

Rapport de la réunion de l'ICCAT d'évaluation des stocks de requin peau bleue de 2023 (17-21 juillet, hybride, Madrid, Espagne)

Les résultats, conclusions et recommandations figurant dans le présent rapport ne reflètent que le point de vue du Groupe d'espèces sur les requins. Par conséquent, ceux-ci doivent être considérés comme préliminaires tant que le SCRS ne les aura pas adoptés lors de sa séance plénière annuelle et tant que la Commission ne les aura pas révisés lors de sa réunion annuelle. En conséquence, l'ICCAT se réserve le droit d'apporter des commentaires au présent rapport, de soulever des objections et de l'approuver, jusqu'au moment de son adoption finale par la Commission.

1. Ouverture, adoption de l'ordre du jour et organisation de la réunion

La réunion a été tenue à Madrid (Espagne) du 17 au 21 juillet 2023. Le Rapporteur du Groupe d'espèces sur les requins et Président de la réunion, M. Rodrigo Forselledo, a ouvert la réunion et souhaité la bienvenue aux participants (le Groupe). M. Camille Manel, Secrétaire exécutif de l'ICCAT, a souhaité la bienvenue aux participants et leur a souhaité une réunion fructueuse. Le Président a passé en revue l'ordre du jour qui a été adopté sans modification (**appendice 1**).

La liste des participants figure à l'**appendice 2**. La liste des documents présentés à la réunion est jointe à l'**appendice 3**. Les résumés des documents et des présentations sont inclus à l'**appendice 4**. Les personnes suivantes ont assumé les fonctions de rapporteur :

<i>Points</i>	<i>Rapporteurs</i>
Point 1	N.G. Taylor
Points 2.1-2.6	N.G. Taylor, M. Braccini
Point 3.1	B. Babcock, X. Zhang
Point 3.2	H. Bowlby, G. Cardoso, D. Courtney
Point 3.3	R. Sant'Ana, C. Fernández, M. Ortiz
Point 3.4	L. Kell
Point 4.1	B. Babcock, X. Zhang
Point 4.2	G. Cardoso, D. Courtney, J. Rice, H. Bowlby
Points 4.3-4.4	R. Sant'Ana, C. Fernández, A. Kimoto, H. Bowlby
Point 4.5	A. Kimoto, J. Rice
Point 5	M. Ortiz, A. Kimoto
Point 6	G. Díaz, R. Coelho, R. Forselledo
Point 7	C. Brown, R. Forselledo
Point 8	A. Domingo
Point 9	J.C. Báez
Point 10	N.G. Taylor

2. Résumé des données disponibles pour l'évaluation

2.1 Identité du stock

Le Président a examiné les décisions prises sur la structure du stock à la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023). Il a rappelé au Groupe que les données de marquage soutenaient un faible degré de mélange entre les stocks du nord et du sud et que les analyses génétiques soutenaient un faible degré de mélange entre les stocks du nord et de la Méditerranée. Toutefois, le Groupe a convenu que les données n'étaient pas suffisantes pour étayer une évaluation des stocks du Nord et du Sud comme un stock mixte. Pour l'évaluation du stock de 2023, le Groupe a convenu de maintenir les désignations du stock actuelles. L'évaluation du stock de 2023 a été réalisée pour les stocks du Nord et du Sud uniquement.

2.2 Prises

Le Secrétariat a présenté les séries de captures nominales actualisées. Les données disponibles ont été publiées sur le Nextcloud de la réunion pour examen des participants, conjointement avec un tableau de bord permettant aux utilisateurs d'examiner et de visualiser les données disponibles. Le Secrétariat a également passé en revue les séries de captures révisées de trois CPC qui avaient été fournies à l'issue de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023). Les révisions étaient mineures et les séries de captures à entrer dans l'évaluation sont restées pratiquement identiques à celles présentées à la Réunion de préparation des données. Les différences entre les séries de données utilisées dans la modélisation et les données de captures actualisées de la tâche 1 étaient de moins de 0,5%. Par conséquent, les données de captures utilisées pour la modélisation n'ont pas été actualisées pour inclure ces révisions. La **figure 1** présente les données de captures utilisées dans la modélisation. Les données de captures pour les stocks du Nord et du Sud, par flottille, sont résumées respectivement au **tableau 1** et au **tableau 2**.

Le Groupe a noté que les séries de captures de la mer Méditerranée sont toujours incomplètes. Afin de pouvoir réaliser les futures évaluations du stock, les CPC qui capturent le requin peau bleue, ou le capturent en tant que prises accessoires, en Méditerranée ont été encouragées à soumettre leurs données, y compris les données historiques.

Le document SCRS/2023/121 résumait la révision et la mise à jour des données détaillées de capture et de taille disponibles par flottille jusqu'en 2021. La plupart des données présentées dans ce document étaient celles qui avaient été approuvées à la Réunion de préparation des données. Il a été souligné que près de 99% des captures de requin peau bleue sont le fait de l'engin de palangre. À des fins d'évaluation du stock, les flottilles palangrières ont été regroupées en 10 flottilles pour le stock du Nord et en 11 flottilles pour le stock du Sud. La désignation « autres » flottilles incluait toutes les données de captures (y compris les flottilles mineures à la senne et au filet maillant) qui ne sont pas incluses dans les autres désignations des principales flottilles.

Les séries de captures de requin peau bleue (*Prionace glauca*) incluent les séries temporelles de captures reconstruites, utilisées dans l'évaluation du stock de 2015. Les séries temporelles de captures reconstruites sont considérées être les meilleures estimations des captures pour les stocks du Nord et du Sud. De grandes différences ont été constatées entre les captures déclarées et les captures reconstruites pour les années antérieures à 2000 pour le stock du Nord et les années antérieures à 2010 pour le stock du Sud. Après les années 2000 et 2010 pour les stocks du Nord et du Sud, respectivement, les séries temporelles reconstruites concordent relativement bien avec les séries temporelles de la tâche 1. Pour l'évaluation, on a utilisé les séries temporelles reconstruites jusqu'en 2013 et les séries temporelles de captures déclarées de la tâche 1 pour toutes les années suivantes (2014-2021).

Le Groupe a demandé si les captures estimées à la [Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015](#) (Anon., 2016) avaient été incluses dans les données de la tâche 1. Il a été répondu qu'elles n'y sont pas incluses. Toutefois, le plan élaboré par les recommandations de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023) consistait à envoyer les séries de captures reconstruites aux CPC avant le 31 juillet pour examen, et approbation avant le 1^{er} septembre 2023. Les CPC qui nécessitent plus de temps pourront étudier et approuver ces séries de données ultérieurement. Après approbation par les CPC (ou en l'absence de réponse), ces séries reconstruites seront ultérieurement soumises pour approbation du Sous-comité des statistiques à des fins d'inclusion dans les données officielles de la tâche 1.

Le Groupe a demandé si les séries temporelles de captures reconstruites incluaient les changements apportés entre les stocks du Nord et du Sud par certaines CPC. En réponse, il a été noté que lorsque les CPC avaient fourni des séries temporelles actualisées dans la capture, celles-ci avaient alors été incluses. Il a également été noté qu'il y avait un certain degré de recoupement entre les données des observateurs (c.-à-d. les données historiques) et les données des CPC révisées (c.-à-d. la tâche 2). En vue d'éviter toute duplication, le Groupe a convenu que les données des CPC révisées étaient prioritaires.

2.3 Indices d'abondance

Le Président a résumé les indices qui avaient été étudiés par le Groupe lors de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023). Aucun des indices étudiés n'a été rejeté à des fins d'utilisation dans l'évaluation du stock. La **figure 2** présente les graphiques des indices d'abondance standardisés. Les indices de capture par unité d'effort (CPUE) disponibles pour les stocks de requin peau bleue du Nord et du Sud figurent, respectivement, au **tableau 3** et au **tableau 4**. Au cours de la Réunion de préparation des données, le Groupe a également étudié une analyse en grappes qui permettait de regrouper les indices en groupes représentant différentes hypothèses sur la trajectoire des stocks.

Le Groupe a demandé des informations sur la série de la palangre japonaise du début de la période (1971-1993) et sur la série historique de prospection de recherche des États-Unis (1957-2000) qui avaient été utilisées dans l'évaluation de 2015. Ces indices n'avaient pas à être actualisés et n'avaient pas été discutés à la Réunion de préparation des données lors de la présentation des autres séries de CPUE.

2.4 Biologie

Le Président a résumé les informations biologiques qui avaient été convenues lors de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023). Elles incluaient les informations utilisées à la [Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015](#) (Anon., 2016) ainsi que des informations actualisées pertinentes.

2.5 Compositions par tailles

Le document SCRS/2023/121 étudiait également les séries temporelles de composition par tailles des captures. Il a été noté qu'à l'évaluation de 2015, les données de composition par tailles avaient été fournies par les CPC à la réunion. À la Réunion de préparation des données, le Groupe a convenu d'utiliser les données historiques utilisées dans l'évaluation de 2015 ainsi que les données additionnelles fournies par les CPC, notant que certaines CPC avaient procédé à un examen exhaustif des informations de tailles soumises. Le document fournissait un résumé des données de tailles du requin peau bleue par source. La répartition spatiale des données de tailles a été notée et le nombre d'échantillons de tailles disponibles par sexe a également été présenté. Les données de tailles, agrégées et par sexe, ont été soumises aux modélisateurs. Par ordre de priorité : 1) les révisions fournies par les CPC ont été utilisées comme la principale source des données de composition par tailles ; 2) les données de composition par tailles des données des observateurs ; puis 3) les données de taille de la tâche 2 ont été utilisées.

La variabilité de la taille moyenne par flottille a été étudiée. Il a été noté qu'il y avait moins de variabilité de la taille moyenne par sexe lorsque ces informations étaient disponibles.

2.6 Autres données pertinentes

Le document SCRS/2023/115 incluait un résumé des résultats de la modélisation des distributions a priori du cycle vital pour la pente et du taux intrinsèque de croissance. Le Groupe a demandé des renseignements sur les possibles effets de la dépendance à la densité sur les estimations de la productivité compte du fait que le stock n'était pas considéré être épuisé. En réponse, il a été noté que le document indiquait que les stocks de requin peau bleue sont exposés à la pêche depuis plusieurs décennies et que leur biomasse est probablement loin de se situer aux niveaux non-exploités, de sorte que les estimations des paramètres ne devraient être ici que modérément, voire pas du tout, influencées par la dépendance à la densité. Par conséquent, la productivité déduite ne devrait pas être très différente du véritable taux intrinsèque, ou maximum, de croissance.

Le Groupe a discuté de la pertinence de la pente estimée pour le requin peau bleue d'un point de vue biologique, étant donné que les estimations semblaient être proches de celles des espèces de thonidés et d'istiophoridés. Il a été suggéré de mener des recherches sur la méthodologie et les valeurs des paramètres en résultant.

Le document SCRS/2023/116 incluait les estimations des paramètres du cycle vital et de la pente obtenues de [Fishlife](#). [Fishlife](#) associe les résultats des bases de données [Fishbase](#) et [Ransom Myers legacy](#). Le document concluait que les estimations du taux intrinsèque de croissance et de la pente de [Fishlife](#) n'étaient guère réalistes.

Le Groupe a noté qu'il n'est pas surprenant que les estimations de la pente, déterminées à l'aide de Fishlife, soient apparemment basses. Les estimations de Fishlife sont plus susceptibles de produire la productivité pour un requin *Carcharhinidae* générique plutôt que pour les requins peau bleue précisément, étant donné que Fishlife est une méthode hiérarchique basée sur la taxonomie. Après avoir actualisé les estimations de Fishlife à l'aide des estimations publiées issues de la matrice de Leslie, la distribution a posteriori actualisée permettait d'obtenir des résultats plus réalistes.

3. Méthodes et autres données pertinentes pour l'évaluation

3.1 Modèles de production à des fins de continuité avec l'évaluation de 2015

Le document SCRS/2023/126 utilisait le logiciel et les valeurs d'entrée de la [Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015](#) (Anon., 2016), en n'actualisant que les données de captures et de CPUE. Il concluait à des différences dans les résultats entre l'ancien logiciel de production excédentaire bayésien (BSP et BSP2), le code de l'échantillonneur Just another Gibbs (JAGS) utilisé en 2015 et le modèle Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA) tant pour le stock du Nord que pour le stock du Sud.

Le Groupe a discuté de ces différences et a conclu qu'elles n'étaient probablement pas dues aux différents algorithmes mais plutôt à des différences dans les distributions a priori, la pondération et la façon de traiter l'erreur de processus. L'ancien logiciel utilisait notamment une distribution a priori moins informative pour la biomasse non pêchée K (uniforme sur $\log(K)$), qui ne pas être reproduite exactement dans JABBA. La plupart des autres choix du modèle pouvaient être reproduits dans JABBA.

Le Groupe a également discuté des impacts de l'erreur de processus dans l'ancien BSP et dans JABBA. D'une part, l'inclusion de l'erreur de processus augmente la flexibilité du modèle pour mieux s'ajuster aux données. D'autre part, l'inclusion d'une erreur de processus trop importante pourrait rendre l'état du stock estimé déphasé par rapport aux données et détériorer les capacités de prédiction du modèle. Le Groupe a discuté des problèmes de qualité de données, tels que des tendances de CPUE divergentes en raison de la petite taille de l'échantillon, d'une couverture spatio-temporelle limitée et des conflits entre les indices.

Le Groupe a reconnu les travaux exhaustifs réalisés sur l'ancien logiciel BSP pour cette espèce au fil des ans. Cependant, JABBA est plus facile à apprendre et fournit les diagnostics et les techniques d'évaluation du modèle nécessaires pour les évaluations modernes qui sont exploitables sur d'autres plateformes, telles que Stock Synthesis III (SS3). Le Groupe a donc convenu de ne pas utiliser l'ancien logiciel BSP pour cette évaluation ou les futures évaluations. Des techniques utiles qui étaient disponibles dans l'ancien logiciel, comme une version temporelle continue du modèle de production ou des distributions a priori additionnelles, pourraient être ajoutées à JABBA à l'avenir.

Afin d'évaluer de manière approfondie si les différences entre les évaluations du stock de requin peau bleue de 2015 et 2023 étaient causées par les différences dans les valeurs d'entrée des modèles ou par les nouvelles données, un ensemble d'analyses de sensibilité a été réalisé dans JABBA. Pour le Sud, les résultats de l'analyse de sensibilité montraient que la série d'abondance relative présentée par le Japon avait été ajoutée dans l'évaluation du requin peau bleue de 2015, laquelle n'avait pas été identifiée à des fins d'utilisation en 2023. Cet indice du début de la période n'avait pas de fort impact sur la réponse des modèles bayésiens de production excédentaire ajustés. La contribution de l'inclusion de cette série agrégée donnait lieu à une période initiale qui était un peu moins stable, mais on ne distinguait pas les schémas déjà observés tout au long de la série (**figure 3**).

Pour le Nord, plusieurs scénarios de sensibilité ont été évalués. Il y avait trois ensembles de scénarios : a. se rapporte à Schaefer vs. Pella et la distribution a priori de K avec une faible erreur de processus ; b. se rapporte à différentes années de départ et différents indices avec une erreur de processus estimée ; et c. se rapporte aux scénarios « post-modèle pré-données » (PMPD). Certains scénarios utilisaient une distribution a priori pour B/K dans la première année du modèle qui était lognormale (médiane=1, sd=0,2). Deux indices plus anciens, l'indice de la palangre japonaise du début de la période et la série US-Obs-Cru (Aires-da-Silva *et al.*, 2008), qui n'avaient pas été inclus dans le cas de base, ont été inclus dans certains scénarios de sensibilité. Tout comme dans l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015, la série US-Obs-Cru n'a été utilisée que jusqu'en 1991 car d'autres indices incluait certaines informations identiques à partir de 1992. Certains scénarios utilisaient un modèle de Schaefer, soit avec la distribution a priori du

cas de base soit avec une distribution a priori lognormale plus vaste pour K. L'erreur de processus était soit traitée comme fixée à une faible valeur ($\text{SigmaR}=0,01$) soit estimée comme dans le cas de base. Autrement, la pondération des CPUE et les distributions a priori étaient les mêmes que celles du cas de base. Tous les scénarios de sensibilité concordent entre eux et avec le cas de base en ce qu'ils concluaient que la population avait reculé en-deçà de B_{PME} dans les années 1990 avant de se rétablir aux alentours de B_{PME} au milieu des années 2000 (**figure 4**).

Afin de diagnostiquer plus avant les implications des distributions a priori et des données de captures pour l'évaluation du Nord, deux scénarios de diagnostics PMPD (comme cela été réalisé dans l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015) ont été présentés, dans lesquels le modèle a été exécuté avec les mêmes distributions a priori et données de captures mais sans les données de l'indice. Cela peut être réalisé dans JABBA en entrant un seul indice de CPUE, avec un point de données avec une valeur de 1,0 et un coefficient de variation (CV) fixe élevé et en désactivant les contrôles de prédiction a posteriori dans l'ajustement de JABBA. Les scénarios de diagnostics PMPD ont conclu à une réduction suivie d'une augmentation, indiquant que cette tendance est fortement induite par les fortes captures dans les années 1980 et la réduction des captures à la fin des années 1990 et au début des années 2000, en association avec les distributions a priori. Toutefois, les données de l'indice sont nécessaires pour estimer l'échelle de la réduction et de l'augmentation (**figure 4**).

Les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche étaient très similaires pour toutes les variations des valeurs d'entrée du modèle tant pour le Nord que pour le Sud. Le Groupe a donc décidé de n'utiliser que le cas de base de JABBA pour l'estimation et les projections de l'état. La cohérence des scénarios de sensibilité par rapport au cas de base implique que les résultats sont robustes face à ces décisions de modélisation. Dans les futures évaluations, il ne sera pas nécessaire de débiter l'évaluation en 1957 pour le Nord ni d'inclure l'indice du Japon du début de la période ou l'indice US-Obs-Cru.

3.2 Modèles structurés par âge basés sur la taille : Stock Synthesis

SS3 pour le Nord

Le document SCRS/2023/128 présentait la version préliminaire du modèle d'évaluation du stock en utilisant Stock Synthesis (SS) pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, ajusté aux données de 1971 à 2022. Il y avait 10 flottilles et 8 indices de CPUE, les compositions par tailles des indices reflétant les captures afin de séparer les ponctions par tailles. Le modèle à deux sexes utilisait les paramètres du cycle vital convenus à la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023), avec les CV initiaux établis à 10% pour l'âge minimum et L_{inf} du modèle de croissance de von Bertalanffy. Les CV des séries de CPUE ont été déterminés à l'aide de la méthode en 2 étapes de Francis. La pente de la fonction reproducteur-recrue et la mortalité naturelle étaient les valeurs médianes des 6 estimateurs du cycle vital du document SCRS/2023/115.

Les scénarios initiaux du modèle ont rencontré des problèmes de convergence et n'ont pas réussi les analyses des diagnostics. Les ajustements aux indices de CPUE étaient relativement faibles et le modèle n'a pas pu résoudre les bimodalités ou les discontinuités abruptes des données de composition par tailles, ce qui a affecté l'estimation des paramètres de sélectivité.

Les principales révisions apportées au modèle SS pour le Nord ont influencé les compositions des captures. Les données de composition par tailles des États-Unis ont été remplacées par celles utilisées en 2015. Au cours de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023), il avait été convenu que des postulats sur la sélectivité devaient être formulés pour les flottilles pour lesquelles les données de composition par tailles n'étaient pas disponibles. En ce sens, les données de composition par tailles du Venezuela ont été supposées être représentatives de la flottille du Belize. De même, les données du Taipei chinois ont été supposées être représentatives des « autres » captures. Une sélectivité logistique a été établie pour la plupart des flottilles. Les analystes ont noté que l'utilisation d'un nombre plus restreint de paramètres réduirait la variation des estimations des paramètres.

Les CV des CPUE d'entrée et les tailles d'échantillons de composition par tailles pour les modèles préliminaires suivaient la méthode décrite dans le document SCRS/2023/128 et les citations qui y sont incluses. La méthode de pondération appliquée pour le scénario du cas de référence du modèle final suivait la méthode décrite ci-dessus pour SS3 pour le Sud. L'écart type moyen de chaque série de $\log(\text{CPUE})$ est le maximum des trois quantités suivantes : 1) la valeur moyenne calculée d'après celles initialement déclarées

dans les documents de standardisation des CPUE ; 2) la racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) des valeurs résiduelles résultant d'un ajustement LOESS à la série log(CPUE) ; et 3) la valeur de 0,2.

Les analystes ont proposé des changements supplémentaires pour tenter d'améliorer l'ajustement du modèle aux données. Ils consistaient, entre autres, à permettre une plus grande variabilité du recrutement, en augmentant SigmaR de 0,28 à 0,38, et à remplacer la valeur fixe de la mortalité naturelle par une mortalité naturelle spécifique à l'âge calculée d'après les analyses déterministes du cycle vital (SCRS/2023/115).

Les estimations finales des taux de mortalité naturelle instantanée (1 an) utilisées dans le modèle Stock Synthesis pour l'Atlantique Nord ont été obtenues avec 6 méthodes invariables du cycle vital utilisées dans les tableaux déterministes du cycle vital (communication pers. Enric Cortés juillet 2023), telles que résumées ci-dessous.

<i>Âge</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Moyenne de femelles et de mâles</i>
0	0,212	0,239	0,226
1	0,200	0,222	0,211
2	0,193	0,213	0,203
3	0,188	0,208	0,198
4	0,185	0,205	0,195
5	0,182	0,202	0,192
6	0,180	0,201	0,190
7	0,179	0,199	0,189
8	0,177	0,198	0,188
9	0,176	0,197	0,187
10	0,175	0,197	0,186
11	0,175	0,196	0,185
12	0,174	0,196	0,185
13	0,173	0,196	0,185
14	0,173	0,195	0,184
15	0,173	0,195	0,184
16	0,172	0,195	0,184
17	0,172	0,195	0,183
18	0,172	0,195	0,183
19	0,171	0,195	0,183
20	0,171	0,194	0,183
21	0,171	0,194	0,183
22	0,171	0,194	0,183
23	0,171	0,194	0,182
24	0,171	0,194	0,182
25	0,170	0,194	0,182
26	0,170	0,194	0,182

En outre, il était proposé d'utiliser les mêmes valeurs spécifiques à l'âge pour les deux sexes avant l'âge 5, puis des taux de mortalité spécifiques au sexe pour les âges plus avancés. Tous les changements appliqués au modèle SS pour le Nord ont été réalisés de façon séquentielle.

