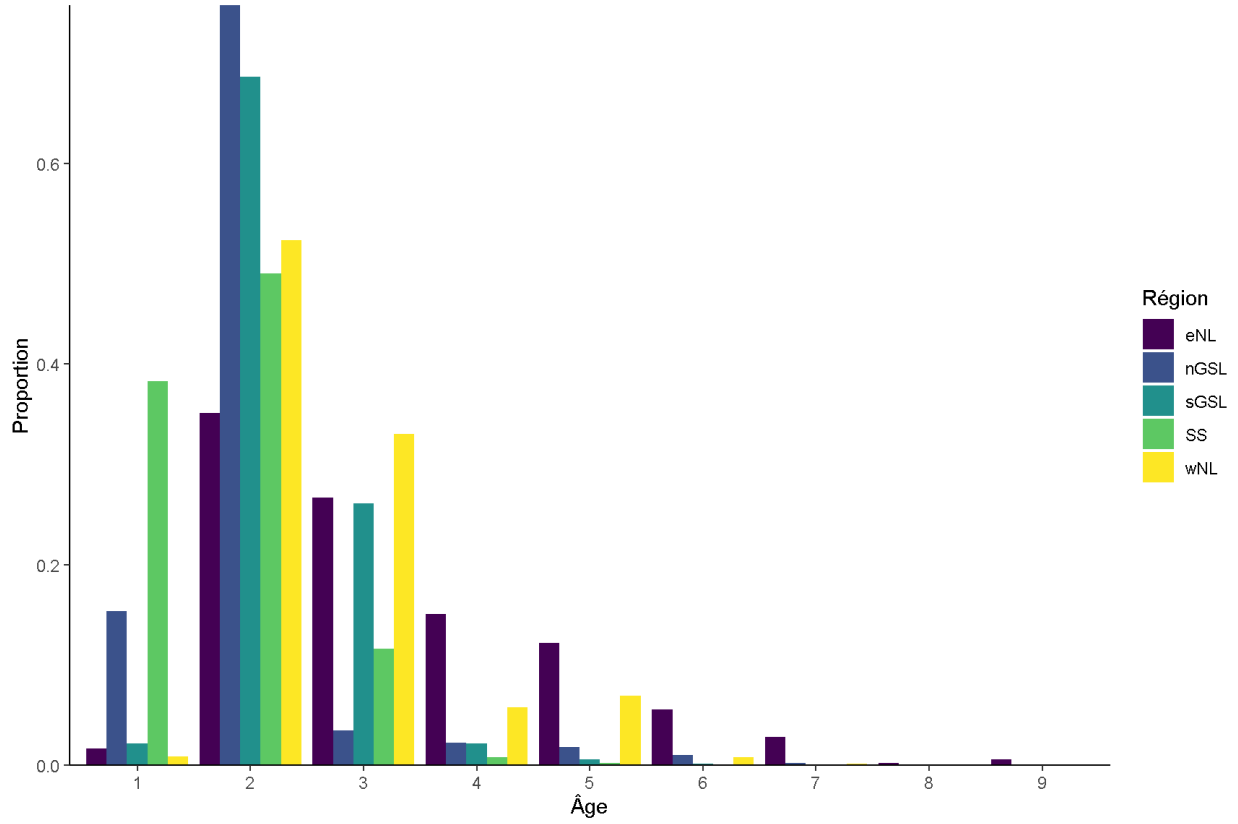


Figure S21. Proportions selon l'âge du maquereau dans les échantillons de chaque région.