Une analyse de jitter (10 itérations) a été réalisée pour chaque changement séquentiel apporté au modèle pour permettre d'évaluer le comportement du modèle (**figure 5**). En général, l'analyse de jitter convergait vers la même vraisemblance que le modèle et avait le même ajustement, sauf pour le cas 3 qui a cessé d'être étudié. La nouvelle formulation du cas de base de SS pour le Nord incluait les CV des CPUE actualisés, les valeurs des paramètres déterministes du cycle vital, la série de mortalité naturelle spécifique à l'âge et les valeurs de SigmaR plus élevées décrits ci-dessus. Cette formulation a réussi l'analyse de jitter (30 itérations) et le Groupe a donc revu les diagnostics du modèle.

Le Groupe a discuté des diagrammes de profil de vraisemblance de $\log R_0$ (non indiqué). Il a été noté que les données de tailles, notamment de l'UE-Espagne, ont la plus grande influence dans l'ajustement et donc dans l'échelle de l'abondance dans le modèle ajusté. Les profils de vraisemblance indiquaient un certain conflit entre les indices de CPUE et la composition par tailles, $\log R_0$ pouvant converger à une valeur plus faible si les données espagnoles étaient pondérées à la baisse. Toutefois, le Groupe a décidé que les profils de vraisemblance ne constituent pas forcément un diagnostic pour accepter ou rejeter un modèle, mais sont plutôt un diagnostic utilisé pour étudier comment différentes informations interagissent dans le modèle.

La **figure 6** présente les ajustements aux séries temporelles des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La **figure 7** présente les ajustements aux séries temporelles de tailles agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les valeurs résiduelles pour la majorité des indices de CPUE n'étaient pas distribuées de façon aléatoire, ce qui est la conséquence du conflit entre ces indices et les informations de compositions par tailles. Cependant, les valeurs résiduelles conjointes (**figure 8**) étaient centrées sur zéro et il n'y avait pas de schéma rétrospectif systématique dans une élimination de 5 années. Les analystes ont noté que par rapport au cas de base du document SCRS/2023/128, ce modèle est bien plus stable. Le **tableau 5** présente les valeurs finales des paramètres de Stock Synthesis.

Le Groupe a discuté de la tendance à la baisse des écarts du recrutement représentés graphiquement d'après 100.000 tracés obtenus avec la distribution lognormale à plusieurs variables (MVLN) (**figure 9** et point 4 ci-dessous) par rapport à l'augmentation prévue dans la série temporelle de la production de frai (fécondité du stock reproducteur, (SSF), se reporter au point 4) depuis 2010. Pour une espèce productive, il pourrait s'avérer difficile de détecter une réponse dans le recrutement faisant suite à une augmentation ou à une réduction de la production de frai. Les travaux complémentaires pourraient étudier le compromis entre la sélectivité et la variabilité du recrutement dans le modèle SS.

Il a été noté que la sélectivité logistique fixe pour les données de tailles portugaises avait une grande influence dans l'ajustement du modèle. Ces données sont fortement bimodales en raison de la concentration de l'effort dans des zones avec des distributions de tailles de requin peau bleue très différentes. Il a été recommandé de diviser l'indice de CPUE et la composition par tailles en deux composantes pour les futures évaluations.

Une discussion a été tenue sur l'augmentation de SigmaR (de 0,28 à 0,38). Les analystes ont expliqué que la valeur fixe actuelle (0,38) est obtenue itérativement en se basant sur la valeur estimée dans le modèle et correspond bien à une évaluation du requin peau bleue du Comité scientifique international des thonidés et des espèces apparentées dans l'océan Pacifique Nord (ISC) utilisant 0,4. Bien que la valeur soit inférieure à celle qui est utilisée dans cette évaluation pour le Sud (0,5), d'autres hypothèses biologiques sont différentes et il est donc difficile de déterminer si elles seraient directement comparables.

Le cas de référence convenu du modèle Stock Synthesis pour l'Atlantique Nord montrait une stabilité de la vraisemblance logarithmique avec différentes valeurs de départ (**figure 5**). Le gradient final du modèle était inférieur à l'objectif de 0,0001, et considéré comme acceptable pour la convergence du modèle, d'autant plus que la solution était stable pour différentes valeurs de paramètres de départ. Une analyse de jitter du cas de référence du modèle final indiquait que les 100 scénarios du modèle en jitter convergeaient, aucun scénario du modèle n'entraînant une valeur de l'estimation de la vraisemblance négative totale inférieure au scénario de base (163,87 unités de vraisemblance), et quelques scénarios du modèle entraînant des valeurs de vraisemblance négative totale plus élevées (**figure 5**).

Par conséquent, le Groupe a noté que le modèle en jitter était robuste face aux valeurs initiales des paramètres et ne donnait aucune indication que le modèle convergeait vers des minimums locaux de la fonction objectif au lieu du minimum global. Le modèle présentait des ajustements généralement acceptables aux indices (**figure 6**) et à la composition par tailles pour toutes les flottilles de pêche (**figure 7**). Le diagramme des valeurs résiduelles conjointes était distribué de manière aléatoire pour les ajustements des tailles (RMSE = 8,9%) ainsi que pour les indices sans schéma apparent (RMSE = 49,4%) (**figure 8**). Les écarts estimés de la courbe du stock-recrutement (c.-à-d. les écarts du recrutement) indiquaient une forte variabilité du recrutement d'une année sur l'autre (**figure 9**), avec des tendances à la baisse dans les écarts vers la fin de la série temporelle.

Quatre des six valeurs résiduelles de compositions par tailles et trois des huit valeurs résiduelles des indices ont réussi le test des scénarios (**figure 10**), comme indiqué ci-dessous (la couleur rouge en surbrillance indique une valeur p du test des scénarios < 0,05).

Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord (valeurs des tests des scénarios)

	Indice (S1-S8) et flottille (F1-F10)	Runs.p	Test	Sigma3.lo	Sigma3.hi	Type
1	S1_ESP-LL-N	0,012	Échoué	-0,19185	0,191849	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0	Échoué	-0,53304	0,533039	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0,272	Réussi	-0,71705	0,71705	CPUE
4	S4_US-Obs-E	0,011	Échoué	-0,93773	0,937733	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,358	Réussi	-0,61067	0,610672	CPUE
6	S6_VEN-LL	0	Échoué	-1,9459	1,945901	CPUE
7	S7_POR-LL-N	0,017	Échoué	-0,30599	0,305995	CPUE
8	S8_MOR-LL	0,728	Réussi	-0,85162	0,851624	CPUE
9	F1_EU-ESP	0,292	Réussi	-0,11964	0,119641	LEN
10	F2_JPN	0,042	Échoué	-0,16278	0,162777	LEN
11	F3_CTP	0,01	Échoué	-0,1666	0,166595	LEN
12	F4_USA	0,063	Réussi	-0,09921	0,099213	LEN
13	F5_VEN	0,11	Réussi	-0,25229	0,252295	LEN
14	F7_CPR	NA	Exclu	NA	NA	LEN
15	F10_EU-POR	0,552	Réussi	-0,31647	0,316472	LEN

Une analyse rétrospective éliminant jusqu'à cinq années de données de CPUE à partir de la dernière année de l'évaluation a donné lieu à des valeurs du rho de Mohn estimées pour la fécondité du stock (-0,06) et F/F_{PME} (0,15) se situant dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014 ; Carvalho *et al.*, 2017) (**figure 10**). L'analyse rétrospective n'a pas montré d'écart important par rapport aux valeurs précédemment estimées pour la fécondité du stock et F/F_{PME} (**figure 11**).

La validation croisée de simulation rétrospective avec la même gamme d'années éliminées des séries de CPUE et la prévision à un an d'avance des valeurs de CPUE éliminées ont donné lieu à des valeurs d'erreur moyenne absolue mise à l'échelle (MASE) inférieures à 1 pour quatre des six indices et deux des cinq compositions par tailles, et à deux des cinq valeurs MASE présentées proches de 1 (**figure 12**), comme indiqué ci-dessous (la couleur rouge en surbrillance identifie les valeurs MASE de simulation rétrospective supérieures à un, indiquant qu'une prévision à un an d'avance basée sur une marche aléatoire naïve était plus exacte que celle issue du modèle pour ces séries de CPUE).

Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord (valeurs MASE de simulation rétrospective)

	Indice (S1-S8) et flottille (F1-F10)	MASE	N.eval	Type
1	S1_ESP-LL-N	2,285448	5	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0,731159	5	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0,8464	5	CPUE
4	S4_US-Obs-E	NA	0	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,734588	5	CPUE
6	S6_VEN-LL	NA	0	CPUE
7	S7_POR-LL-N	4,896361	5	CPUE
8	S8_MOR-LL	0,840892	5	CPUE
9	F1_EU-ESP	1,364499	5	LEN
10	F2_JPN	0,89983	4	LEN
11	F3_CTP	1,089446	2	LEN
12	F4_USA	NA	0	LEN

13	F5_VEN	NA	0	LEN
14	F7_CPR	2,905658	2	LEN
15	F10_EU-POR	0,81585	4	LEN

Une liste des paramètres du modèle est fournie dans le **tableau 5**, y compris les valeurs estimées et leurs erreurs types asymptotiques associées, les valeurs initiales des paramètres, les valeurs minimales et maximales, les distributions a priori (si utilisées), et indiquant si le paramètre a été fixé ou estimé.

Faisant suite à ce qui avait été discuté et noté lors de la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023), une analyse de sensibilité a été réalisée pour le stock du Nord avec SS3 étudiant le modèle de croissance par marquage et comparant les résultats avec le modèle de croissance vertébrale utilisé pour le cas de base. Faute de temps disponible à la Réunion d'évaluation des stocks de requin peau bleue de 2023, l'analyse de sensibilité a été conduite sans estimer les valeurs de la mortalité naturelle en concordance avec les paramètres de croissance par marquage. Afin de comparer les deux modèles, il convient d'envisager, dans le cadre des futurs travaux, de réviser l'analyse de sensibilité en actualisant les informations sur la mortalité naturelle.

SS3 du Sud

Le document SCRS/2023/120 présentait la version préliminaire du modèle d'évaluation du stock utilisant Stock Synthesis (SS) pour le requin peau bleue (*Prionace glauca*) dans l'Atlantique Sud, y compris la configuration initiale du modèle, les définitions des flottilles, la sélectivité et le paramétrage. Le document proposait un cas de référence du modèle à deux sexes, de 1971 à 2021, avec huit flottilles en fonctionnement, ajusté à la composition par tailles et quatre indices d'abondance. Les paramètres du cycle vital étaient spécifiques au sexe en se fondant sur les recommandations de la réunion de préparation des données. Les diagnostics pour les configurations du modèle proposées ont démontré une convergence rapide et stable, de bonnes rétrospectives et des solutions acceptables sur différentes valeurs de départ. Une grille d'incertitude de huit modèles a été proposée, étudiant deux ensembles de paramètres de croissance, deux vecteurs de M à l'âge en résultant et quatre valeurs de pente. En outre, un ensemble exhaustif de diagnostics des modèles a été présenté pour le modèle de référence et les estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB) et du recrutement dans l'ensemble de la grille d'incertitude.

Faisant suite à la présentation, le Groupe a fait part de certaines préoccupations liées aux ajustements à la composition par tailles et s'est interrogé sur la fixation des paramètres de sélectivité. Les modélisateurs ont indiqué que le modèle ne convergerait pas en laissant SS3 estimer librement tous les paramètres de sélectivité.

Le Groupe a également indiqué que l'exécution de diagnostics de simulation rétrospective avec l'élimination de sept ou huit années pourrait entraîner des capacités de prédiction du modèle différentes.

Afin de répondre aux préoccupations soulevées par le Groupe, les modélisateurs ont proposé d'actualiser le cas initial en remplaçant les paramètres de croissance et le vecteur de M à l'âge par sexe par un seul ensemble de paramètres de croissance et un vecteur de M à l'âge pour les mâles et les femelles combinés. Les paramètres de croissance pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud ont été discutés plus en détail et le Groupe a convenu d'utiliser le modèle de *Joung et al. (2017)*. Cette étude se basait sur de plus grandes tailles d'échantillons, une gamme de tailles plus exhaustive et une couverture géographique plus vaste. Les paramètres utilisés étaient $L_{inf} = 291,8$ cm FL (transformé depuis TL), $k = 0,13$ an⁻¹ et $t_0 = -1,29$. Le Groupe a, en outre, convenu d'utiliser le vecteur de M à l'âge issu du tableau 3 du document SCRS/2023/115. Le Groupe a également décidé d'utiliser la valeur médiane de la pente de 0,8 fournie dans le document SCRS/2023/115.

Après avoir présenté la version du modèle actualisé et cherché à améliorer les ajustements aux indices, le Groupe a discuté des blocs temporels proposés pour les indices BR&UY, JPN et CH-TP et de la modification des paramètres de M à l'âge en se basant sur la médiane de M estimée dans le document SCRS/2023/115. Ce dernier changement a été proposé après avoir observé une mortalité naturelle élevée à l'âge 0 (0,9) peu réaliste. Le nouveau vecteur de M à l'âge a été testé sur le modèle et aucun changement significatif n'a été observé.

Les modélisateurs ont proposé un bloc temporel pour trois des indices d'abondance sur la base des diagnostics du modèle. Le Groupe a souligné qu'il était nécessaire de déterminer s'il existait des informations étayant l'utilisation de blocs temporels sur les séries de CPUE standardisées. Les scientifiques nationaux du Brésil et de l'Uruguay ont noté que pour leurs flottilles, les captures de requins peau bleue sont devenues importantes d'un point de vue économique. Dans le cas de l'indice du Japon, il a été noté que le ratio de déclaration pour le requin peau bleue et les requins en général (SCRS/2023/049) a considérablement changé de 2006 à 2007.

Après les présentations des diagnostics (test des scénarios, diagrammes des valeurs résiduelles conjointes, estimations de l'erreur moyenne absolue mise à l'échelle (MASE), analyse rétrospective et valeurs du Critère d'information d'Akaike (AIC)) pour deux scénarios avec un bloc temporel pour les indices BR&UY et pour les indices JPN, les résultats ont montré que l'utilisation d'un bloc temporel pour les deux indices (BR&UY et JPN) améliorerait les ajustements du modèle aux données.

Le Groupe a convenu d'un scénario du cas de référence utilisant la dernière configuration du modèle présentée et un bloc temporel pour les indices BR&UY et JPN (BSH_S_ATL_R012). Le Groupe a demandé si l'indice du Taipei chinois indiquait aussi un bloc temporel potentiel. Les scientifiques nationaux ont précisé qu'aucun changement majeur n'a été observé dans la pêcherie. Cependant, comme mentionné à la réunion de préparation des données, la valeur de l'indice pour l'année 2020 présente un pic élevé dans la série, attribuable à une augmentation des captures de requins de petite taille. Le Groupe a convenu de ne pas inclure de bloc temporel pour cet indice.

Le Groupe a convenu du cas de référence. Le cas de référence du modèle Stock Synthesis montre une stabilité dans la vraisemblance logarithmique avec différentes valeurs de départ (**figure 13**). Le diagnostic de Jitter indiquait que le modèle convergait vers un minimum global. La composante de gradient maximum du modèle était $7,23827e-05$ et le modèle avait une matrice hessienne de définition positive.

Le modèle de référence présentait un ajustement généralement acceptable aux indices (**figure 14**) et à la composition par tailles pour toutes les flottilles de pêche (**figure 15**). Les schémas des valeurs résiduelles des indices et les ajustements des tailles étaient globalement bons. Les écarts estimés de la courbe du stock-recrutement (c.-à-d. les écarts du recrutement) indiquaient une forte variabilité du recrutement d'une année sur l'autre (**figure 16**), avec des écarts négatifs au début de la série temporelle et un schéma aléatoire après 1998 jusqu'à la fin de la série temporelle. Le diagramme des valeurs résiduelles conjointes montrait que les valeurs résiduelles étaient distribuées de façon aléatoire pour les ajustements des tailles (RMSE = 8,6%) et montrait un schéma avec des valeurs résiduelles négatives au début de la série temporelle, positives au milieu et négatives à la fin pour les ajustements aux indices (RMSE = 24,9%) (**figure 17**). Les huit compositions par tailles et quatre des six indices ont « réussi » le test des scénarios (**figure 18**). Les valeurs du ρ de Mohn estimées pour SSB (-0,05) et F (0,13) se situaient dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014 ; Carvalho *et al.*, 2017) (**figure 19**). L'analyse rétrospective n'a pas présenté de schémas pathologiques. En ce qui concerne la simulation rétrospective, les valeurs MASE de deux des quatre indices et de quatre des huit compositions par tailles étaient inférieures à 1, et trois des huit valeurs MASE présentées étaient proches de 1 (**figure 20**).

Le **tableau 6** présente les paramètres du modèle. Ils incluent les valeurs estimées et leurs erreurs types asymptotiques associées, les valeurs initiales des paramètres, les valeurs minimales et maximales, les distributions a priori (si utilisées), en indiquant si le paramètre a été fixé ou estimé.

Le Groupe a étudié le profil de vraisemblance pour R0. Le profil indiquait des tendances contradictoires dans les données de composition par tailles et des indices. Ces conflits n'ont pas été considérés suffisants pour rejeter l'utilisation du modèle. Le diagramme du profil de vraisemblance est inclus à la **figure 21**.

La série temporelle estimée de la SSB pour le cas de référence indiquait que le stock a brusquement diminué à partir de la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, puis a continué à diminuer mais lentement jusqu'au début des années 2010 (**figure 22**). Il affichait une discrète augmentation jusqu'à la fin des années 2010 puis une nouvelle réduction jusqu'en 2021 (**figure 22**).

3.3 JABBA Nord

Le document SCRS/2023/124 présentait un résumé des ajustements préliminaires du modèle de production excédentaire bayésien JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Comme convenu à la [réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 \(Anon., 2023\)](#), la période d'évaluation était 1971-2021. Les scénarios de JABBA ont été réalisés avec cinq configurations différentes d'un modèle de dynamique de la biomasse de Pella-Tomlinson. Ces cinq configurations correspondaient à différentes distributions a priori des paramètres r et m . Deux procédures de pondération des données différentes ont été appliquées aux indices d'abondance (série de CPUE standardisée) utilisés pour ajuster le modèle, dont l'une d'entre elles se basait directement sur la méthode suggérée par [Courtney et al., 2017](#), tandis que l'autre incluait une composante de variance additionnelle pour chaque série d'indice d'abondance, estimée dans l'évaluation du stock dans JABBA. Les scénarios ont été réalisés en incluant toutes les séries de CPUE acceptées par la réunion de préparation des données (scénario « All »). De plus, quatre autres scénarios correspondant aux différents regroupements des CPUE indiqués par la réunion de préparation des données ont également été évalués. Dans l'ensemble, cela a donné lieu à $5 \times 2 \times 5 = 50$ scénarios de JABBA. Le document présentait les résultats détaillés du scénario « All » et fournissait aussi une comparaison des résultats entre les 50 scénarios. Le scénario « All » ainsi que la plupart des autres scénarios de JABBA réalisés dans le document estimaient que le taux de capture s'est situé en-deçà du niveau cible (H_{PME}) au cours des années les plus récentes et que le stock se situe actuellement aux alentours de B_{PME} .

Le Groupe a remercié les auteurs et reconnu les travaux exhaustifs menés en vue de la réunion d'évaluation. Le Groupe a discuté des options de pondération alternatives et des options avec et sans le paramètre supplémentaire dans le modèle JABBA pour la variance associée à chaque indice. Les modélisateurs ont indiqué que le paramètre additionnel permettra au modèle d'améliorer l'ajustement à chaque indice s'il améliore statistiquement la vraisemblance globale.

Le Groupe a posé une question sur la distribution a priori pour la capacité de charge K . Les modélisateurs ont indiqué qu'en l'absence d'informations supplémentaires, il avait été décidé d'utiliser les directives générales avec une distribution a priori estimée comme $8 \times$ la capture historique maximum (1971-2021) (443.864 t) avec un CV de 100%. La distribution a posteriori de K estimée par le modèle a une variance inférieure à celle de la distribution a priori initiale, ce qui indique que les données comportent des informations permettant au modèle d'estimer K .

Le Groupe a également discuté du concept global de la pondération des indices, notant que lors de la réunion de préparation des données, il avait été recommandé de suivre les directives du Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks (WGSAM) à l'effet de postuler un CV minimum fixe pour tous les indices, et que si le CV de la CPUE standardisée estimé était supérieur à 0,2, d'utiliser cette valeur. Les modélisateurs ont indiqué qu'un scénario utilisant le CV d'entrée avait été exécuté, qu'un scénario alternatif utilisant un mécanisme de pondération similaire à la repondération interne de Stock Synthesis avait également été exécuté, et qu'un scénario additionnel permet au modèle d'estimer un paramètre de variance de l'indice supplémentaire. Dans l'ensemble, les résultats préliminaires indiquaient que les différences majeures dans les résultats du modèle sont liées aux séries de CPUE, ce qui est clairement démontré lorsque l'on compare les indices des pêcheries cibles et des pêcheries non-cibles.

Le Groupe a demandé des renseignements sur la distribution a priori initiale de B_{1971}/K . Le modélisateur a expliqué que cette distribution a priori avait été choisie en supposant qu'une exploitation de la pêche avait déjà lieu en 1971, mais que faute d'informations supplémentaires ou auxiliaires, il avait été décidé d'utiliser une distribution a priori bêta avec une moyenne de 0,7 et un CV=0,2.

Le document SCRS/2023/127 présentait un résumé des ajustements préliminaires du modèle de production excédentaire bayésien JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les différents scénarios se basaient sur les paramètres du cycle vital, la pente et la pondération du modèle. Les scénarios fondés sur des valeurs de pente plus conservatrices (0,5) se sont avérés plus pessimistes que les autres.

Le Groupe a remercié les intervenants et reconnu les travaux exhaustifs menés en vue de la réunion d'évaluation.

3.4 Autres méthodes

Le document SCRS/2023/122 présentait les travaux menés en réponse à la recommandation formulée en 2021 visant à ce que le Groupe d'espèce sur les requins « Envisage, avec le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks, des méthodes alternatives d'évaluation des stocks (conformément à [Kell, 2021b](#), à d'autres documents du SCRS et à la littérature halieutique) ». Le document détaille une étude de cas sur le requin peau bleue, basée sur la présentation faite lors de la [réunion intersessions du Groupe d'espèce sur les requins de 2022 de l'ICCAT](#) (en ligne, 16-18 mai 2022) et au WGSAM en 2022, à la suite de laquelle il avait été demandé aux auteurs de développer des lignes directrices pour l'utilisation de la simulation rétrospective dans le cadre de la sélection, du rejet, de la pondération et de l'extension des modèles dans des ensembles ([Anon., 2022](#)). L'étude de cas se base sur l'évaluation JABBA du requin peau bleue (SCRS/2023/124), mais les méthodes sont aussi applicables aux évaluations des stocks intégrées. Des exemples de diagnostics, la pondération des ensembles et l'évaluation de la capacité de prévisions ont également été discutés, par exemple ceux du Center for the Advancement of Population Assessment Methodology (CAPAM), d'autres ORGP et du CIEM. Les diagnostics peuvent être utilisés pour développer un cas de base ou la meilleure évaluation (par ex. [Carvalho et al., 2022](#)), ou pour pondérer les ensembles (CIEM, 2023).

Après avoir développé un cas de base, une analyse de sensibilité doit être développée, dans laquelle un ensemble limité de scénarios, c.-à-d. des tests de robustesse, sont étudiés, lesquels incluent les incertitudes les plus importantes. Il existe différents moyens de choisir les scénarios à étudier, par exemple à travers la recherche d'informations ([Leach et al., 2014](#)). Ils peuvent alors être utilisés afin d'évaluer la robustesse de l'avis en se fondant sur un cas de base et d'identifier les besoins en matière de recherche. En revanche, dans une analyse de l'incertitude, l'intention est de quantifier la probabilité des sorties déduites en se basant sur l'incertitude dans les valeurs d'entrée. Lorsqu'il existe de grandes incertitudes quant à la structure du modèle et aux paramètres fixes, des ensembles peuvent être utilisés. Le problème avec un ensemble est si le choix des scénarios est non-unique ou peu représentatif. Les procédures adoptées pour la sélection, le rejet et la pondération des scénarios affecteront donc la robustesse de l'avis, et lors du développement des ensembles, le mécanisme de pondération devrait être pré-spécifié. Compte tenu du temps disponible à la réunion, il n'a pas été possible de développer cet ensemble.

L'ensemble de diagnostics standard est disponible tant sur la plateforme JABBA que sur la plateforme SS3. Ils ont été appliqués et étudiés pour les modèles à l'étude dans cette évaluation. La prochaine étape pourrait consister à utiliser les évaluations du stock de requin peau bleue pour développer plus avant des outils pour la validation des modèles, la capacité des évaluations à classer l'état du stock et à réaliser des prévisions du stock. Ces éléments pourraient être mis en œuvre dans un cadre commun et mis à disposition pour la prochaine évaluation des stocks de requins.

4. Résultats de l'état du stock

Faisant suite à une discussion tenue par le Groupe, les CV des indices de CPUE ont été repondérés pour tous les modèles. La méthode de pondération appliquée pour les scénarios finaux, pour les stocks du Nord et du Sud, utilisait en tant qu'écart type moyen de chaque série $\log(\text{CPUE})$ le maximum des trois quantités suivantes : 1) la valeur moyenne calculée d'après celles initialement déclarées dans les documents de standardisation des CPUE ; 2) la RMSE des valeurs résiduelles résultant d'un ajustement LOESS à la série $\log(\text{CPUE})$; et 3) la valeur de 0,2.

4.1 Modèles de production

Les scénarios de sensibilité réalisés à des fins de continuité avec l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015 étaient tous similaires au cas de base dans l'Atlantique Nord et Sud. Par conséquent, aucune analyse complémentaire n'a été effectuée et ces modèles n'ont pas été inclus dans le diagramme de Kobe conjoint pour évaluer l'état ni utilisés dans les projections de populations.

4.2 Stock Synthesis

Estimations du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord

Les séries temporelles de la production de frai du stock reproducteur, du recrutement et de la mortalité par pêche (mesurée comme les taux de mortalité par pêche instantanée pour toutes les flottilles combinées) sont représentées graphiquement aux **figures 23, 24 et 25**, respectivement. La taille du stock reproducteur dans la relation stock-recrutement a été modélisée comme la fécondité du stock reproducteur (SSF) et calculée comme la somme du nombre de femelles par âge (communiqués en milliers) multipliée par la production annuelle de nouveau-nés de la part des femelles par âge (nouveau-nés mâles et femelles, en supposant un ratio de 1:1 de nouveau-nés mâles et femelles) au début de chaque année civile. La série temporelle estimée de la SSF pour le cas de référence indiquait que le stock maintenait une taille du stock reproducteur relativement stable puis diminuait progressivement à partir du milieu des années 1980 jusqu'en 2005 environ, suivi d'une augmentation tout au long du restant de la série temporelle (**figure 23**).

Des périodes de plus faibles recrutements ont été estimées pour les années 2002 et 2019 (**figure 24**). Toutefois, des recrutements légèrement inférieurs dans les années 1990, associés à une augmentation des débarquements, ont donné lieu à une tendance descendante de la biomasse entre 1990 et 2000. Le recrutement dans les années antérieures à 1990 suit exactement la relation stock-recrutement.

La mortalité par pêche annuelle totale estimée pour toutes les flottilles combinées (F) a été calculée avec l'option 4 = vrai de SS3. F pour la gamme d'âges (0-28) est par rapport à la mortalité par pêche obtenue par SS3 à la PME en conditions d'équilibre dans les mêmes unités. En général, F a augmenté de façon régulière jusqu'en 1995 (**figure 25**), puis s'est réduite jusqu'en 2007, après quoi la mortalité par pêche estimée a augmenté et a ensuite diminué les dernières années.

Le Groupe a pris connaissance du diagnostic du modèle de production structuré par âge (ASPM) qui montrait que le modèle avait une cohérence interne entre les captures et les séries de CPUE utilisées dans l'analyse.

L'approche lognormale à plusieurs variables (MVLN) a été utilisée afin d'élaborer le diagramme de phase de Kobe pour le modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le Groupe a discuté du manque apparent de corrélation négative claire entre la F relative et la biomasse (B) relative, ce qui est un problème potentiel qu'il convient d'étudier. Il n'était pas clair si cela était dû à des différences entre la simulation de chaînes Monte-Carlo Markov(MCMC) et l'échantillonnage de MVLN, un problème dans l'extraction de MVLN ou un problème lié à l'ajustement du modèle.

En réponse, un sous-groupe a procédé à l'analyse de l'approche MVLN pour le modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le sous-groupe a noté que la réelle densité de la distribution MVLN pourrait être obscurcie lors du tracé des points de recoupement. Elle pourrait être plus claire d'après un plus grand nombre de répliques ou un tracé de contours de la densité de points. Il a également été noté que la différence entre MVLN et MCMC n'était pas forcément un problème méthodologique. Néanmoins, le manque de corrélation négative entre F et B dans la matrice Hessienne estimée semble être peu commun pour un modèle d'évaluation. Un document SCRS résumant tout consensus atteint ou toute recommandation obtenue lors de l'examen de cette application spécifique réalisé par le sous-groupe pourrait être présenté à la prochaine Réunion du groupe d'espèces sur les requins du SCRS, qui se tiendra les 20 et 21 septembre 2023, sous réserve de sa disponibilité.

Estimations du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud

Les séries temporelles de la production de frai du stock reproducteur, des estimations du recrutement et de la mortalité par pêche (mesurée comme les taux de mortalité par pêche instantanée pour toutes les flottilles combinées) sont représentées graphiquement aux **figures 22, 26 et 27**, respectivement. La série temporelle estimée de la production de frai pour le cas de référence indiquait que le stock a rapidement diminué à partir de la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, puis a continué à diminuer à un rythme plus lent jusqu'au début des années 2010 (**figure 22**). Elle présentait une augmentation discrète jusqu'à la fin des années 2010 puis une nouvelle réduction jusqu'à la fin de la série temporelle en 2021 (**figure 22**).

De forts recrutements ont notamment été estimés pour les années 2008, 2012 et 2013. Les recrutements de 2012 et 2013 (**figure 26**) ont engendré l'augmentation de la biomasse au cours des années 2010 (**figure 28**). De plus faibles recrutements à la fin des années 2010, associés à une augmentation des débarquements, ont donné lieu à une tendance descendante de la biomasse dans les dernières années du modèle.

La mortalité par pêche a été estimée comme la somme de la totalité des F par flottille (F apicales), divisée par F_{PME} calculée dans les mêmes unités. En général, F a augmenté de façon régulière à partir des années 1990 jusqu'au début des années 2010, atteignant le maximum de la série en 2011 ($F=1,33$) (**figure 27**). Après un léger recul, F a de nouveau augmenté les dernières années du modèle, atteignant une valeur de 1,16 en 2021 (**figure 27**).

4.3 Résultats de l'état du stock obtenus avec JABBA

Stock du Nord

Le Groupe a examiné les ajustements actualisés de JABBA au stock du Nord. La méthode de repondération des CV des CPUE a entraîné des valeurs moyennes de 0,2 pour les indices de l'UE-Espagne, de l'UE-Portugal, du Japon et du Maroc, de 0,29 et 0,28 pour les deux séries des États-Unis, et de 0,64 et 0,97 pour les séries du Taipei chinois et du Venezuela, respectivement. La variabilité interannuelle de l'écart type de la série $\log(\text{CPUE})$ des documents initiaux de standardisation des CPUE a été conservée, aboutissant aux valeurs annuelles indiquées à la **figure 28**, qui ont été utilisées comme valeurs d'entrée pour l'évaluation JABBA pour le stock du Nord. En outre, un terme supplémentaire, ajouté à la variance, a été estimé dans le cadre de l'évaluation du stock dans JABBA pour chaque série de CPUE.

Le Groupe a convenu que le cas de référence de JABBA pour le stock de l'Atlantique Nord devrait se baser sur le paramètre du cycle vital fourni dans Cortés et Taylor (SCRS/2023/115). Les distributions a priori log-normales faisant une approximation de la plage des valeurs identifiées comme les plus probables issues de ce document ont été déduites pour r (médiane de la distribution a priori =0,39 et CV=0,31) et m (médiane de la distribution a priori =1,5 et CV=0,31). Une distribution a priori log-normale a également été utilisée pour K, comme requis dans JABBA, avec une valeur de la médiane « par défaut » = $8 \cdot \max$ (capture observée de 1971 à 2021)=443.864 t et un CV élevé=1, pour la rendre relativement non-informative. Une distribution bêta avec une moyenne =0,7 et un CV=0,2 a été utilisée pour l'indice de stabilité de la population (PSI), PSI correspondant à $B(1971)/K$. Des écarts stochastiques de l'erreur de processus ont été permis à travers le modèle de dynamique de production excédentaire dans toutes les années, avec une très faible valeur de CV fixée (0,01) pour la période 1971-1991 et une valeur de CV estimée pour 1992 et les années suivantes qui correspondaient au début de la série de CPUE utilisée pour ajuster le modèle. Le CV appliqué à la série de captures a été fixé à 0,01.

Un ensemble de diagnostics suivant Carvalho *et al.* (2021) a été fourni : convergence du modèle, ajustement aux données, cohérence du modèle (schéma rétrospectif) et capacité de prédiction par validation croisée de simulation rétrospective (Kell *et al.* 2016 ; 2021a).

Les résultats des tests de convergence MCMC et l'examen visuel des diagrammes MCMC montraient que ce modèle a des propriétés de convergence adéquates. La **figure 29** présente les distributions a priori et a posteriori marginales. Pour r et m, les distributions a priori et a posteriori sont très similaires, tandis que pour K la distribution a posteriori est bien plus étroite que la distribution a priori, ce qui indique que les données d'entrée comportent des informations sur K. Les écarts de l'erreur de processus estimés montrent des périodes continues d'années avec des valeurs estimées positives ou négatives (**figure 30**), sans tendance évidente s'écartant de zéro lorsque l'on examine la totalité de la série temporelle.

La **figure 31** présente l'ajustement aux huit indices de CPUE ainsi que les valeurs résiduelles et les résultats du test des scénarios pour les valeurs résiduelles, qui n'a été réussi que par trois des huit indices de CPUE. Les statistiques de qualité d'ajustement ont indiqué une estimation élevée de la RMSE de 52,8% (**figure 32**). Les valeurs résiduelles donnent à penser à des conflits dans les données dus à différentes tendances dans les indices de CPUE, particulièrement les dernières années, débutant aux alentours de 2015 (**figure 31**).

Une analyse rétrospective éliminant jusqu'à cinq ans de données de CPUE à partir de la dernière année de l'évaluation a montré des écarts minimes pour l'ensemble du modèle (**figure 33**). Les valeurs du rho de Mohn estimées se situaient dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015 ; Carvalho *et al.*, 2017) et étaient faibles pour B/B_{PME} et F/F_{PME} , indiquant que le schéma rétrospectif est

négligeable. La validation croisée de simulation rétrospective avec la même gamme de données éliminées des séries de CPUE et la prévision à un an d'avance des valeurs de CPUE éliminées ont donné lieu à des valeurs statistique MASE supérieures à 1 pour la plupart des séries de CPUE, indiquant qu'une prédiction à un an d'avance basée sur une marche aléatoire naïve était plus exacte que celle issue du modèle pour ces séries de CPUE (**figure 34**). Toutefois, lorsque des intervalles de prédiction a posteriori ont été calculés pour les observations des CPUE tenant également compte de leur erreur d'observation associée (CV), après avoir éliminé les cinq dernières années des séries de CPUE, les intervalles de prédiction a posteriori correspondants englobaient les valeurs de CPUE observées, y compris celles des cinq dernières années qui avaient été exclues lors de l'ajustement du modèle (**figure 35**). Les analyses de type Jackknife des indices de CPUE, ajustant le modèle en excluant une série de CPUE à la fois, ont indiqué que les séries de CPUE de l'UE-Portugal et du Japon ont la plus grande influence sur les résultats du modèle (**figure 36**).

Le Groupe a convenu que même si les diagnostics n'étaient pas particulièrement satisfaisants, les résultats obtenus des différentes formulations JABBA discutées à la réunion concordaient et devraient être informatives pour inclusion dans l'avis de gestion. Les résultats suggèrent que le cas de référence du modèle final est stable et fournit un ajustement raisonnablement robuste aux données.

La **figure 37** illustre les tendances annuelles finales du stock. La biomasse affiche une tendance à la baisse à partir des années 1990 jusqu'au début des années 2000, puis augmente lentement jusqu'en 2016, et décroît légèrement par la suite (panneau supérieur gauche). La mortalité par pêche était initialement basse dans les années 1970 mais a augmenté tout au long des années 1980, demeurant à des valeurs similaires jusqu'en 2015 et reculant par la suite (panneau supérieur droit).

Le **tableau 7** présente les résumés des quantiles de la distribution a posteriori pour les paramètres et les quantités de gestion d'intérêt. L'estimation de la PME est de 33.822 t (31.085 t – 36.465 t) et la valeur de la médiane de la distribution a posteriori marginale de B_{PME} est de 120.012 t (83.682 t - 176.399 t). L'estimation de la médiane de F_{PME} est de 0,28 (0,18 - 0,42).

Les valeurs de la médiane estimées du modèle final de $B_{2021}/B_{PME} = 0,96$ (IC 95% : 0,71-1,35) et de $F_{2021}/F_{PME} = 0,68$ (IC 95%: 0,47-0,91) sont présentées au **tableau 7**.

Des analyses de sensibilité ont également été réalisées pour étudier l'impact d'inclure l'indice de prospection des États-Unis du début de la période et l'indice du Japon du début de la période et de faire débiter le modèle en 1957, en conformité avec l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015. Les analyses ont montré que les conclusions n'étaient pas sensibles à l'année de départ ou à l'inclusion des deux indices de CPUE additionnels. Le Groupe a convenu d'utiliser en tant que cas de référence le modèle débutant en 1971 et les indices de CPUE convenus à la [Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023](#) (Anon., 2023).

Stock du Sud

Le Groupe a convenu que le cas de référence de JABBA pour le stock de l'Atlantique Sud devrait se baser sur les paramètres du cycle vital présentés par Cortés et Taylor (SCRS/2023/115) et utiliser toutes les CPUE, avec des blocs temporels pour deux d'entre elles (se reporter au point 3.3). Un ensemble de diagnostics suivant Carvalho *et al.* (2021) a été fourni : convergence du modèle, ajustement aux données, cohérence du modèle (schéma rétrospectif) et capacité de prédiction par validation croisée de simulation rétrospective (Kell *et al.*, 2016 ; 2021a). En outre, des analyses de type Jackknife ont également été fournies.

Les résultats des tests de convergence MCMC et l'examen visuel des diagrammes montrent que ce modèle a une convergence adéquate et un niveau élevé de stabilité. Les distributions a posteriori marginales ainsi que les densités de la distribution a priori sont présentées à la **figure 38**. Le rapport entre la médiane de la distribution a priori et de la distribution a posteriori (PPMR) pour r était proche de 1, ce qui indique, comme prévu, que la distribution a posteriori est fortement influencée par la distribution a priori. Les faibles rapports de variance de la distribution a priori par rapport à la distribution a posteriori (PPVR) pour K indiquaient que les données d'entrée étaient plus informatives sur K . Les écarts estimés de l'erreur de processus montrent une tendance à la hausse les années les plus récentes (**figure 39**), ce qui pourrait indiquer que la productivité du stock était supérieure à la moyenne au cours de la période récente. Bien que cette tendance soit perceptible, les intervalles de crédibilité estimés pour cette quantité contenaient toujours zéro dans l'ensemble de la série temporelle. Les valeurs de CV estimées sont présentées dans le **tableau 8**.

La **figure 40** présente les séries temporelles des CPUE observées (cercle, données d'entrée) et prédites (ligne pleine) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Cinq des six indices de CPUE ont réussi le test des scénarios (**figure 40**, panneau de droite), avec une qualité d'ajustement raisonnable et une estimation élevée de la RMSE de 23,2 % (**figure 41**). Les schémas résiduels suggèrent des conflits dans les données causés par les tendances opposées des indices de CPUE, en particulier au cours des sept dernières années (2015-2021). Plus précisément, l'indice de la palangre de l'UE-Espagne affiche une tendance à la hausse tandis que l'indice de la palangre du Japon présente un schéma à la baisse ces dernières années (**figure 41**). De plus, la forte variation observée de l'indice du Taipei chinois pour les dernières années de la série temporelle (par ex. les valeurs résiduelles plus élevées de l'ensemble de la série temporelle) a également contribué à ce schéma.

Une analyse rétrospective sur huit ans montre des écarts par rapport au modèle complet pour les estimations de F , B et F/F_{PME} (**figure 42**) avec des valeurs du rho de Mohn de 0,29, -0,22 et 0,23 respectivement. Les valeurs du rho de Mohn estimées pour ces quantités se situaient en dehors de la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015 ; Carvalho *et al.*, 2017). En général, les schémas rétrospectifs sont influencés par le conflit entre les indices d'abondance, essentiellement par la grande influence de la valeur de l'indice de 2020 du Taipei chinois, qui est quasiment deux fois plus élevée que toutes les valeurs utilisées dans cette évaluation. L'auteur de l'indice a rappelé au Groupe que la flottille a opéré, en 2020, dans d'autres zones de pêche que les zones habituelles et avec une plus faible couverture d'observateurs en raison de la pandémie de COVID, et que la flottille a capturé un volume important de requins peau bleue de petite taille, ce qui a entraîné une CPUE en nombre élevée (Anon., 2023).

Pour B/B_{PME} , l'erreur de processus et la PME, les valeurs du rho de Mohn (-0,1, -0,01, et -0,08, respectivement) indiquaient que le schéma rétrospectif était négligeable pour ces quantités. Les résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective ont indiqué que l'indice de la palangre du Brésil-Uruguay et l'indice du Taipei chinois ont de bonnes capacités de prédiction (**figure 43**). Les analyses de type Jackknife des indices de CPUE ont indiqué que tous les indices influencent la forme de la fonction de production excédentaire et les trajectoires de B/B_{PME} et de F/F_{PME} notamment au cours de la période entre le milieu des années 1990 et la fin des années 2000 (**figure 44**).

Les résultats suggèrent que le modèle final est stable et fournit un ajustement raisonnable aux données. Le **tableau 8** présente les résumés des quantiles de la distribution a posteriori pour les paramètres et les quantités de gestion d'intérêt. L'estimation de la PME était de 29.299 t (23.128 t - 47.758 t) et la médiane de la distribution a posteriori marginale de B_{PME} était de 135.211 t (91.781 t - 225.806 t). L'estimation de la médiane de F_{PME} était de 0,22 (0,15 - 0,32).

Dans l'ensemble, la médiane de B/B_{PME} estimée demeurait au-delà de 1,0 pour toutes les années évaluées (**figure 45**). La trajectoire de B/B_{PME} affichait une tendance relativement stable pendant deux décennies depuis 1971 et diminuait, passant de 2,0 à 1,2 environ, dans la décennie suivante à partir de la fin des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990. La biomasse estimée est restée aux alentours de 1,2 jusqu'au milieu des années 2000 avant d'augmenter légèrement et de se stabiliser autour de 1,5 dans les années 2010. Ces dernières années, faisant suite aux récentes captures élevées, les estimations affichaient une tendance à la baisse tout en demeurant au-delà du niveau de B_{PME} .

La médiane de F/F_{PME} estimée se situait en dessous de 1,0 pour toutes les années évaluées (**figure 46**). Elle présentait une lente augmentation jusqu'à la fin des années 1980, suivie d'une forte augmentation (de 0,2 à 0,7) à partir de la fin des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990, principalement induite par l'augmentation des captures. Après le pic atteint à la fin des années 1990, la F/F_{PME} a légèrement fluctué entre 0,6 et 0,8 environ jusqu'au début des années 2010. La mortalité par pêche a soudainement diminué de 0,8 à 0,5 et 0,6 environ au début des années 2010 pour augmenter de nouveau par la suite atteignant le niveau historique le plus élevé.

Le modèle final estimait des valeurs de la médiane de $B_{2021}/B_{PME} = 1,41$ (ICr 95% : 0,93 - 1,87) et de $F_{2021}/F_{PME} = 0,82$ (ICr 95% : 0,39-1,47), respectivement.

4.4 Autres méthodes

En dehors de ce qui est indiqué ci-après, les résultats finaux d'aucune autre méthode d'évaluation n'ont été présentés pendant la réunion.

4.5 Synthèse des résultats de l'évaluation

Le Groupe a longuement discuté de divers sujets liés à l'élaboration de l'avis scientifique pour les deux stocks, comme la manière d'aborder les incertitudes associées à l'évaluation des stocks, la manière d'évaluer les scénarios, etc. Le Groupe a convenu de se concentrer sur l'élaboration d'un modèle d'évaluation des stocks qui soit le plus cohérent possible et a donc décidé de ne pas mettre en œuvre une approche par grille de modèles. Le Groupe a estimé qu'une approche par grille pourrait aider à quantifier certaines des incertitudes du modèle, mais toutes les tâches liées à l'exécution d'une grille d'incertitude structurelle n'ont pas pu être accomplies au cours de la réunion. Reconnaisant l'importance des méthodes et des approches de pondération des modèles, le Groupe a considéré qu'il s'agissait d'une caractéristique commune à toutes les évaluations de stock, notant qu'en général, le SCRS utilise par défaut une pondération égale des modèles acceptés, mais il a renvoyé les discussions au WGSAM pour de futures lignes directrices.

Stock du Nord

Le Groupe a examiné les résultats de JABBA et de Stock Synthesis et a discuté de la manière de formuler un avis scientifique et des recommandations de gestion pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le Groupe a comparé les résultats entre les modèles (**figure 46** et **tableau 9**). Les trajectoires et les estimations de F/F_{PME} étaient similaires entre les modèles, et l'intervalle de crédibilité du cas de référence de JABBA couvrait entièrement l'intervalle de confiance du cas de référence de Stock Synthesis pour l'ensemble de la période. Les trajectoires de B/B_{PME} étaient similaires, mais les estimations de Stock Synthesis étaient supérieures à celles de JABBA jusque dans les années 2000. Par la suite, les tendances et les estimations de B/B_{PME} sont devenues plus similaires, avec un chevauchement complet de l'incertitude associée à ces estimations.

Le Groupe a noté que les conflits dans les indices d'abondance affectaient les performances des modèles dans les deux plateformes et que le modèle Stock Synthesis pouvait encore être amélioré. Le Groupe a convenu que pour l'évaluation du stock de requin peau bleue du Nord, l'avis scientifique sera basé sur les résultats combinés des cas de référence de JABBA et de Stock Synthesis avec une pondération égale. Il a également été convenu que les projections des stocks seraient réalisées pour chaque plateforme en supposant des scénarios de captures constantes à partir de 2024 et qu'elles seraient ensuite combinées pour produire les matrices de stratégie de Kobe II.

Il a été noté que le SCRS a convenu de communiquer la biomasse ou la biomasse du stock reproducteur à la fin de l'année et la mortalité par pêche correspondante qui a été appliquée pendant toute l'année. Par conséquent, dans les résultats de l'évaluation, SSB/SSB_{PME} provenant de Stock Synthesis donne des estimations de la biomasse à la fin de l'année. Toutefois, il a été noté que JABBA produit les estimations du ratio de B au début de l'année à partir de la vérification des codes. Le Groupe a recommandé que les modélisateurs (via le WGSAM) confirment le calendrier des résultats associé à la biomasse et à la mortalité par pêche correspondante à la fois dans JABBA et dans Stock Synthesis afin de garantir une comparaison et une combinaison correctes des résultats, étant donné que cela affectera la plupart des évaluations de l'ICCAT pour toutes les espèces.

Les séries temporelles conjointes de B relative et F relative et le diagramme de phase de Kobe ont été construits avec 100.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 100.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA. Les résultats conjoints (**figure 47**) ont montré que la trajectoire de B/B_{PME} était stable au niveau historiquement le plus élevé (environ 2,0) jusqu'au milieu des années 1980, suivie d'une diminution continue jusqu'au niveau historiquement le plus bas (environ 0,7) au début des années 2000, en réponse à l'augmentation des captures et de la mortalité par pêche. La biomasse a ensuite augmenté progressivement jusqu'au niveau de B_{PME} au milieu des années 2010 et est restée à peu près au niveau de B_{PME} à la fin de l'année d'évaluation 2021. La trajectoire de F/F_{PME} était similaire à l'historique des captures. Elle a augmenté rapidement dans les années 1980 pour atteindre un niveau supérieur à celui de F_{PME} et a fluctué entre 1,0 et 1,5 jusqu'en 2018. Les estimations depuis 2019 étaient inférieures à F_{PME} , ce qui s'explique par la diminution des captures au cours des dernières années. La PME conjointe était de 32.689 t (moyenne géométrique des deux modèles, avec un intervalle de confiance de 95% compris entre 30.403 et 36.465 t).

Les résultats combinés indiquent que le stock se situe au niveau de la PME ($B_{2021}/B_{PME} = 1,00$, avec un intervalle de confiance de 95% : 0,75-1,31) et ne connaît pas de surpêche ($F_{2021}/F_{PME} = 0,70$ avec un intervalle de confiance de 95% : 0,50-0,93). Le diagramme de phase de Kobe indique qu'il y a une probabilité de 49,6% que le stock se trouve actuellement dans le quadrant jaune du diagramme de Kobe, une probabilité de 49,7% qu'il se trouve dans le quadrant vert et moins de 1% qu'il se trouve dans le quadrant rouge ou orange (**figure 48**).

Stock du Sud

Le Groupe a examiné les résultats du cas de référence de JABBA et Stock Synthesis et a comparé les résultats entre les modèles pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud (**figure 49** et **tableau 10**). Les trajectoires médianes de B/B_{PME} ont montré que le stock n'a pas été en dessous du niveau de B_{PME} pendant toute la période considérée dans la présente évaluation pour les deux modèles. Les deux modèles ont montré une tendance à la baisse de B/B_{PME} dans les années 1990 par rapport à la biomasse vierge, et les estimations après les années 2000 se situaient entre 1,0 et 1,5. Bien que les trajectoires soient différentes, les limites de confiance se sont chevauchées pour la plupart des années. Il a été noté que l'ampleur des estimations avant les années 2000 différait largement entre les modèles (environ 2,0 pour JABBA et 3,5 pour Stock Synthesis dans les années 1970).

Les trajectoires de F/F_{PME} étaient similaires entre les modèles, mais l'ampleur des estimations était plus élevée dans Stock Synthesis depuis le milieu des années 2000. En général, les estimations de F/F_{PME} étaient inférieures à 1,0, sauf pour certaines années où les captures ont été importantes, ce qui a entraîné des différences entre les modèles en ce qui concerne l'état du stock prévu pour les années les plus récentes. L'estimation de JABBA pour 2021 était inférieure à F_{PME} , tandis que l'estimation de Stock Synthesis était supérieure à F_{PME} . Cependant, les limites de confiance des deux modèles se sont complètement chevauchées, avec une incertitude beaucoup plus élevée indiquée par les résultats de JABBA.

Le Groupe a estimé que les deux modèles présentaient des ajustements et des diagnostics raisonnables du modèle, et a donc décidé de combiner les modèles JABBA et SS3 lors de l'évaluation de l'état des stocks et de l'élaboration des projections. Les séries temporelles conjointes et le diagramme de Kobe ont été construits avec 15.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 15.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA. Les résultats combinés (**figure 50**) ont montré que la trajectoire de B/B_{PME} était stable au niveau historiquement le plus élevé (inférieur à 3,0) jusqu'à la fin des années 1980, suivie d'une diminution continue jusqu'au niveau historiquement le plus bas (environ 1,3) au milieu des années 2000. Depuis lors, les estimations sont restées relativement stables entre 1,3 et 1,5. La trajectoire de F/F_{PME} était semblable à l'historique des captures, montrant une augmentation progressive et continue depuis la fin des années 1980 jusqu'au niveau historiquement le plus élevé en 2011 (1,14). Les estimations étaient inférieures à F_{PME} au milieu des années 2010, mais ont de nouveau augmenté pour atteindre le niveau de F_{PME} au cours des années les plus récentes. La PME conjointe estimée était de 27.711 t (moyenne géométrique des deux modèles, avec une gamme d'intervalle de confiance de 95% de 23.128 - 47.758 t).

Les résultats combinés indiquent que le stock n'est pas surexploité ($B_{2021}/B_{PME} = 1,29$, avec un intervalle de confiance de 95% : 0,89 - 1,81) mais subit une surpêche ($F_{2021}/F_{PME} = 1,03$ avec un intervalle de confiance de 95% : 0,45- 1,55). Un diagramme de phase conjoint de Kobe (**figure 51**) montre qu'il existe une probabilité de 46,5% que le stock se trouve actuellement dans le quadrant orange du diagramme de Kobe, une probabilité de 44,7% que le stock se trouve dans le quadrant vert et une probabilité de 8,02% qu'il se trouve dans le quadrant rouge, avec moins de 1% de probabilités qu'il se trouve dans le quadrant jaune.

Le Groupe a discuté des différentes formes de distribution des itérations dans les diagrammes de Kobe pour JABBA et Stock Synthesis dans les stocks de requin peau bleue du Nord et du Sud (**figure 51**). Il a été noté que les modèles de production excédentaire (JABBA) estiment moins de paramètres de modèle et tendent à montrer une corrélation beaucoup plus élevée entre F et B par rapport aux modèles structurés par âge (Stock Synthesis) qui estiment un plus grand nombre de paramètres. Le Groupe s'est demandé s'il n'y avait pas de corrélation dans les résultats de Stock Synthesis ou si l'approche MVLN ne prenait pas en compte la corrélation des paramètres. Le Groupe a convenu qu'il serait plus judicieux d'étudier cette question en exécutant des projections stochastiques MCMC dans Stock Synthesis et en les comparant à des projections équivalentes de l'approche MVLN, et que ce travail serait effectué entre les sessions.

5. Projections

Le Groupe a convenu de réaliser des projections stochastiques de l'état des stocks sur la base des cas de référence sélectionnés de JABBA et de Stock Synthesis pour les stocks de requin peau bleue de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud, en accordant la même importance à chaque plateforme de modélisation. En raison de contraintes de temps, le Groupe a convenu de réaliser les projections stochastiques après la réunion.

Les rapports officiels des captures nominales de requin peau bleue de la tâche 1 pour 2022 n'étant pas disponibles, le Groupe a suggéré d'examiner les rapports de captures officiels lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins en septembre 2023 afin d'évaluer si les hypothèses de captures pour 2022 pour les deux projections de stock doivent être affinées. Le Secrétariat de l'ICCAT se concertera avec le Président au début du mois de septembre 2023 pour procéder à cette révision.

Requin peau bleue de l'Atlantique Nord

Configuration de la projection :

- Fixer à 23.418 t (moyenne des captures nominales de 2019-2021 de la tâche 1) la meilleure estimation des captures attendues pour 2022 et 2023. Ce chiffre inclut les estimations préliminaires des États-Unis des captures de requin peau bleu du Nord pour 2022, soit 37 tonnes, fournies par les scientifiques nationaux au cours de la réunion.
- Onze scénarios de captures futures constantes pour les périodes comprises entre 2024 et 2033, comme suit : 0, 20.000 à 40.000 t avec un intervalle de 2.500 t ; et 32.689 t le niveau estimé de la PME combinée.
- 100.000 itérations dans les deux modèles.
- Pour Stock Synthesis, utiliser une moyenne de trois ans (2019-2021) pour la répartition des captures futures par flottille et leur sélectivité correspondante.
- Pour Stock Synthesis, appliquer l'approche lognormale multivariée (MVLN) pour les projections stochastiques.
- Pour Stock Synthesis, les valeurs futures de recrutement (au-delà de l'année 2019) ont été tirées directement de la relation stock-recrutement.
- Pour JABBA, échantillonner les distributions a posteriori de tous les paramètres, y compris les paramètres principaux (r et K), les paramètres d'erreur d'observation et l'erreur de processus.

Résultats des projections :

Les tendances annuelles des projections stochastiques de B/B_{PME} et F/F_{PME} relatives de l'état combiné actuel du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord sont présentées à la **figure 52**. Le **tableau 11** montre le pourcentage des scénarios de projection du modèle pour lesquels le niveau de biomasse est inférieur à 20% de B_{PME} . Les résultats indiquaient que des captures constantes futures égales ou supérieures à 35.000 t amèneraient le stock à des niveaux de biomasse faibles, considérés comme présentant un risque élevé et non viables à long terme. Les matrices de stratégie de Kobe II (**tableau 12**) ont été estimées et montrent la probabilité qu'il n'y a actuellement pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$), que le stock n'est pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ainsi que la probabilité conjointe que le stock se trouve dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (à savoir, $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$). La PME en conditions d'équilibre a été estimée à 32.689 t.

Les projections stochastiques (**figure 52**) indiquaient que les niveaux de captures constantes futures (2024 et au-delà) de 32.689 t (PME) maintiendront le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord au-dessus de la B_{PME} de référence et en dessous du point de F_{PME} avec une probabilité de 50% ou plus (c'est-à-dire dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (**tableau 12c**)) d'ici la fin de la période de projection (10 ans ; 2033). Il existe toutefois une période de transition dans les projections (2025 - 2029) où, tout en pêchant au niveau de la PME, le stock aura une probabilité plus faible de se trouver dans le quadrant vert (46%). Cette période de transition reflète la structure par âge et les récentes tendances prévues de recrutement moyen, notamment d'après les résultats du modèle Stock Synthesis.

Si les captures actuelles (moyenne de 2019-2021) d'environ 23.500 t sont maintenues, le stock devrait rester dans le quadrant vert du diagramme de phase de Kobe pendant toute la période de projection avec une probabilité de 50% ou plus. Il en va de même pour les niveaux de capture ne dépassant pas 27.500 t par an (**tableau 12c**).

Requin peau bleue de l'Atlantique Sud

Configurations de la projection :

- Fixer à 34.983 t (moyenne des captures de 2019-2021 dans la tâche 1) la meilleure estimation des captures attendues pour 2022 et 2023.
- 10 scénarios de futures captures constantes : 0 ; 15.000 - 32.500 t avec un intervalle de 2.500 t ; et le niveau estimé de la PME conjointe à 27.711 t (moyenne géométrique des estimations combinées de JABBA et Stock Synthesis).
- 15.000 itérations dans les deux modèles.
- Pour Stock Synthesis, utiliser une moyenne de trois ans (2019-2021) pour la répartition des captures futures par flottille et leur sélectivité correspondante.
- Pour Stock Synthesis, appliquer l'approche lognormale multivariée (MVLN) pour les projections stochastiques.
- Pour Stock Synthesis, les valeurs futures de recrutement (au-delà de l'année 2019) ont été tirées directement de la relation stock-recrutement estimée dans le modèle, à l'exclusion des trois dernières années (2019-2021) d'écart du recrutement.
- Pour JABBA, échantillonner les distributions a posteriori de tous les paramètres, y compris les paramètres principaux (r et K), les paramètres d'erreur d'observation et l'erreur de processus.

Résultats des projections :

Les tendances annuelles des projections stochastiques de B/B_{PME} et F/F_{PME} relatives de l'état combiné actuel du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud sont présentées à la **figure 53**. Le **tableau 13** montre le pourcentage des scénarios de projection du modèle pour lesquels le niveau de biomasse est inférieur à 20% de B_{PME} . Les résultats indiquaient que des captures constantes futures égales ou supérieures à 30.000 t amèneraient le stock à des niveaux de biomasse faibles, considérés comme présentant un risque élevé et non viables à long terme. Les matrices de stratégie de Kobe 2 (**tableau 14**) ont été estimées et montrent la probabilité qu'il n'y a actuellement pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$), que le stock n'est pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ainsi que la probabilité conjointe que le stock se trouve dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (à savoir, $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$). La PME en conditions d'équilibre a été estimée à 27.711 t.

Les projections stochastiques (**figure 53**) indiquaient qu'un niveau de capture constante future (2024 et au-delà) de 27.711 t (PME) maintiendra le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud au-dessus de la B_{PME} de référence et en dessous du point de F_{PME} avec une probabilité de 50% ou plus (c'est-à-dire dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (**tableau 14c**)) d'ici la fin de la période de projection (10 ans ; 2033).

Si les captures actuelles (moyenne de 2019-2021) d'environ 35.000 t sont maintenues, la biomasse du stock devrait diminuer rapidement. Les ponctions à ce niveau ne sont pas viables à long terme et risquent de tomber en dessous de 20% du niveau de référence estimé pour B_{PME} dans quelques années. Seules des captures égales ou inférieures à la PME (27.711 t) maintiendront le stock dans le quadrant vert du diagramme de Kobe.

6. Recommandations

6.1 Recherche et statistiques

Recommandations n'ayant pas d'implications financières

Considérant la nécessité de réduire l'incertitude dans les évaluations des stocks des espèces de requins pélagiques affectées par les pêcheries de l'ICCAT et gardant à l'esprit la [Recommandation de l'ICCAT remplaçant la Recommandation 16-13 en vue d'améliorer l'examen de l'application des mesures de](#)

conservation et de gestion s'appliquant aux requins capturés en association avec les pêcheries de l'ICCAT (Rec. 18-06) et d'autres recommandations antérieures qui rendaient obligatoire la soumission des données des tâches 1 et 2 sur les requins, le Groupe demande à nouveau instamment aux CPC de fournir les statistiques correspondantes, y compris les estimations des rejets (morts et vivants) de toutes les pêcheries de l'ICCAT, y compris les pêcheries récréatives et artisanales et, dans la mesure du possible, les pêcheries ne relevant pas de l'ICCAT capturant ces espèces. Le Groupe estime que le principe de base d'une évaluation correcte de l'état d'un stock consiste à disposer d'une base solide permettant d'estimer les ponctions totales.

En raison des modifications apportées aux exigences de déclaration des données au fil du temps, des lacunes importantes dans les données historiques sur les requins subsistent dans l'ICCAT-DB. Par conséquent, le Groupe réitère une fois de plus ses recommandations antérieures selon lesquelles les scientifiques nationaux devraient examiner les fiches informatives du SCRS afin d'identifier les lacunes dans les données sur les requins et soumettre les données manquantes au Secrétariat afin de se conformer aux exigences de l'ICCAT en matière de déclaration des données. Le Groupe recommande que les scientifiques nationaux des CPC qui, par le passé, ont déclaré les données sur les requins en tant que partie d'un ensemble d'espèces étudient la possibilité de soumettre à nouveau ces données au niveau de l'espèce.

Le Groupe recommande que les CPC qui capturent des requins peau bleue en Méditerranée fournissent les prises nominales requises de la tâche 1 (y compris les estimations des rejets morts et vivants) et les données de taille et de prise-effort de la tâche 2, y compris les séries temporelles historiques. En outre, le Groupe recommande également que les CPC s'efforcent d'accroître leurs efforts de collecte d'échantillons biologiques de requins peau bleue en mer Méditerranée.

Le Groupe recommande de promouvoir les activités du Groupe de travail *ad hoc* sur la coordination des informations de marquage du SCRS et que les scientifiques nationaux mettent davantage l'accent sur les activités de marquage conventionnel des requins.

Le Groupe recommande que le Groupe de travail du SCRS sur les méthodes d'évaluation des stocks (WGSAM) examine et recommande la déclaration appropriée de la référence temporelle de la biomasse et de la mortalité par pêche. Plus précisément, il s'agit de savoir si la biomasse à prendre en compte doit être l'estimation à la fin ou au début de l'année pour laquelle la mortalité par pêche correspondante est fournie. Cela devrait être confirmé pour les modèles d'évaluation des stocks couramment utilisés (par exemple, JABBA, Stock Synthesis).

Le Groupe recommande également que de nouveaux efforts soient déployés pour que les permis de la CITES soient délivrés directement à l'ICCAT à des fins d'échantillonnage biologique et de recherche.

Reconnaissant les difficultés de collecter, d'introduire en provenance de la mer et de partager des échantillons biologiques des espèces inscrites à la CITES, le Groupe recommande que le SCRS et la Commission encouragent les CPC à explorer des mécanismes visant à faciliter l'octroi de permis au sein des CPC pour les introductions en provenance de la mer et à expédier des échantillons entre les CPC.

Le Groupe recommande que, si possible, un représentant de l'ICCAT assiste à la 77^e réunion du comité permanent de la CITES, qui se tiendra du 6 au 10 novembre 2023, afin d'identifier certaines des difficultés rencontrées par l'ICCAT en matière d'octroi de permis.

Le Groupe recommande d'étudier la possibilité d'utiliser les évaluations du requin peau bleue pour poursuivre le développement d'outils de validation des modèles, pour évaluer la capacité des évaluations à estimer l'état des stocks et pour réaliser des prévisions sur les stocks. Celles-ci pourraient être mises en œuvre dans un cadre commun et être mises à disposition pour les évaluations futures des stocks.

Recommandations ayant des implications financières

Le Groupe recommande que le Secrétariat acquière et mette à la disposition des Groupes d'espèces du SCRS des ressources informatiques de haute performance (Cloud) pour effectuer des tâches telles que les diagnostics standards, les scénarios MCMC, les projections stochastiques, et des grilles d'incertitude.

6.2 Gestion

Les recommandations de gestion seront développées lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins.

7. Réponses à la Commission

Au cours de la réunion, la liste des réponses à la Commission a été examinée. La plupart de ces réponses correspondent à la conservation du requin-taube bleu, c.-à-d. *Recommandation de l'ICCAT sur la conservation du stock de requin-taube bleu de l'Atlantique Nord capturé en association avec les pêcheries de l'ICCAT (Rec. 21-09)* (stock du Nord) et *Recommandation de l'ICCAT sur la conservation du stock de requin-taube bleu de l'Atlantique Sud capturé en association avec les pêcheries de l'ICCAT (Rec. 22-11)* (stock du Sud). Il a été noté que la plupart des réponses n'ont pas pu être élaborées avant le 31 juillet 2023, date limite pour la soumission des données des tâches 1 et 2 correspondant à l'année 2022. Le Groupe a convenu de travailler entre les sessions pour préparer les réponses en utilisant la même méthodologie que celle appliquée lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins en 2022. Il a également été noté qu'étant donné la similitude de ces deux recommandations, certaines des réponses s'appliqueraient aux deux.

8. Programme de recherche et de collecte de données sur les requins (SRDCP)

Les activités et les conclusions de l'atelier de l'ICCAT sur le programme de recherche et de collecte de données sur les requins (SRDCP), qui s'est tenu du 13 au 15 juillet 2023, ont été présentées au Groupe. Les principales conclusions de l'atelier seront incluses dans un document du SCRS qui sera préparé avant la réunion du Groupe d'espèces de septembre 2023 (SCRS/2023/138). Les tâches développées dans le cadre de ce projet concernaient : l'âge et la croissance, les mouvements génétiques et l'utilisation de l'habitat, la mortalité après la remise à l'eau, les études sur la reproduction, l'amélioration des informations disponibles pour l'évaluation des populations, et d'autres activités. Les difficultés rencontrées par le programme et les moyens possibles de les surmonter ont été discutés. Les étapes futures de la deuxième phase du programme ont également été discutées, y compris les nouvelles espèces d'élastomobranches qui ont été récemment incluses dans le cadre de la Convention de l'ICCAT, les progrès dans les informations disponibles sur les requins pélagiques qui ne sont pas inclus dans le SRDCP, les activités à poursuivre et les nouvelles activités à inclure.

Afin d'établir les grandes lignes de la prochaine phase du SRDCP, et dans la continuité de ce qui a été fait en 2013, le Groupe a convenu de développer une analyse des lacunes en matière de données afin d'orienter la recherche et la collecte de données dans les années à venir, avant la réunion plénière du SCRS en 2023. Cela comprendra toutes les espèces d'élastomobranches hautement migratoires qui sont maintenant couvertes par la Convention de l'ICCAT.

Étant donné que 92% des espèces de requins relevant de la Convention de l'ICCAT sont actuellement inscrites à la CITES, d'autres discussions ont porté sur la nécessité d'une plus grande souplesse et de mécanismes plus efficaces pour la collecte et le partage des échantillons d'espèces inscrites à la CITES. Cet aspect a été jugé crucial par les participants à l'atelier, étant donné que de nombreuses tâches relevant du SRDCP nécessitent la collecte et le partage d'échantillons biologiques, et que le succès de nombreuses tâches du SRDCP dépend donc de la capacité à collecter les échantillons des espèces de requins pélagiques actuellement inscrites à l'annexe II de la CITES. Par conséquent, l'avis que le Groupe d'espèces sur les requins et le SCRS peuvent fournir à la Commission dépend de la poursuite de ces études.

Au cours de l'atelier, il a également été jugé nécessaire de promouvoir les activités du Groupe de travail *ad hoc* sur la coordination des informations de marquage de l'ICCAT. Le Groupe a recommandé aux scientifiques de mettre davantage l'accent sur les activités de marquage conventionnel des requins. Après la présentation de l'atelier de la SRDCP, la plupart des discussions ont porté sur les conséquences de l'inscription des espèces de requins à la CITES et les difficultés correspondantes liées à l'importation d'échantillons provenant des eaux internationales, puis au partage des échantillons entre les scientifiques de différents pays. Il a de nouveau été noté que bon nombre de ces difficultés peuvent être résolues par les autorités nationales de la CITES, mais la réalité est que, dans la pratique, cela ne s'est pas produit. Lors des discussions pendant l'atelier, on a cité des exemples de cas réels où il n'est tout simplement pas possible de procéder à un échantillonnage.

Il a également été noté que, par le passé, le Groupe d'espèces sur les requins, avec le soutien du Secrétariat, du SCRS et du Président de la Sous-commission 4, a contacté la CITES afin de discuter de la possibilité de délivrer des permis d'échantillonnage spéciaux directement à l'ICCAT, ainsi qu'à d'autres ORGP-t qui développent des recherches biologiques sur ces espèces. Il s'agirait principalement de résoudre la question complexe des "introductions en provenance de la mer", c'est-à-dire l'introduction d'échantillons des eaux internationales dans les pays nationaux. Il a été noté que le comité permanent de la CITES se réunira en novembre 2023 et qu'il discutera de plusieurs aspects liés aux permis, y compris l'échantillonnage scientifique et les introductions en provenance de la mer. Idéalement, certaines CPC qui sont également parties à la CITES pourraient envoyer une proposition demandant que le Comité permanent de la CITES ouvre une discussion sur ces points ; cette documentation doit être envoyée à la CITES avant le mois de septembre.

9. Autres questions

Le document SCRS/2023/123 fournit une analyse exploratoire des captures de requin peau bleue par la flottille palangrière espagnole opérant dans les eaux de la Méditerranée occidentale. Les auteurs utilisent les données des carnets de pêche pour fournir des informations de base sur les captures de requin peau bleue, l'effort de pêche et les différents types d'engins utilisés par la flottille, qui varient en termes de profondeur de pêche, de nombre d'hameçons utilisés, de saisonnalité et de zones de pêche en fonction de l'espèce ciblée. Les données des observateurs montrent que les captures et la CPUE nominale du requin peau bleue (estimée comme le nombre de spécimens capturés pour mille hameçons) varient selon les types d'engins, les valeurs les plus élevées étant observées dans les palangres de surface et les plus faibles dans les palangres de fond et semi-pélagiques ciblant l'espadon. En outre, il existe des différences spatiales dans les CPUE nominales observées, ce qui montre que la côte sud-est de l'Espagne est une zone potentielle de valeurs élevées de CPUE nominales de requins peau bleue. De surcroît, les plus gros spécimens de requins peau bleue ont été capturés par les flottilles de pêche semi-pélagique et de palangre de fond ciblant l'espadon. D'autres analyses peuvent être menées sur les tendances spatio-temporelles des CPUE ainsi que sur l'estimation des indices annuels d'abondance et/ou des captures totales.

Le Groupe a discuté des différences entre chaque type d'engin de palangre. Les espèces cibles (germon, thon rouge, thonine commune ou espadon), la profondeur de pêche, les zones et les saisons sont différentes, de même que les configurations (nombre et taille des hameçons, épaisseur du nylon ou tressage du nylon), entre autres. Tous ces facteurs peuvent potentiellement influencer la capturabilité du requin peau bleue.

Le Groupe a également noté que si les CPUE nominales étaient différentes entre les différents types d'engins de pêche à la palangre, ces différences ne semblaient pas substantielles. Cependant, aucune analyse statistique formelle n'a été effectuée pour vérifier si les différences étaient significatives.

Le Groupe a noté que les résultats de la palangre de surface ciblant le thon rouge devraient être interprétés avec prudence, étant donné que très peu de sorties et de calées ont été suivies par les observateurs de cette flottille.

Le Groupe a demandé si le requin peau bleue était considéré comme une espèce commerciale ou comme une espèce de prise accessoire. Pour la pêcherie palangrière espagnole de la Méditerranée, le requin peau bleue est une espèce de prise accessoire et, bien qu'il soit vendu sur le marché local, les pêcheurs ne le retiennent pas et ne le débarquent pas en grand nombre en raison du problème de la conservation de la chair à bord jusqu'au retour au port des navires. La chair du requin peau bleue nécessite un processus de réfrigération particulier et un équipement spécial dont ne disposent pas les navires opérant en Méditerranée, qui sont généralement plus petits que les navires espagnols opérant dans l'Atlantique. C'est pourquoi les requins peau bleue sont généralement rejetés, à l'exception de ceux qui sont capturés lors des dernières remontées avant le retour au port d'attache.

Le Groupe s'est interrogé sur les captures de requins peau bleue réalisées par d'autres engins, comme la senne, en Méditerranée espagnole. À l'heure actuelle, aucune information n'est disponible sur les captures effectuées avec d'autres engins, mais il s'agit d'une question qui pourra être étudiée à l'avenir. Le Groupe a convenu qu'il serait très utile de mettre à jour les informations sur les captures provenant d'autres pêcheries et de toutes les CPC de la mer Méditerranée.

Les scientifiques espagnols ont procédé à un échantillonnage biologique du requin peau bleue dans le cadre de projets antérieurs, mais aucune activité d'échantillonnage n'est en cours. Néanmoins, l'échantillonnage biologique peut être effectué à nouveau si nécessaire. Le Groupe a convenu qu'il serait très utile d'actualiser les informations sur le cycle vital en Méditerranée.

Le Groupe encourage les CPC à soumettre leurs données sur les requins peau bleue de la Méditerranée. Le Groupe recommande la présentation de toutes les données statistiques biologiques et halieutiques concernant les requins peau bleue de la mer Méditerranée, y compris les différentes flottilles de pêche et les engins de pêche.

En raison des limitations actuelles des données qui empêchent la réalisation d'évaluations du stock de requin peau bleue de la Méditerranée, le Groupe a discuté de l'utilisation potentielle de méthodologies alternatives telles que l'évaluation du risque écologique (ERA), l'analyse de la productivité et de la susceptibilité (PSA) ou l'évaluation de la durabilité des effets de la pêche (SAFE).

Compte tenu des contraintes de temps, il a été convenu que les sections 4 et 5 du présent rapport seraient adoptées par correspondance selon le calendrier suivant : 1) Le projet initial sera envoyé aux participants de la réunion par courriel le 9 août 2023 ; 2) les participants auront ensuite une période pour le réviser et envoyer leurs commentaires jusqu'au 16 août au Président.

Le Groupe a également convenu de préparer à l'avance des projets de documents pour la réunion du Groupe d'espèces sur les requins de septembre, y compris les mises à jour du résumé exécutif sur le requin peau bleue, les réponses à la Commission et le plan de travail sur les requins.

10. Adoption du rapport et clôture

Le Groupe n'a pas pu terminer les sections 4 et 5 lors de la réunion. Celles-ci ont été adoptées par correspondance après la réunion. Le Président a remercié les participants pour leur travail intense pendant la réunion. La réunion a été levée.

Bibliographie

- Anonymous. 2016. Report of the ICCAT 2015 Blue Shark Stock Assessment Session (Lisbon, Portugal, 27-31 July 2015). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72 (4): 866-1019.
- Anonymous. 2022. Report of the 2022 ICCAT Intersessional Meeting of the Sharks Species Group (Online, 16-18 May 2022). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (4): 61-132.
- Anonymous. 2023. Report of the ICCAT 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Hybrid/Olhão, Portugal, 17-21 April 2023). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 80 (4): 1-82.
- Aires-da-Silva A.M., Hoey J.J., Gallucci V.F. 2008. A historical index of abundance for the blue shark (*Prionace glauca*) in the western North Atlantic. Fisheries Research, 92: 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.12.019>.
- Carvalho F., Punt A.E., Chang Y.J., Maunder M.N., Piner K.R. 2017. Can diagnostic tests help identify model misspecification in integrated stock assessments? Fisheries Research, 192: 28-40. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.09.018>.
- Carvalho F., Winker H., Courtney D., Kapur M., Kell L., Cardinale M., Schirripa M., Kitakado T., Yemane D., Piner K.R., Maunder M.N., Taylor I., Wetzel C.R., Doering K., Johnson K.F., Methot R.D. 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. Fisheries Research, 240: 105959. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105959>.
- Courtney D., Cortés E., Zhang X., and Carvalho F. 2017. Stock synthesis model sensitivity to data weighting: an example from preliminary model runs previously conducted for north Atlantic blue shark. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 73 (8): 2860-2890.
- Hurtado-Ferro F., Szuwalski C.S., Valero J.L., Anderson S.C., Cunningham C.J., Johnson K.F., Licandeo R., Mcgilliard C.R., Monnahan C.C., Muradian M.L. 2014. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. ICES Journal of Marine Science, 72: 99-110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- ICES. 2022. Benchmark workshop on Pandalus stocks (WKPRAWN). ICES Scientific Reports. 4:20. 249 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19714204>
- Kell L.T., Kimoto A., Kitakado T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research, 183: 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.017>.
- Kell L.T., Sharma R., Kitakado T., Winker H., Mosqueira I., Cardinale M., Fu D. 2021a. Validation of stock assessment methods: Is it me or my model talking? ICES Journal of Marine Science, 78(6): 2244-2255. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab104>.
- Kell L.T., 2021b.** Validation of alternative stock assessment hypotheses: North Atlantic shortfin mako shark . Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78 (9): 16-62.
- Leach, A.W., Levontin, P., Holt, J., Kell, L.T. and Mumford, J.D., 2014. Identification and prioritization of uncertainties for management of Eastern Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). Marine Policy, 48, pp.84-92.

TABLEAUX

Tableau 1. Résumé des captures totales de requin peau bleue pour le stock du nord par flottille.

Tableau 2. Résumé des captures totales de requin peau bleue pour le stock du sud par flottille.

Tableau 3. Indices de capture par unité d'effort disponibles pour le stock de requin peau bleue du nord.

Tableau 4. Indices de capture par unité d'effort disponibles pour le stock de requin peau bleue du sud.

Tableau 5. Liste des paramètres du modèle pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue du nord. Des distributions a priori non-informatives ont été utilisées dans ce modèle, les paramètres avec une phase négative ont été fixés à leur valeur initiale et les paramètres estimés près de leurs limites (indiqués ci-dessous par un *) n'avaient pas une grande influence sur les résultats globaux du modèle.

Tableau 6. Liste des paramètres du modèle pour le cas de référence du requin peau bleue du modèle Stock Synthesis. Valeurs estimées (*values*) et leurs erreurs asymptotiques associées (STdEr inférieur bas et STdEr supérieur haut), valeurs initiales du paramètre (*Init*), valeurs minimale (*Min*) et maximale (*Max*), distributions a priori (*Prior*) si utilisés, et si le paramètre a été fixé ou estimé (les entiers de phase négatifs indiquent que le paramètre a été fixé, tandis que les valeurs positives indiquent qu'il a été estimé).

Tableau 7. Résumé des quantiles a posteriori présentés sous la forme de médianes a posteriori marginales et intervalles de probabilité associés de 95% (LCI 2,5% et UCI 97,5%) des paramètres pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les paramètres « SQRT(tau2) » sont la racine carrée du terme de variance supplémentaire estimé de JABBA pour l'erreur de processus de chaque indice d'abondance.

Tableau 8. Résumé des quantiles a posteriori présentés sous la forme de médianes a posteriori marginales et intervalles de crédibilité associés de 95% (LCI 95% et UCI 95%) des paramètres pour le cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud.

Tableau 9. Estimations annuelles de la biomasse (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (F/F_{PME}) relatives des modèles JABBA et Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les résultats conjoints montrent les estimations combinées des deux plateformes.

Tableau 10. Estimations annuelles de la biomasse (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (F/F_{PME}) relatives des modèles JABBA et Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les résultats conjoints montrent les estimations combinées des deux plateformes.

Tableau 11. Pourcentage des scénarios du modèle entraînant des niveaux de $B \leq 20\%$ de B_{PME} pendant la période de projection pour un niveau de capture donné pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Tableau 12. N-BSH. Matrices de stratégie de Kobe 2 pour les modèles combinés du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. En haut : probabilité qu'il n'y ait pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$) ; au milieu : probabilité que le stock ne soit pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ; et en bas : probabilité conjointe de se situer dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (c'est-à-dire $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$).

(a) Probabilité $F \leq F_{PME}$.

(b) Probabilité $B \geq B_{PME}$.

(c) Probabilité $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$.

Tableau 13. S-BSH. Pourcentage des scénarios du modèle entraînant des niveaux de $B \leq 20\%$ de B_{PME} pendant la période de projection pour un niveau de capture donné pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud.

Tableau 14. S-BSH. Matrices de stratégie de Kobe 2 pour les modèles combinés du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. En haut : probabilité qu'il n'y ait pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$) ; au milieu : probabilité que le stock ne soit pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ; et en bas : probabilité conjointe de se situer dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (c'est-à-dire $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$).

(a) Probabilité $F \leq F_{PME}$.

(b) Probabilité $B \geq B_{PME}$.

(c) Probabilité $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$.

FIGURES

Figure 1. Captures totales débarquées de requins peau bleue pour le stock de requin peau bleue du nord (en haut) et du sud (en bas).

Figure 2. Indices d'abondance standardisés du requin peau bleue pour le stock du nord (en haut) et le stock du sud (en bas).

Figure 3. Analyses de sensibilité pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud (JABBA).

Figure 4. Analyses de sensibilité pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord (JABBA).

(a) Schaefer vs Pella et distribution a priori de K avec l'ensemble des 10 indices, faible erreur de processus.

(b) Année de début de Pella variable, distribution a priori ou indices de B_0/K , autrement identique au cas de base.

(c) Diagnostic « post-modèle pré-données » (PMPD) sans indices, faible erreur de processus.

Figure 5. Résultats de l'analyse de « jitter » (100) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 6. Ajustement aux séries temporelles des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 7. Ajustement aux séries temporelles de tailles agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 8. Diagramme conjoint des valeurs résiduelles pour les ajustements de l'indice (panneau de gauche) et de la composition par tailles (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 9. Écarts du recrutement pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 10. Test des scénarios pour les ajustements de l'indice (panneaux supérieurs) et de la composition par tailles (panneaux inférieurs) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les indices ayant une autocorrélation en série dans les valeurs résiduelles sont identifiés en rouge.

Figure 11. Analyse rétrospective pour la fécondité du stock du nord (panneau de gauche) et F/F_{PME} (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 12. Diagrammes de simulation rétrospective pour les ajustements de l'indice (panneaux supérieurs) et des tailles (panneaux inférieurs) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les chiffres entre parenthèses représentent un ajustement à la valeur MASE, qui n'a pas été évalué dans l'évaluation actuelle.

Figure 13. Résultats « jitter » pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du stock méridional.

Figure 14. Ajustement à la série temporelle des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 15. Ajustement à la série temporelle des longueurs agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 16. Écarts de recrutement pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 17. Diagramme conjoint des valeurs résiduelles pour les ajustements de l'indice (panneau de gauche) et de la composition des longueurs (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 18. Test des scénarios pour les ajustements de l'indice (panneau supérieur) et de la composition des longueurs (panneau inférieur) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 19. Analyse rétrospective pour la production de frai (panneau de gauche) et F (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 20. Diagramme rétrospectif pour l'indice (panneau supérieur) et l'ajustement des longueurs (panneau inférieur) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 21. Profil de vraisemblance pour le modèle SS3 du stock méridional.

Figure 22. Estimations de la production de frai pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 23. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour la production du stock reproducteur de requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 24. Recrutement estimé du cas de référence du modèle Stock Synthesis de 2023 pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord montrant le recrutement annuel estimé d'âge 0 (cercles) avec les intervalles de confiance asymptotiques de 95%. Le recrutement dans les années antérieures à 1990 et postérieures à 2021 suit exactement la relation stock-recrutement.

Figure 25. Taux de mortalité par pêche instantanée estimés du cas de référence du modèle Stock Synthesis de 2023 pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord pour toutes les flottilles combinées (F continue).

Figure 26. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour les recrutements du requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les barres verticales indiquent les IC de 95%.

Figure 27. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour la mortalité par pêche du requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les barres verticales indiquent les IC de 95%.

Figure 28. Valeurs annuelles utilisées en tant qu'écart type d'entrée de $\log(\text{CPUE})$ dans le cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les couleurs correspondent au Venezuela (rouge), à l'UE-Espagne (vert), à l'UE-Portugal (bleu foncé), aux États-Unis1 (bleu ciel), aux États-Unis2 (rose), au Japon (jaune), au Taïpei chinois (gris) et au Maroc (noir).

Figure 29. Distributions a priori et a posteriori du cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. PPRM : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des moyennes ; PPRV : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des variances.

Figure 30. Écarts de l'erreur de processus pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La ligne pleine est la médiane a posteriori et la zone ombrée grise indique les intervalles de probabilité a posteriori de 95%.

Figure 31. Panneaux supérieurs : Séries temporelles des CPUE observée (cercle) et prédite (ligne pleine noire) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les zones ombrées grises foncées montrent les intervalles de probabilité a posteriori de 95% de la CPUE moyenne attendue et les zones ombrées grises claires indiquent les intervalles de la distribution a posteriori prédictive de 95%.

Panneaux inférieurs : Tests des scénarios pour évaluer le caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de la CPUE par flottille pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les panneaux verts n'indiquent aucune preuve de l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles ($p > 0,05$), tandis que les panneaux rouges indiquent une possible auto-corrélation. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs standard par rapport à la moyenne générale et les cercles rouges identifient une année spécifique dont les valeurs résiduelles sont supérieures à cette valeur seuil (règle des $3x$ sigma).

Figure 32. Diagrammes de diagnostic des valeurs résiduelles des indices de $\log(\text{CPUE})$ pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les diagrammes en boîte à moustaches indiquent la médiane et les quantiles de toutes les valeurs résiduelles disponibles pour une année donnée, et les lignes noires pleines indiquent un lissage de LOESS pour toutes les valeurs résiduelles.

Figure 33. Analyse rétrospective du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, en éliminant séquentiellement une année à la fois (jusqu'à 5 années) et en estimant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 34. Résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, montrant les prévisions à un an d'avance des valeurs de CPUE (2017-2021), réalisées avec cinq scénarios du modèle de simulation rétrospective par rapport à la CPUE attendue. Les observations de la CPUE, utilisées pour la validation croisée, sont mises en évidence par des cercles pleins codés par couleur avec un intervalle de confiance associé de 95%, ombré en gris clair. L'année de référence du modèle se réfère aux points finaux de chaque prévision à un an d'avance et à l'observation correspondante (c'est-à-dire l'année de l'élimination + 1).

Figure 35. Intervalles de prédiction a posteriori pour les valeurs de CPUE, tenant compte de l'erreur d'observation des CPUE, pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, à partir d'un scénario du modèle éliminant les 5 dernières années des données de CPUE (2017-2021). Les points noirs représentent les valeurs de CPUE observées, et les intervalles de prédiction a posteriori (probabilité de 90%) sont représentés en vert et en rouge pour les années dans lesquelles les valeurs de CPUE ont été incluses ou exclues du scénario du modèle.

Figure 36. Analyse de type Jackknife du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les lignes noires et les intervalles ombrés gris correspondent au cas de référence et les lignes en couleur au même modèle ajusté après avoir éliminé une série de CPUE à la fois. La ligne bleue est l'ajustement après avoir éliminé la série de CPUE portugaise et la ligne jaune l'ajustement après avoir éliminé la série de CPUE japonaise.

Figure 37. Tendances annuelles du stock estimées par le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La ligne pleine représente la valeur de la médiane et la zone ombrée indique l'intervalle de probabilité a posteriori de 95%.

Figure 38. Distributions a priori et a posteriori du cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. PPRM : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des moyennes ; PPRV : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des variances.

Figure 39. Écarts de l'erreur de processus (médiane : ligne pleine) pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. La zone ombrée grise indique les intervalles de crédibilité de 95%.

Figure 40. Panneaux de gauche : Séries temporelles des CPUE observée (cercle, données d'entrée) et prédite (ligne pleine) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les zones ombrées grises foncées montrent les intervalles de crédibilité de 95% de la CPUE moyenne attendue et les zones ombrées grises claires indiquent les intervalles de la distribution a posteriori prédictive de 95%. Panneaux de droite : Tests des scénarios pour évaluer le caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de la CPUE par flottille pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les panneaux verts n'indiquent aucune preuve de l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles ($p > 0,05$), tandis que les panneaux rouges indiquent une possible

auto-corrélation. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs standard par rapport à la moyenne générale et les cercles rouges identifient une année spécifique dont les valeurs résiduelles sont supérieures à cette valeur seuil (règle des 3x sigma).

Figure 41. Diagrammes de diagnostic des valeurs résiduelles des indices de CPUE pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les diagrammes en boîte à moustaches indiquent la médiane et les quantiles de toutes les valeurs résiduelles disponibles pour une année donnée, et les lignes noires pleines indiquent un lissage de LOESS pour toutes les valeurs résiduelles.

Figure 42. Analyse rétrospective du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, en éliminant séquentiellement une année à la fois ($n=5$) et en prédisant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 43. Résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, montrant les prévisions à un an d'avance des valeurs de CPUE (2017-2021), réalisées avec cinq scénarios du modèle de simulation rétrospective par rapport à la CPUE attendue. Les observations de la CPUE, utilisées pour la validation croisée, sont mises en évidence par des cercles pleins codés par couleur avec un intervalle de confiance associé de 95%, ombré en gris clair. L'année de référence du modèle se réfère aux points finaux de chaque prévision à un an d'avance et à l'observation correspondante (c'est-à-dire l'année de l'élimination + 1).

Figure 44. Analyse de l'indice de Jackknife du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, en éliminant une flottille de CPUE à la fois et en prédisant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 45. Tendances annuelles de B/B_{PME} (en haut) et de F/F_{PME} (en bas) estimées par le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. La ligne pleine représente la valeur de la médiane et la zone ombrée indique l'intervalle de crédibilité de 95%.

Figure 46. Tendances annuelles estimées de JABBA (lignes orange) et de Stock Synthesis (lignes vertes) pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec IC de 95% (JABBA : 100.000 itérations, Stock Synthesis : 100.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 47. Les séries temporelles conjointes de B relative et F relative et le diagramme de phase de Kobe ont été construits avec 100.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 100.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA.

Figure 48. Diagramme de phase de Kobe conjoint issu de JABBA et de Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les points noirs pleins et la ligne pleine indiquent la trajectoire de l'état du stock, le point bleu indiquant la dernière année (2021), les points gris étant les interactions de chaque modèle pour la dernière année avec les distributions marginales tracées sur l'axe latéral.

Figure 49. Tendances annuelles estimées de JABBA (lignes orange) et de Stock Synthesis (lignes vertes) pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec IC de 95% (JABBA : 15.000 itérations, Stock Synthesis : 15.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 50. Résultats combinés entre JABBA et Stock Synthesis pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec un intervalle de confiance de 95% en utilisant 30.000 itérations de JABBA (15.000 itérations) et de Stock Synthesis (15.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 51. Diagramme de phase de Kobe conjoint issu de JABBA et de Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les points noirs pleins et la ligne pleine indiquent la trajectoire de l'état du stock, le point bleu indiquant la dernière année (2021), les points gris étant les interactions de chaque modèle pour la dernière année avec les distributions marginales tracées sur l'axe latéral.

Figure 52. Projections pour B/B_{PME} et F/F_{PME} basées sur les cas de référence de Stock Synthesis et de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord pour différents niveaux de futures captures constantes allant de 20.000 à 40.000 t, y compris un scénario de capture zéro débutant en 2024. La capture initiale pour les années 2022-2023 a été fixée à 23.418 t, qui est la capture moyenne des 3 dernières années (2019-2021). Les projections s'étendent jusqu'en 2033 (10 ans).

Figure 53. Projections pour B/B_{PME} et F/F_{PME} basées sur les cas de référence de Stock Synthesis et de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud pour différents niveaux de futures captures constantes allant de 15.000 à 32.500 t, y compris un scénario de capture zéro débutant en 2024. La capture initiale pour les années 2022-2023 a été fixée à 34.983 t, qui est la capture moyenne des 3 dernières années (2019-2021). Les projections s'étendent jusqu'en 2033 (10 ans).

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour.

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Liste des documents et des présentations.

Appendice 4. Résumés des documents et présentations SCRS fournis par les auteurs.

Table 1. Summary of total catches of blue shark for the northern stock by fleet.

Yr	EU- Portugal	EU-Spain	Japan	Chinese Tai Pei	United States	Venezuela	Canada	People's Republic of China	Belize	Other
1970	0	13817	2501	760	0	0	0	0	0	0
1971	0	14085.2	1257.87	737.79	0	0	0	0	0	0
1972	0	13361	1674.82	932.29	0	0	0	0	0	0
1973	0	15954.1	653.64	901.07	0	0	0	0	0	0
1974	0	12041.5	3421.98	740.45	0	0	1.52	0	0	0
1975	0	15596.1	4380.45	658.98	0	0	15.92	0	0	0
1976	0	11721	1130.01	800.47	0	0	11.37	0	0	0
1977	0	13773.1	3295.02	742.17	0	0	85.67	0	0	0
1978	0	15030.1	3368.29	734.21	0	0	1754.4	0	0	4
1979	0	10747.1	924	701.74	0	0	2251.76	0	0	12
1980	0	15858.4	4902.49	648.92	0	0	1360.15	0	0	12
1981	0	16703.3	6342.45	404	204.27	0	410.93	0	0	10
1982	0	18955.1	5331.14	880	155.62	0	410.93	0	0	8.8
1983	0	29552.3	3460.67	919	605.27	0	727.84	0	0	8
1984	29.14	26285	2455.01	970	106.97	0	352.55	0	0	14
1985	62.43	30930.1	3650.34	868	340.98	0	416.99	0	0	39
1986	1864.71	40424.3	2928.4	1175	1112.34	10.61	320	0	0	50
1987	4095.71	46343.1	2975.08	440	1400.47	14.78	147	0	0	67
1988	2547.33	39958.1	2388.19	248	776.09	8.19	968	0	0	91
1989	1215.39	23708.5	4532.7	165	750.52	8.62	978	0	0	81
1990	1387	23875	3599.22	1174	828.68	9.16	680	0	0	132.6
1991	2257	27080	3579.6	2675	1080.14	7.14	774	0	0	188
1992	1583	26434.8	4509.07	2025	399.2	23.94	1277	0	0	277
1993	5726	26605.4	5942.43	1428	1816.37	22.83	1702	22	0	322
1994	4669	25086.2	2526.12	2684	601.09	18.3	1260	46	0	351.34
1995	4722	28919.7	2813.01	1569	641.04	15.62	1494	68	0	282.82
1996	4843	22971.8	4179.26	2004	986.75	5.51	528	65.6	0	282
1997	2630	24497.4	4191.43	1479	391.12	27.34	831	23.2	0	214.5
1998	2440.4	22504.3	3460.87	893	446.96	7.31	612	73.2	0	166.3
1999	2226.59	21811.3	3149.59	1177	316.77	47.4	547	128	0	481.88
2000	2081	24111.9	2838.4	1157	428.52	43.34	624	136	0	446.8
2001	2109.9	17361.7	2723.72	906	145.24	47.11	1162	300	0	289.37
2002	2264.6	15665.9	1890.03	1108	67.87	29.04	836	168	0	712.72
2003	5642.8	15974.5	3097.72	1449	0	39.55	346	240	0	70.96
2004	2024.65	17313.9	3194.83	1378	71.57	9.95	965	192	0	115.65
2005	4027.02	15006.1	3530.98	857	67.9	27.73	1134	232	0	126.72
2006	4337.88	15463.6	2824.18	364	46.98	11.63	977	256	0	358.03
2007	5283.26	17038.5	2270.99	292	54.32	19.25	843	367	0	1108.46
2008	6166.77	20787.8	3186.59	109.57	137.32	8.14	0	109	0	873.77
2009	6251.56	24465.5	2942.14	72.94	107.11	72.77	0	88	113.82	2020.99
2010	8261.08	26094.3	2755.04	98.51	176.11	75.04	0	52.84	460.53	198.29
2011	6509.13	27988.2	2147.89	148.3	271.31	117.8	0	108.83	1039.17	676.35
2012	3767.78	28665.8	2256.35	115.12	162.27	98.39	0	97.62	902.52	538.96
2013	3694.38	28562	1353.72	135.02	263.77	51.61	0	326.72	1216.15	1144.52

RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE REQUIN PEAU BLEUE – HYBRIDE, MADRID, 2023

2014	3059.53	29041.1	3286.88	83.14	165.79	115.68	0.64	177.72	391.86	1810.85
2015	3859.15	30078.3	4011.13	238.07	114.15	130.42	5.54	1.24	4.28	1748.49
2016	7819.01	29018.7	4217.09	286.56	74.05	117.47	16.03	27.28	5.74	2503.53
2017	5664.25	27316.5	4443.85	75.63	66.68	107.68	32.01	2.44	201.09	2094.35
2018	5194.57	21684.7	4111.12	153.1	30.14	112.44	70.91	5.69	316.6	2299.44
2019	4507.33	16314.2	3855.22	38.49	36.27	55.96	3.91	17.93	368.9	2014.08
2020	3836.28	12324.9	2289.79	73.6	32.17	59.01	193.31	65.44	300.68	1972.23
2021	4299.98	13124.6	1985.26	53.37	34.45	10.97	173.18	2.21	349.43	1814.7

Table 2. Summary of total catches of blue shark for the southern stock by fleet.

Year	EU-Spain	Brazil	Chinese Taipei	Japan	Uruguay	Namibia	Portugal	Others
1971	0	87.04	3,512.92	1,132.36	0	0	0	0
1972	0	68.39	4,439.01	759.7	0	0	0	0
1973	0	90.99	4,290.35	2,478.94	0	0	0	0
1974	0	262.81	3,525.59	666.01	0	0	0	0
1975	0	290.5	3,137.68	643.09	0	0	0	0
1976	0	206.29	3,811.35	488.87	0	0	0	0
1977	0	217.03	3,533.80	5,764.68	0	0	0	0
1978	0	207.42	3,495.90	6,800.44	0	0	0	0
1979	0	293.89	3,341.26	7,627.67	0	0	0	0
1980	0	892.41	3,089.75	8,655.38	0	0	0	0
1981	0	369.62	3,048.00	4,441.91	64.45	0	0	0
1982	0	575.35	3,187.00	9,579.35	233.9	0	0	0
1983	0	441.4	2,235.00	2,813.28	460.01	0	0	0
1984	0	263.94	1,438.00	7,601.39	655.49	0	0	0
1985	0	317.63	1,666.00	6,155.67	361.54	0	0	0
1986	0	425.01	3,733.00	7,716.97	128.04	0	0	0
1987	0	535.22	4,260.00	4,706.75	84.62	0	0	0
1988	5,194.88	656.73	3,992.00	7,016.24	68.09	0	0	0
1989	9,135.08	660.12	5,338.00	6,806.85	56.84	0	0	0
1990	7,291.51	958.53	8,798.00	8,058.33	78.57	0	0	0
1991	6,811.40	741.51	7,066.00	6,559.97	40.45	0	0	0
1992	6,682.50	1,474.54	10,217.00	4,748.23	106.86	0	0	0
1993	8,247.00	1,137.69	5,792.00	7,833.96	84.08	0	0	33
1994	9,385.78	887.89	8,636.00	7,658.81	83.76	0	0	69
1995	13,350.80	1,113.39	7,784.00	5,555.57	56.65	0	847	102
1996	11,378.30	1,069.31	11,628.00	4,851.81	258.63	0	867	105.06
1997	5,272.42	2,317.21	9,558.00	4,396.52	180.29	0	1,335.90	45.48
1998	5,573.94	2,172.53	8,771.00	3,720.34	247.84	0	876	140.03
1999	7,173.37	2,668.18	8,390.00	3,133.50	118.1	0	1,110.00	408.07
2000	6,950.70	1,682.50	9,064.00	2,950.82	80.52	0	2,134.40	226.19
2001	7,742.58	2,173.40	6,061.00	1,666.67	66.32	0	2,562.40	536.14
2002	5,368.08	1,970.50	8,445.00	1,446.59	84.7	0	2,323.50	2,527.93
2003	6,626.11	2,165.76	7,228.00	5,469.22	480.01	0	1,840.80	2,909.57
2004	7,366.30	1,667.36	6,005.00	2,680.30	462.45	0	1,863.17	2,358.09
2005	6,410.13	2,523.27	5,045.00	1,660.23	375.8	0	3,184.26	7,394.39

RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE REQUIN PEAU BLEUE – HYBRIDE, MADRID, 2023

2006	8,724.38	2,591.33	2,433.00	3,281.84	231.72	0	2,751.23	4,432.54
2007	8,941.76	2,645.28	2,177.00	3,653.30	337.48	0	4,493.50	4,323.24
2008	9,615.25	2,012.58	1,842.56	5,521.34	358.88	0	4,866.39	2,624.43
2009	13,098.70	1,273.50	1,356.25	3,768.00	941.81	0	5,358.23	625.08
2010	13,953.40	1,500.50	1,625.49	5,335.59	207.93	0	6,338.02	3,012.83
2011	16,978.10	1,979.53	2,141.55	4,242.17	724.56	0	7,642.33	3,976.72
2012	14,348.00	1,607.26	2,146.88	4,447.36	432.75	0	2,424.06	2,328.20
2013	10,473.50	1,008.13	2,286.73	3,509.40	129.87	0	1,646.17	1,745.33
2014	11,446.70	2,551.41	2,239.94	3,232.00	0	2,470.60	1,622.30	2,689.85
2015	10,133.30	2,420.47	1,853.53	2,277.42	0	2,136.60	2,420.14	1,257.04
2016	10,107.30	1,334.30	1,991.79	2,127.30	0	2,774.90	5,609.21	1,471.88
2017	11,487.60	2,176.72	2,053.32	3,111.65	0	1,356.61	6,662.68	1,706.31
2018	13,515.40	3,010.73	1,372.27	3,495.36	0	3,290.43	8,015.30	1,814.49
2019	18,496.70	3,784.27	861.45	2,513.27	0	2,473.98	6,753.01	2,525.29
2020	14,717.00	3,434.90	1,337.92	2,116.49	0	4,120.02	7,349.51	797.58
2021	16,777.90	4,629.16	1,051.77	1,639.42	0	3,237.30	5,523.80	901.87

Table 3. Available Catch Per Unit Effort indices for the northern blue shark stock.

	Venezuela LL	Spain BB	Portugal LL	US pelagic LL	Japan LL	Chinese-Taipei LL	Morocco LL							
SCRS Doc No.	VEN-LL SCRS/2015/022	SPN-LL SCRS/2023/040	POR-LL SCRS/2023/045	US-LL SCRS/2023/046	JPN-LL SCRS/2023/050	CTP-LL SCRS/2023/059	MOR-LL SCRS/2023/058							
Age range	Number													
Catch Units	1000 hooks													
Effort Units	Delta log-normal													
Std. Methods	Delta log-normal													
Year	enLL.CPU	VenLL.CV	SPNLL.CPUE	SPLL.CV	POR.CPUE	POR.CV	US.CPUE	US.CV	JPN.CPUE	JPN.CV	CTP.CPUE	CTP.CV	MOR.CPUE	MOR.CV
1990														
1991														
1992							6.109	0.27						
1993							9.362	0.248						
1994	0.05	1.08					8.27	0.247	1.03	0.12				
1995	0.07	0.87					8.215	0.252	1.17	0.11				
1996	0.02	1.90					6.03	0.446	1.01	0.11				
1997	0.15	0.69	186.37	0.0226	160.89	0.08	12.443	0.284	1.06	0.12				
1998	0.22	0.67	180.36	0.0227	163.87	0.07	14.726	0.293	0.93	0.11				
1999	0.12	0.84	212.08	0.0248	141.54	0.07	6.711	0.278	0.64	0.12				
2000	0.15	0.74	285.83	0.0240	189.44	0.08	9.441	0.267	0.71	0.14				
2001	0.13	0.77	259.30	0.0236	215.57	0.08	4.877	0.324	0.74	0.11				
2002	0.07	1.03	222.91	0.0240	191.07	0.08	5.813	0.318	0.53	0.11				
2003	0.04	1.26	258.79	0.0273	229.91	0.08	3.897	0.293	0.77	0.10				
2004	0.03	1.53	233.39	0.0278	262.03	0.08	8.941	0.285	0.53	0.09				
2005	0.01	3.88	223.52	0.0293	217.76	0.08	3.584	0.293	0.69	0.07				
2006	0.01	2.24	221.88	0.0324	213.06	0.08	3.914	0.292	0.87	0.08				
2007	0.06	1.35	250.51	0.0335	235.13	0.08	6.665	0.312	1.02	0.09	0.55	0.07		
2008	0.09	1.16	289.60	0.0336	223.60	0.08	6.844	0.294	1.49	0.08	0.46	0.07		
2009	0.05	1.56	274.86	0.0320	233.14	0.08	6.383	0.294	1.24	0.11	0.52	0.07		
2010	0.04	1.54	269.23	0.0313	274.04	0.08	7.451	0.286	1.44	0.16	0.89	0.04	94	0.11
2011	0.04	1.51	279.63	0.0315	244.96	0.07	13.683	0.271	1.15	0.18	0.77	0.06	233	0.08
2012	0.11	1.00	275.01	0.0309	310.08	0.08	7.184	0.279	1.63	0.20	0.68	0.06	248	0.04
2013	0.04	1.84	288.31	0.0319	309.59	0.08	6.864	0.278	1.26	0.23	0.95	0.06	165	0.04
2014			272.34	0.0300	288.26	0.07	6.487	0.275	1.36	0.22	0.88	0.08	261	0.08
2015			281.97	0.0283	383.11	0.08	6.467	0.298	1.37	0.18	0.07	0.18	304	0.06
2016			257.40	0.0279	373.44	0.08	8.442	0.274	1.17	0.20	1.66	0.03	385	0.05
2017			244.98	0.0289	344.19	0.08	6.909	0.276	1.13	0.21	0.93	0.06	333	0.03
2018			241.42	0.0315	330.21	0.08	4.027	0.342	0.74	0.21	0.81	0.06	267	0.09
2019			239.11	0.0312	340.89	0.08	3.664	0.306	0.91	0.21	0.71	0.06	383	0.05
2020			260.78	0.0202	373.14	0.07	3.505	0.307	0.64	0.21	0.67	0.06	262	0.06
2021			263.46	0.0282	345.71	0.08	3.616	0.317	0.77	0.21	0.24	0.09	340	0.05
2022							4.25	0.33					270	0.07

Table 4. Available Catch Per Unit Effort indices for the southern blue shark stock.

	Spain BB		Japan LL		Chinese-Taipei LL		Brazil-Uruguay LL	
	SPN-LL		JPN-LL		CTP-LL		BRA_URY-LL	
SCRS Doc No.	SCRS/2023/041		SCRS/2023/049		SCRS/2023/059		SCRS/2023/057	
Age range								
Catch Units								
Effort Units								
Std. Methods								
Year	SP.CPUE	SP.CV	JPN.CPUE	JPN.CV	CTP.CPUE	CTP.CV	BRZ.CPUE	BRZ.CV
1990								
1991								
1992							1.13	0.147
1993							0.75	0.147
1994			1.11	0.14			0.48	0.101
1995			0.46	0.16			0.94	0.093
1996			0.72	0.19			0.55	0.072
1997	310.498	0.0254	0.75	0.17			0.57	0.051
1998	324.441	0.0282	0.63	0.16			0.8	0.041
1999	339.351	0.0283	0.71	0.16			0.61	0.044
2000	438.835	0.0301	0.48	0.19			0.67	0.042
2001	403.786	0.0254	0.46	0.21			0.7	0.041
2002	379.787	0.0263	0.53	0.23			0.63	0.035
2003	346.252	0.0286	0.7	0.18			0.66	0.041
2004	358.338	0.0313	0.6	0.18			0.58	0.035
2005	408.236	0.0361	0.59	0.19			0.67	0.036
2006	402.998	0.0352	0.94	0.17			0.48	0.038
2007	401.32	0.0372	0.91	0.16	0.85	0.06	0.68	0.039
2008	391.849	0.0319	1.34	0.13	1.13	0.06	0.86	0.039
2009	440.309	0.0306	1.21	0.11	0.88	0.06	0.91	0.033
2010	429.144	0.032	1.66	0.11	1.36	0.05	0.82	0.049
2011	412.368	0.0311	1.7	0.12	0.87	0.06	1.14	0.042
2012	443.843	0.0348	1.32	0.12	1.38	0.06	1.58	0.036
2013	445.452	0.0364	1.42	0.14	1.43	0.06	1.14	0.051
2014	471.983	0.0372	1.52	0.16	1.67	0.06	0.93	0.042
2015	481.62	0.0382	1.17	0.14	1.10	0.07	1.19	0.044
2016	562.566	0.042	1.22	0.16	1.70	0.05	0.88	0.049
2017	533.862	0.0403	1.22	0.16	0.93	0.06	1.02	0.102
2018	477.055	0.0363	1.23	0.14	1.16	0.05	1.24	0.042
2019	506.571	0.0309	1.23	0.17	0.72	0.06	1.28	0.055
2020	424.626	0.0206	1.08	0.17	2.35	0.05	0.72	0.072
2021	483.047	0.028	1.08	0.2	0.60	0.06	1.49	0.044
2022					0.96	0.04	1	0.046

Table 5. List of model parameters for north stock blue shark reference case of the stock synthesis model. Uninformative priors were used in this model, parameters with a negative phase were fixed at their initial value, and parameters estimated near their bounds (indicated below with an *) were not highly influential on overall model results.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
SR_LN(R0)	8.02	1	2.3	13.82	0.02	SRR
SR_regime_BLK1add_1970	-0.11	1	-5	5	0.07	SRR
InitF_seas_1flt_1F1_EU-ESP	0.05	1	0	0.2	0.01	InitF
InitF_seas_1flt_2F2_JPN	0.01	1	0	0.2	0.00	InitF
InitF_seas_1flt_3F3_CTP*	0.00	1	0	0.2	0.00	InitF
Size_DblN_peak_F1_EU-ESP(1)	93.09	2	35	370	3.31	Sel
Size_DblN_top_logit_F1_EU-ESP(1)	-2.60	3	-6	4	1.26	Sel
Size_DblN_ascend_se_F1_EU-ESP(1)	4.48	3	-1	9	0.48	Sel
Size_DblN_descend_se_F1_EU-ESP(1)	4.99	3	-1	9	24.12	Sel
Size_DblN_start_logit_F1_EU-ESP(1)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F1_EU-ESP(1)	6.99	2	-15	9	5.74	Sel
SzSel_Fem_Peak_F1_EU-ESP(1)	10.87	4	-100	100	4.92	Sel
SzSel_Fem_Ascend_F1_EU-ESP(1)	1.00	4	-15	15	0.60	Sel
SzSel_Fem_Descend_F1_EU-ESP(1)	4.63	4	-15	15	24.14	Sel
SzSel_Fem_Final_F1_EU-ESP(1)*	-14.45	4	-15	15	14.17	Sel
SzSel_Fem_Scale_F1_EU-ESP(1)	0.82	5	0	1	0.08	Sel
Size_DblN_peak_F2_JPN(2)	171.51	2	35	370	11.30	Sel
Size_DblN_top_logit_F2_JPN(2)	4.00	-3	-6	4	-	Sel
Size_DblN_ascend_se_F2_JPN(2)	7.52	3	-1	9	0.36	Sel
Size_DblN_descend_se_F2_JPN(2)	-1.00	-3	-1	9	-	Sel
Size_DblN_start_logit_F2_JPN(2)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F2_JPN(2)	9.00	-2	-15	9	-	Sel
SzSel_Male_Peak_F2_JPN(2)	52.16	4	-100	100	23.52	Sel
SzSel_Male_Ascend_F2_JPN(2)	1.02	4	-15	15	0.51	Sel
SzSel_Male_Descend_F2_JPN(2)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Final_F2_JPN(2)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Scale_F2_JPN(2)	0.85	5	0	1	0.22	Sel
Size_DblN_peak_F3_CTP(3)	183.46	2	35	370	6.69	Sel
Size_DblN_top_logit_F3_CTP(3)	4.00	-3	-6	4	-	Sel
Size_DblN_ascend_se_F3_CTP(3)	5.06	3	-1	9	0.87	Sel
Size_DblN_descend_se_F3_CTP(3)	-1.00	-3	-1	9	-	Sel
Size_DblN_start_logit_F3_CTP(3)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F3_CTP(3)	9.00	-2	-15	9	-	Sel
SzSel_Male_Peak_F3_CTP(3)	19.58	4	-100	100	14.08	Sel
SzSel_Male_Ascend_F3_CTP(3)	1.40	4	-15	15	1.12	Sel
SzSel_Male_Descend_F3_CTP(3)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Final_F3_CTP(3)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Scale_F3_CTP(3)*	0.96	5	0	1	0.26	Sel

Table 5. Continued.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
Size_DblN_peak_F4_USA(4)	121.95	2	35	370	7.06	Sel
Size_DblN_top_logit_F4_USA(4)	-5.38	3	-6	4	2.20	Sel
Size_DblN_ascend_se_F4_USA(4)	6.98	3	-1	9	0.36	Sel
Size_DblN_descend_se_F4_USA(4)	7.39	3	-1	9	0.84	Sel
Size_DblN_start_logit_F4_USA(4)	-15.00	-2	-15	9		Sel
Size_DblN_end_logit_F4_USA(4)	-1.96	2	-15	9	0.98	Sel
Size_DblN_peak_F5_VEN(5)	214.52	2	35	370	28.61	Sel
Size_DblN_top_logit_F5_VEN(5)	4.00	-3	-6	4		Sel
Size_DblN_ascend_se_F5_VEN(5)	7.93	3	-1	9	0.74	Sel
Size_DblN_descend_se_F5_VEN(5)	-1.00	-3	-1	9		Sel
Size_DblN_start_logit_F5_VEN(5)	-15.00	-2	-15	9		Sel
Size_DblN_end_logit_F5_VEN(5)	9.00	-2	-15	9		Sel
SzSel_Male_Peak_F5_VEN(5)	46.02	4	-100	100	86.91	Sel
SzSel_Male_Ascend_F5_VEN(5)	0.82	4	-15	15	1.36	Sel
SzSel_Male_Descend_F5_VEN(5)	0.00	-4	-15	15		Sel
SzSel_Male_Final_F5_VEN(5)	0.00	-4	-15	15		Sel
SzSel_Male_Scale_F5_VEN(5)*	0.94	5	0	1	0.90	Sel
SizeSel_P1_F6_CAN(6)	1.00	-99	0	10		Sel
SizeSel_P2_F6_CAN(6)	36.00	-99	10	100		Sel
Size_DblN_peak_F7_CPR(7)	133.66	2	35	370	28.86	Sel
Size_DblN_top_logit_F7_CPR(7)	-0.73	3	-6	4	0.71	Sel
Size_DblN_ascend_se_F7_CPR(7)	6.43	3	-1	9	1.75	Sel
Size_DblN_descend_se_F7_CPR(7)	5.33	3	-1	9	3.83	Sel
Size_DblN_start_logit_F7_CPR(7)	-15.00	-2	-15	9		Sel
Size_DblN_end_logit_F7_CPR(7)	-4.69	2	-15	9	15.85	Sel
SzSel_Male_Peak_F7_CPR(7)	-11.00	4	-100	100	40.81	Sel
SzSel_Male_Ascend_F7_CPR(7)	-0.23	4	-15	15	2.82	Sel
SzSel_Male_Descend_F7_CPR(7)	2.25	4	-15	15	3.73	Sel
SzSel_Male_Final_F7_CPR(7)	-3.15	4	-15	15	151.91	Sel
SzSel_Male_Scale_F7_CPR(7)	0.86	5	0	1	0.40	Sel
SizeSel_P1_F8_BEL(8)	1.00	-99	0	10		Sel
SizeSel_P2_F8_BEL(8)	36.00	-99	10	100		Sel
SizeSel_P1_F9_OTH(9)	1.00	-99	0	10		Sel
SizeSel_P2_F9_OTH(9)	36.00	-99	10	100		Sel

Table 5. Continued.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
Size_DblN_peak_F10_EU-POR(10)	222.39	2	35	370	27.84	Sel
Size_DblN_top_logit_F10_EU-POR(10)	4.00	-3	-6	4	_	Sel
Size_DblN_ascend_se_F10_EU-POR(10)	8.60	3	-1	9	0.47	Sel
Size_DblN_descend_se_F10_EU-POR(10)	-1.00	-3	-1	9	_	Sel
Size_DblN_start_logit_F10_EU-POR(10)	-15.00	-2	-15	9	_	Sel
Size_DblN_end_logit_F10_EU-POR(10)	9.00	-2	-15	9	_	Sel
SzSel_Fem_Peak_F10_EU-POR(10)	2.83	4	-100	100	34.35	Sel
SzSel_Fem_Ascend_F10_EU-POR(10)	0.10	4	-15	15	0.61	Sel
SzSel_Fem_Descend_F10_EU-POR(10)	0.00	-4	-15	15	_	Sel
SzSel_Fem_Final_F10_EU-POR(10)	0.00	-4	-15	15	_	Sel
SzSel_Fem_Scale_F10_EU-POR(10)	0.71	5	0	1	0.27	Sel

Table 6. List of model parameters for south stock blue shark reference case of the stock synthesis model. Estimated values (value) and their associated asymptotic errors (lower low STdEr and upper Up STdEr) initial parameter values (Init), minimum (Min), and maximum (Max) values, priors (Prior) if used, and whether the parameter was fixed or estimated (negative Phase integers indicate the parameter was fixed, whereas positive values indicate it was estimated).

Label	Phase	Value	Init	Min	Max	Prior type	Prior	low STdEr	Up STdEr
L_at_Amin_Fem_GP_1	-3	47	47	-50	100	No_prior	NA	NA	NA
L_at_Amax_Fem_GP_1	-2	291.8	291.8	1	500	No_prior	NA	NA	NA
VonBert_K_Fem_GP_1	-3	0.13	0.13	0.001	2	No_prior	NA	NA	NA
CV_young_Fem_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
CV_old_Fem_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_1_Fem_GP_1	-99	1.10E-06	1.10E-06	0	3	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_2_Fem_GP_1	-99	3.35	3.35	2	4	No_prior	NA	NA	NA
Mat50%_Fem_GP_1	-99	183.8	183.8	1.00E-04	1000	No_prior	NA	NA	NA
Mat_slope_Fem_GP_1	-99	-0.1326	-0.1326	-2	4	No_prior	NA	NA	NA
Eggs_intercept_Fem_GP_1	-3	-23.655	-23.655	-50	10	Normal	-23.66	-23.655	-23.655
Eggs_slope_len_Fem_GP_1	-3	0.27966	0.27966	-3	3	Normal	0.2797	0.27966	0.27966
L_at_Amin_Mal_GP_1	-3	47	47	-50	100	No_prior	NA	NA	NA
L_at_Amax_Mal_GP_1	-2	291.8	291.8	1	500	No_prior	NA	NA	NA
VonBert_K_Mal_GP_1	-3	0.13	0.13	0.001	2	No_prior	NA	NA	NA
CV_young_Mal_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
CV_old_Mal_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_1_Mal_GP_1	-99	2.20E-06	2.20E-06	0	3	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_2_Mal_GP_1	-99	3.189	3.189	2	4	No_prior	NA	NA	NA
CohortGrowDev	-1	1	1	0.1	10	No_prior	NA	NA	NA
FracFemale_GP_1	-99	0.5	0.5	0.01	0.99	No_prior	NA	NA	NA
SR_LN(R0)	1	8.10363	8.10363	1.00E-04	20	No_prior	NA	NA	NA
SR_BH_steep	-1	0.8	0.8	0.2	1	Log_Norm	0.8	0.8	0.8
SR_sigmaR	-6	0.5	0.5	0	2	No_prior	NA	NA	NA
SR_regime	-99	0	0	-5	5	No_prior	NA	NA	NA
SR_autocorr	-99	0	0	0	2	No_prior	NA	NA	NA
SR_regime_BLK1add_1970	1	-0.0295	-0.0295	-5	5	Normal	0	0.228315	0.169366

RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE REQUIN PEAU BLEUE – HYBRIDE, MADRID, 2023

Early_RecrDev_1990	0	-0.6713	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1991	0	-0.6075	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1992	0	-0.5142	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1993	0	-0.3912	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1994	0	-0.1678	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1995	2	-0.4508	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1996	2	-0.4796	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1997	2	-0.3385	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1998	2	0.12434	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1999	2	-0.0758	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2000	2	-0.2725	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2001	2	-0.28	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2002	2	0.01182	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2003	2	0.05354	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2004	2	-0.0353	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2005	2	0.12025	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2006	2	0.25084	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2007	2	0.02791	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2008	2	0.49598	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2009	2	0.09897	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2010	2	0.07032	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2011	2	-0.0738	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2012	2	0.45716	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2013	2	0.40108	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2014	2	-0.1758	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2015	2	0.04182	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2016	2	-0.0369	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2017	2	0.12542	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2018	2	-0.0604	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2019	1	0.2736	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2020	1	-0.0489	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2021	1	0	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
ForeRecr_2022	1	0	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
InitF_seas_1_ft_2FS2_BRA	1	0.00089	0.00089	0	0.2	Normal	0.03	0.000652	
InitF_seas_1_ft_3FS3_CHI_T								26	0.0011304
AI	1	0.01007	0.01007	0	0.2	Normal	0.03	0.007215	
								89	0.0129197
InitF_seas_1_ft_4FS4_JPN	1	0.00859	0.00859	0	0.2	Normal	0.03	0.006309	
								99	0.0108704
LnQ_base_FS1_EU_SPN(1)	-1	-11.415	-11.415	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_FS3_CHI_TAI(3)	-1	-7.7128	-7.7128	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_BRA_index_TB1(9)	-1	-8.1441	-8.1441	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_BRA_index_TB2(10)	-1	-7.6669	-7.6669	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_JPN_index_TB1(11)	-1	-8.7328	-8.7328	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_JPN_index_TB2(12)	-1	-8.1203	-8.1203	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS1_EU_SPN(1)	2	201.843	201.843	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS1_EU_SPN(1)	1	-3.0801	-3.0801	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS1_EU_SPN(1)	2	6.96066	6.96066	-4	12	No_prior	NA	NA	NA

RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE REQUIN PEAU BLEUE – HYBRIDE, MADRID, 2023

Size_DbIN_descend_se_FS1_EU_SPN(1)	1	6.64031	6.64031	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS1_EU_SPN(1)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS1_EU_SPN(1)	1	-4.9849	-4.9849	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS2_BRA(2)	2	178.829	178.829	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS2_BRA(2)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS2_BRA(2)	2	7.34907	7.34907	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS2_BRA(2)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS2_BRA(2)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS2_BRA(2)	-1	15	15	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Peak_FS2_BRA(2)	-3	19.8789	19.8789	-20	20	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Ascend_FS2_BRA(2)	-2	0.45162	0.45162	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Descend_FS2_BRA(2)	-4	0	0	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Final_FS2_BRA(2)	-3	-493.05	-493.05	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Scale_FS2_BRA(2)	-5	0.51823	0.51823	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS3_CHI_TAI(3)	2	208.732	208.732	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS3_CHI_TAI(3)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS3_CHI_TAI(3)	2	7.44219	7.44219	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS3_CHI_TAI(3)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS3_CHI_TAI(3)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS3_CHI_TAI(3)	-1	15	15	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS4_JPN(4)	2	137.56	137.56	50	190	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS4_JPN(4)	-3	55.8	55.8	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Infl_FS4_JPN(4)	-2	-5	-5	-50	50	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Slope_FS4_JPN(4)	-3	-5	-5	-50	50	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Scale_FS4_JPN(4)	-4	1	1	-1	5	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS5_URY(5)	2	120.094	120.094	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS5_URY(5)	3	37.6717	37.6717	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS6_NAMB(6)	2	81.3523	81.3524	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS6_NAMB(6)	3	51.7939	51.7939	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS11_EU_POR(7)	2	201.717	201.717	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS11_EU_POR(7)	1	-8.0471	-8.0471	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS11_EU_POR(7)	2	6.34127	6.34127	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS11_EU_POR(7)	1	7.60007	7.60007	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS11_EU_POR(7)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS11_EU_POR(7)	1	-3.906	-3.906	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS10_ELSE(8)	2	144.037	144.037	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS10_ELSE(8)	3	66.0421	66.0421	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA

Table 7. Summary of posterior quantiles presented in the form of marginal posterior medians and associated 95% probability intervals (2.5% LCI and 97.5% UCI) of parameters for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The parameters “SQRT(tau2)” are the square root of the JABBA-estimated additional variance term for the process error of each abundance index.

	50%	2.5%	97.5%
K	277107	202555	386920
r	0.40	0.25	0.64
m	1.45	0.92	2.27
B _{MSY} /K	0.44	0.35	0.52
B _{MSY}	120012	83682	176399
F _{MSY}	0.28	0.18	0.42
MSY	33822	31085	36465
psi	0.72	0.45	0.93
cvProcErr	0.07	0.04	0.11
SQRT(tau2)VEN	0.14	0.03	0.67
SQRT(tau2)SPN	0.06	0.02	0.15
SQRT(tau2)POR	0.07	0.02	0.20
SQRT(tau2)USA1	0.24	0.05	0.46
SQRT(tau2)USA2	0.12	0.03	0.48
SQRT(tau2)JPN	0.15	0.05	0.27
SQRT(tau2)CTP	0.13	0.03	0.48
SQRT(tau2)MOR	0.27	0.11	0.55
qVEN	9.2E-07	4.7E-07	1.8E-06
qSPN	2.5E-03	1.5E-03	4.3E-03
qPOR	2.6E-03	1.5E-03	4.3E-03
qUSA1	7.4E-05	4.3E-05	1.2E-04
qUSA2	4.5E-05	2.5E-05	8.0E-05
qJPN	9.7E-06	5.8E-06	1.6E-05
qCTP	7.5E-06	4.1E-06	1.3E-05
qMOR	2.4E-03	1.4E-03	4.2E-03

Table 8. Summary of posterior quantiles presented in the form of marginal posterior medians and associated with the 95% credibility intervals (95% LCI and 95% UCI) of parameters for the JABBA reference case for the South Atlantic blue shark stock.

	Median	LCI	UCI
K	302,747	205,505	505,597
r	0.335	0.231	0.487
ψ	0.906	0.799	0.970
$\sigma.proc$	0.069	0.031	0.124
m	1.517	1.517	1.517
F_{MSY}	0.221	0.152	0.321
B_{MSY}	135,211	91,781	225,806
MSY	29,299	23,128	47,758
B_{MSY}/K	0.447	0.447	0.447
B_{1971}/K	0.901	0.743	1.067
B_{2021}/K	0.628	0.417	0.837
B_{2021}/B_{MSY}	1.406	0.933	1.874
F_{2021}/F_{MSY}	0.824	0.390	1.468
q.1	0.000	0.000	0.000
q.2	0.000	0.000	0.000
q.3	0.000	0.000	0.000
q.4	0.000	0.000	0.000
q.5	0.000	0.000	0.000
q.6	0.000	0.000	0.000
ψ	0.906	0.799	0.970
σ^2	0.005	0.001	0.015
$\tau_{2.1}$	0.002	0.000	0.015
$\tau_{2.2}$	0.018	0.001	0.119
$\tau_{2.3}$	0.004	0.000	0.032
$\tau_{2.4}$	0.026	0.001	0.189
$\tau_{2.5}$	0.005	0.001	0.036
$\tau_{2.6}$	0.025	0.002	0.112

Table 9. Annual estimates of relative biomass (B/B_{MSY}) and fishing mortality (F/F_{MSY}) from the JABBA and Stock Synthesis models for the North Atlantic blue shark stock. Joint results show the combined estimates from both platforms.

Contents Method Year	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI
1971	1.63	1.04	2.31							0.29	0.21	0.47						
1972	1.70	1.17	2.27	2.26	1.82	2.80	2.00	1.26	2.71	0.28	0.21	0.42	0.30	0.25	0.36	0.29	0.22	0.39
1973	1.75	1.28	2.24	2.27	1.83	2.80	2.01	1.37	2.71	0.29	0.23	0.42	0.34	0.28	0.41	0.32	0.24	0.41
1974	1.78	1.37	2.21	2.27	1.83	2.80	2.01	1.45	2.71	0.27	0.22	0.36	0.29	0.24	0.34	0.28	0.22	0.35
1975	1.81	1.46	2.21	2.25	1.83	2.78	2.01	1.53	2.69	0.34	0.27	0.43	0.37	0.31	0.43	0.35	0.28	0.43
1976	1.80	1.50	2.17	2.28	1.87	2.78	2.02	1.55	2.70	0.22	0.18	0.28	0.25	0.22	0.30	0.24	0.19	0.29
1977	1.85	1.57	2.21	2.31	1.93	2.76	2.07	1.61	2.68	0.29	0.24	0.35	0.32	0.27	0.36	0.30	0.24	0.36
1978	1.85	1.59	2.20	2.33	1.98	2.72	2.08	1.63	2.66	0.33	0.28	0.40	0.39	0.35	0.45	0.37	0.29	0.44
1979	1.82	1.58	2.16	2.36	2.05	2.72	2.10	1.62	2.66	0.24	0.20	0.28	0.30	0.26	0.34	0.27	0.20	0.34
1980	1.86	1.62	2.20	2.36	2.07	2.68	2.13	1.65	2.63	0.36	0.30	0.43	0.41	0.37	0.46	0.39	0.31	0.45
1981	1.82	1.59	2.15	2.34	2.08	2.63	2.11	1.62	2.58	0.39	0.33	0.46	0.42	0.38	0.47	0.41	0.34	0.46
1982	1.78	1.56	2.09	2.31	2.07	2.58	2.08	1.59	2.53	0.43	0.36	0.50	0.46	0.41	0.51	0.45	0.37	0.51
1983	1.73	1.52	2.04	2.26	2.04	2.50	2.04	1.55	2.46	0.60	0.50	0.71	0.69	0.62	0.76	0.65	0.52	0.75
1984	1.62	1.44	1.90	2.21	2.01	2.44	1.97	1.46	2.40	0.55	0.46	0.64	0.60	0.54	0.66	0.58	0.48	0.65
1985	1.58	1.41	1.84	2.14	1.95	2.35	1.92	1.43	2.32	0.68	0.57	0.79	0.74	0.67	0.81	0.72	0.59	0.81
1986	1.50	1.34	1.74	2.03	1.85	2.22	1.81	1.36	2.19	0.95	0.80	1.09	1.03	0.94	1.14	1.00	0.83	1.13
1987	1.33	1.19	1.55	1.88	1.71	2.06	1.65	1.21	2.03	1.23	1.04	1.41	1.29	1.17	1.42	1.27	1.07	1.42
1988	1.13	0.99	1.34	1.74	1.58	1.92	1.50	1.00	1.89	1.24	1.02	1.43	1.21	1.09	1.35	1.22	1.05	1.40
1989	1.01	0.85	1.22	1.65	1.50	1.82	1.42	0.87	1.79	0.92	0.74	1.10	0.83	0.75	0.93	0.86	0.75	1.07
1990	1.03	0.87	1.24	1.57	1.42	1.73	1.36	0.90	1.70	0.91	0.73	1.10	0.92	0.81	1.06	0.92	0.76	1.08
1991	1.05	0.89	1.25	1.47	1.32	1.63	1.30	0.91	1.60	1.06	0.85	1.29	1.07	0.92	1.24	1.07	0.88	1.27
1992	1.00	0.84	1.24	1.38	1.24	1.54	1.24	0.86	1.52	1.08	0.85	1.31	1.01	0.87	1.18	1.04	0.86	1.27
1993	0.97	0.82	1.24	1.28	1.14	1.44	1.17	0.84	1.41	1.33	1.02	1.60	1.34	1.16	1.55	1.33	1.07	1.57
1994	0.88	0.72	1.16	1.20	1.07	1.35	1.09	0.75	1.33	1.25	0.93	1.52	1.16	1.02	1.33	1.20	0.98	1.47
1995	0.84	0.69	1.13	1.10	0.96	1.25	1.00	0.71	1.23	1.43	1.04	1.73	1.49	1.28	1.74	1.46	1.12	1.74
1996	0.76	0.61	1.04	0.99	0.85	1.15	0.90	0.63	1.13	1.40	1.00	1.72	1.29	1.12	1.49	1.33	1.07	1.67
1997	0.71	0.56	0.98	0.92	0.78	1.09	0.84	0.58	1.07	1.43	1.02	1.78	1.34	1.15	1.56	1.37	1.09	1.72
1998	0.67	0.52	0.94	0.89	0.75	1.06	0.80	0.54	1.04	1.35	0.95	1.70	1.27	1.08	1.49	1.30	1.01	1.64
1999	0.66	0.51	0.92	0.85	0.71	1.02	0.77	0.53	1.00	1.36	0.94	1.71	1.23	1.04	1.45	1.27	1.00	1.66
2000	0.67	0.52	0.96	0.80	0.66	0.97	0.75	0.54	0.97	1.41	0.96	1.79	1.42	1.20	1.68	1.42	1.05	1.75
2001	0.64	0.48	0.93	0.76	0.62	0.93	0.71	0.50	0.93	1.16	0.78	1.51	1.13	0.96	1.34	1.14	0.85	1.46
2002	0.64	0.48	0.92	0.74	0.60	0.91	0.70	0.50	0.91	1.06	0.71	1.38	1.04	0.88	1.24	1.05	0.77	1.34
2003	0.67	0.51	0.97	0.72	0.58	0.88	0.70	0.53	0.92	1.19	0.80	1.54	1.02	0.85	1.21	1.07	0.84	1.48
2004	0.67	0.50	0.97	0.72	0.58	0.88	0.70	0.52	0.92	1.12	0.76	1.47	1.07	0.89	1.29	1.09	0.82	1.41
2005	0.69	0.51	0.98	0.73	0.59	0.89	0.71	0.53	0.93	1.09	0.74	1.42	0.90	0.75	1.07	0.96	0.75	1.36
2006	0.73	0.56	1.04	0.74	0.61	0.90	0.74	0.57	0.98	1.00	0.69	1.29	0.88	0.75	1.04	0.92	0.72	1.24
2007	0.82	0.63	1.14	0.74	0.61	0.91	0.77	0.62	1.07	0.99	0.70	1.27	0.98	0.84	1.15	0.99	0.75	1.23
2008	0.89	0.70	1.23	0.75	0.62	0.92	0.81	0.64	1.15	1.05	0.74	1.32	1.09	0.92	1.29	1.07	0.80	1.30
2009	0.92	0.72	1.25	0.78	0.64	0.95	0.84	0.66	1.18	1.17	0.84	1.47	1.07	0.91	1.26	1.11	0.88	1.42
2010	0.93	0.73	1.26	0.82	0.67	0.99	0.86	0.69	1.19	1.23	0.88	1.54	1.16	0.99	1.37	1.19	0.93	1.49
2011	0.93	0.73	1.27	0.87	0.71	1.05	0.89	0.72	1.20	1.25	0.89	1.57	1.21	1.02	1.43	1.23	0.95	1.52
2012	0.93	0.73	1.28	0.89	0.73	1.09	0.91	0.73	1.21	1.17	0.83	1.48	1.16	0.98	1.38	1.16	0.89	1.43
2013	0.94	0.73	1.30	0.89	0.72	1.09	0.91	0.73	1.22	1.16	0.82	1.47	1.09	0.92	1.28	1.11	0.88	1.42
2014	0.97	0.76	1.34	0.92	0.75	1.12	0.94	0.76	1.27	1.17	0.82	1.46	1.20	1.03	1.41	1.19	0.89	1.44
2015	1.01	0.80	1.41	0.98	0.80	1.19	0.99	0.80	1.32	1.18	0.83	1.48	1.25	1.07	1.46	1.22	0.89	1.47
2016	1.02	0.80	1.44	1.00	0.82	1.22	1.01	0.81	1.35	1.29	0.89	1.61	1.38	1.18	1.63	1.35	0.96	1.62
2017	0.94	0.72	1.35	1.02	0.83	1.25	0.99	0.75	1.29	1.27	0.86	1.61	1.33	1.11	1.58	1.30	0.93	1.59
2018	0.87	0.65	1.26	1.04	0.85	1.28	0.98	0.68	1.27	1.16	0.78	1.52	1.12	0.93	1.35	1.14	0.84	1.46
2019	0.86	0.63	1.24	1.06	0.87	1.30	0.98	0.66	1.28	0.95	0.63	1.26	1.00	0.82	1.23	0.98	0.69	1.24
2020	0.88	0.65	1.26	1.05	0.86	1.29	0.98	0.68	1.28	0.72	0.49	0.96	0.77	0.62	0.95	0.75	0.52	0.95
2021	0.96	0.71	1.35	1.03	0.84	1.27	1.00	0.75	1.30	0.68	0.47	0.91	0.73	0.56	0.95	0.70	0.50	0.93

Table 10. Annual estimates of relative biomass (B/B_{MSY}) and fishing mortality (F/F_{MSY}) from the JABBA and Stock Synthesis models for the South Atlantic blue shark stock. Joint results show the combined estimates from both platforms.

Contents Method Year	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI
1971	2.02	1.66	2.39							0.08	0.05	0.11						
1972	2.05	1.67	2.48	3.51	2.79	4.42	2.65	1.73	4.26	0.09	0.05	0.12	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.12
1973	2.07	1.67	2.52	3.51	2.79	4.42	2.68	1.74	4.26	0.11	0.07	0.16	0.06	0.04	0.08	0.08	0.05	0.15
1974	2.07	1.65	2.53	3.54	2.81	4.45	2.69	1.73	4.29	0.07	0.04	0.11	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.10
1975	2.09	1.66	2.55	3.56	2.85	4.45	2.72	1.74	4.29	0.07	0.04	0.10	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.09
1976	2.10	1.66	2.57	3.59	2.91	4.42	2.77	1.75	4.27	0.07	0.04	0.11	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.10
1977	2.11	1.68	2.57	3.57	2.94	4.33	2.80	1.76	4.20	0.15	0.09	0.22	0.08	0.06	0.10	0.10	0.06	0.21
1978	2.08	1.65	2.53	3.54	2.98	4.22	2.79	1.74	4.10	0.17	0.10	0.25	0.09	0.07	0.11	0.11	0.07	0.23
1979	2.05	1.62	2.50	3.51	3.00	4.11	2.83	1.70	4.00	0.19	0.11	0.27	0.09	0.07	0.12	0.12	0.08	0.26
1980	2.02	1.58	2.48	3.47	3.01	4.01	2.81	1.66	3.91	0.21	0.12	0.31	0.11	0.09	0.13	0.13	0.09	0.29
1981	1.99	1.54	2.44	3.47	3.04	3.96	2.83	1.63	3.87	0.13	0.08	0.20	0.07	0.05	0.09	0.08	0.06	0.19
1982	2.00	1.56	2.46	3.42	3.02	3.89	2.82	1.64	3.80	0.23	0.13	0.35	0.12	0.09	0.14	0.14	0.10	0.32
1983	1.97	1.52	2.43	3.44	3.06	3.88	2.85	1.60	3.80	0.10	0.06	0.15	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.14
1984	2.00	1.54	2.46	3.43	3.05	3.86	2.84	1.62	3.78	0.17	0.10	0.26	0.08	0.07	0.10	0.10	0.07	0.24
1985	1.99	1.54	2.45	3.42	3.05	3.84	2.86	1.62	3.77	0.14	0.08	0.22	0.07	0.06	0.09	0.09	0.06	0.20
1986	2.00	1.55	2.44	3.39	3.03	3.80	2.85	1.62	3.74	0.20	0.12	0.31	0.10	0.09	0.13	0.12	0.09	0.29
1987	1.97	1.51	2.41	3.39	3.16	3.63	3.00	1.60	3.59	0.16	0.09	0.25	0.09	0.07	0.10	0.10	0.07	0.23
1988	1.97	1.51	2.41	3.31	3.10	3.53	2.97	1.59	3.49	0.29	0.17	0.45	0.20	0.18	0.23	0.22	0.17	0.42
1989	1.91	1.44	2.35	3.19	2.99	3.40	2.87	1.52	3.36	0.39	0.22	0.61	0.29	0.26	0.34	0.31	0.24	0.57
1990	1.82	1.34	2.26	3.05	2.86	3.25	2.74	1.44	3.22	0.47	0.26	0.75	0.32	0.28	0.37	0.35	0.27	0.69
1991	1.73	1.25	2.17	2.95	2.77	3.15	2.65	1.33	3.12	0.42	0.22	0.68	0.29	0.25	0.33	0.31	0.24	0.63
1992	1.69	1.19	2.12	2.86	2.68	3.05	2.58	1.27	3.02	0.47	0.25	0.78	0.32	0.27	0.37	0.35	0.27	0.72
1993	1.62	1.12	2.05	2.77	2.59	2.96	2.44	1.20	2.93	0.49	0.25	0.83	0.34	0.29	0.40	0.37	0.28	0.77
1994	1.55	1.06	1.99	2.60	2.42	2.80	2.31	1.14	2.76	0.59	0.29	1.02	0.42	0.35	0.49	0.45	0.33	0.94
1995	1.44	0.94	1.89	2.35	2.15	2.57	2.07	1.02	2.53	0.69	0.33	1.24	0.55	0.46	0.64	0.57	0.38	1.12
1996	1.36	0.87	1.83	2.06	1.84	2.31	1.83	0.96	2.27	0.76	0.36	1.38	0.61	0.51	0.74	0.64	0.41	1.26
1997	1.28	0.82	1.76	1.87	1.62	2.14	1.67	0.89	2.10	0.62	0.28	1.14	0.48	0.40	0.59	0.51	0.33	1.04
1998	1.31	0.84	1.79	1.74	1.49	2.02	1.58	0.92	1.98	0.57	0.26	1.03	0.49	0.40	0.61	0.51	0.30	0.94
1999	1.31	0.84	1.80	1.62	1.36	1.92	1.51	0.92	1.88	0.60	0.28	1.10	0.59	0.47	0.73	0.59	0.32	1.00
2000	1.32	0.85	1.80	1.50	1.24	1.81	1.44	0.93	1.81	0.60	0.28	1.09	0.64	0.50	0.80	0.63	0.32	1.00
2001	1.32	0.85	1.80	1.41	1.15	1.73	1.38	0.93	1.77	0.54	0.25	0.99	0.65	0.51	0.82	0.62	0.29	0.91
2002	1.32	0.86	1.79	1.37	1.11	1.69	1.35	0.93	1.75	0.58	0.27	1.05	0.63	0.49	0.82	0.62	0.31	0.96
2003	1.32	0.86	1.80	1.34	1.08	1.66	1.33	0.93	1.75	0.69	0.32	1.26	0.74	0.57	0.95	0.72	0.37	1.15
2004	1.29	0.83	1.78	1.33	1.07	1.66	1.32	0.90	1.73	0.59	0.27	1.09	0.66	0.52	0.85	0.64	0.32	0.99
2005	1.34	0.87	1.81	1.27	1.01	1.60	1.30	0.94	1.74	0.68	0.32	1.23	0.78	0.60	1.01	0.75	0.37	1.14
2006	1.33	0.86	1.80	1.23	0.98	1.56	1.27	0.92	1.73	0.63	0.30	1.14	0.77	0.60	1.00	0.73	0.34	1.06
2007	1.39	0.91	1.84	1.20	0.95	1.52	1.28	0.94	1.77	0.66	0.31	1.17	0.87	0.68	1.12	0.80	0.36	1.14
2008	1.40	0.93	1.85	1.18	0.93	1.50	1.27	0.93	1.78	0.66	0.32	1.16	0.89	0.70	1.15	0.82	0.36	1.15
2009	1.43	0.96	1.87	1.17	0.92	1.50	1.28	0.93	1.80	0.63	0.31	1.11	0.95	0.74	1.21	0.84	0.35	1.19
2010	1.52	1.05	1.96	1.15	0.90	1.48	1.30	0.92	1.90	0.72	0.36	1.23	1.10	0.85	1.42	0.96	0.41	1.38
2011	1.55	1.08	2.01	1.09	0.83	1.44	1.28	0.86	1.93	0.83	0.41	1.41	1.34	1.02	1.75	1.14	0.47	1.68
2012	1.52	1.04	2.01	1.15	0.88	1.50	1.30	0.91	1.92	0.63	0.30	1.07	0.93	0.71	1.24	0.82	0.35	1.20
2013	1.51	1.02	1.99	1.27	0.99	1.64	1.37	1.00	1.92	0.47	0.23	0.81	0.64	0.49	0.85	0.58	0.26	0.84
2014	1.54	1.05	2.00	1.34	1.04	1.73	1.43	1.04	1.93	0.58	0.29	1.01	0.73	0.55	0.96	0.68	0.33	0.98
2015	1.51	1.02	1.96	1.39	1.08	1.79	1.44	1.06	1.91	0.51	0.25	0.88	0.63	0.48	0.82	0.59	0.29	0.85
2016	1.53	1.04	1.98	1.43	1.11	1.84	1.47	1.08	1.93	0.57	0.28	0.98	0.71	0.54	0.92	0.66	0.32	0.95
2017	1.53	1.04	1.98	1.48	1.16	1.90	1.51	1.10	1.95	0.64	0.32	1.10	0.79	0.61	1.03	0.74	0.36	1.06
2018	1.53	1.05	1.98	1.46	1.14	1.88	1.50	1.10	1.94	0.77	0.38	1.32	0.94	0.73	1.22	0.89	0.44	1.26
2019	1.49	1.02	1.94	1.37	1.05	1.78	1.42	1.04	1.89	0.86	0.42	1.48	1.11	0.85	1.45	1.02	0.49	1.46
2020	1.43	0.97	1.89	1.27	0.96	1.69	1.34	0.96	1.82	0.81	0.39	1.41	1.07	0.81	1.43	0.98	0.45	1.42
2021	1.41	0.93	1.87	1.19	0.88	1.62	1.29	0.89	1.81	0.82	0.39	1.47	1.16	0.85	1.59	1.03	0.45	1.55

Table 11. Percent of the model runs that resulted in B levels $\leq 20\%$ of B_{MSY} during the projection period for a given catch level for the North Atlantic blue shark stock.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
27500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32689	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
35000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
37500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	6%
40000	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	13%	22%

Table 12. N-BSH. Kobe 2 Strategic Matrices for the North Atlantic blue shark stock combined models. Top: the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$); middle: the probability that the stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$); and bottom: the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e. $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$).

(a) Probability $F \leq F_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
22500	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
25000	95%	96%	96%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%
27500	87%	87%	88%	89%	90%	92%	93%	94%	95%	95%
30000	75%	74%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	81%
32500	62%	60%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%
32689	61%	59%	58%	57%	58%	58%	58%	58%	58%	57%
35000	50%	47%	44%	43%	41%	39%	38%	37%	36%	35%
37500	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	17%	15%	14%
40000	31%	24%	19%	14%	11%	8%	7%	5%	4%	4%

(b) Probability $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	71%	83%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	59%	58%	62%	73%	84%	91%	95%	97%	98%	99%
22500	58%	56%	59%	68%	78%	85%	90%	93%	95%	97%
25000	56%	53%	55%	63%	71%	77%	82%	86%	88%	91%
27500	55%	51%	52%	58%	64%	69%	73%	76%	78%	81%
30000	54%	49%	50%	53%	58%	61%	63%	65%	67%	68%
32500	53%	48%	47%	49%	51%	53%	53%	54%	54%	54%
32689	53%	47%	46%	48%	50%	52%	53%	53%	53%	53%
35000	53%	46%	44%	43%	44%	43%	42%	41%	40%	38%
37500	52%	44%	40%	38%	35%	33%	30%	27%	24%	22%
40000	51%	42%	36%	32%	27%	22%	18%	15%	13%	10%

(c) Probability $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	71%	83%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	59%	58%	62%	73%	84%	91%	95%	97%	98%	99%
22500	58%	56%	59%	68%	78%	85%	90%	93%	95%	97%
25000	56%	53%	55%	63%	71%	77%	82%	86%	88%	91%
27500	55%	51%	52%	58%	64%	69%	73%	76%	78%	80%
30000	53%	49%	50%	53%	57%	60%	63%	65%	66%	67%
32500	51%	47%	46%	47%	49%	51%	51%	52%	52%	53%
32689	50%	46%	46%	47%	49%	50%	51%	51%	51%	51%
35000	46%	42%	40%	39%	38%	37%	36%	35%	34%	33%
37500	38%	33%	29%	26%	23%	21%	19%	17%	15%	14%
40000	30%	23%	18%	14%	11%	8%	7%	5%	4%	3%

Table 13. S-BSH. Percent of the model runs that resulted in B levels $\leq 20\%$ of B_{MSY} during the projection period for a given catch level for the South Atlantic blue shark stock.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%
27500	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	3%
27711	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	2%	3%
30000	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	3%	5%	6%
32500	0%	0%	0%	1%	2%	3%	5%	8%	11%	16%

Table 14. S-BSH. Kobe 2 Strategic Matrices for the South Atlantic blue shark stock combined models. Top: the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$); middle: the probability that the stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$); and bottom: the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e. $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$).

(a) Probability $F \leq F_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
17500	98%	99%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
20000	95%	96%	97%	97%	97%	97%	98%	98%	98%	98%
22500	89%	90%	91%	91%	91%	91%	91%	92%	92%	92%
25000	80%	81%	80%	80%	79%	79%	78%	78%	78%	77%
27500	70%	69%	68%	66%	65%	64%	62%	61%	60%	59%
27711	69%	68%	67%	65%	63%	62%	61%	60%	59%	58%
30000	58%	57%	54%	52%	50%	48%	47%	45%	44%	43%
32500	47%	45%	42%	40%	37%	36%	34%	33%	32%	32%

(b) F Probability $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	83%	89%	93%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	99%
17500	81%	86%	90%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%
20000	79%	83%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%
22500	77%	79%	81%	82%	82%	83%	84%	84%	85%	86%
25000	75%	75%	75%	75%	75%	74%	74%	74%	74%	73%
27500	72%	71%	69%	68%	66%	64%	63%	61%	60%	60%
27711	72%	70%	69%	67%	65%	63%	62%	61%	60%	58%
30000	70%	67%	63%	60%	57%	54%	52%	50%	48%	47%
32500	68%	62%	57%	52%	48%	45%	42%	40%	39%	38%

(c) Probability $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	83%	89%	93%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	99%
17500	81%	86%	90%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%
20000	79%	83%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%
22500	77%	79%	81%	82%	82%	83%	84%	84%	85%	86%
25000	74%	75%	75%	75%	74%	74%	73%	73%	73%	72%
27500	68%	68%	67%	65%	63%	61%	59%	59%	54%	53%
27711	67%	67%	66%	63%	61%	60%	58%	56%	55%	54%
30000	58%	57%	54%	51%	49%	47%	44%	43%	41%	40%
32500	47%	45%	42%	39%	37%	34%	32%	31%	29%	28%

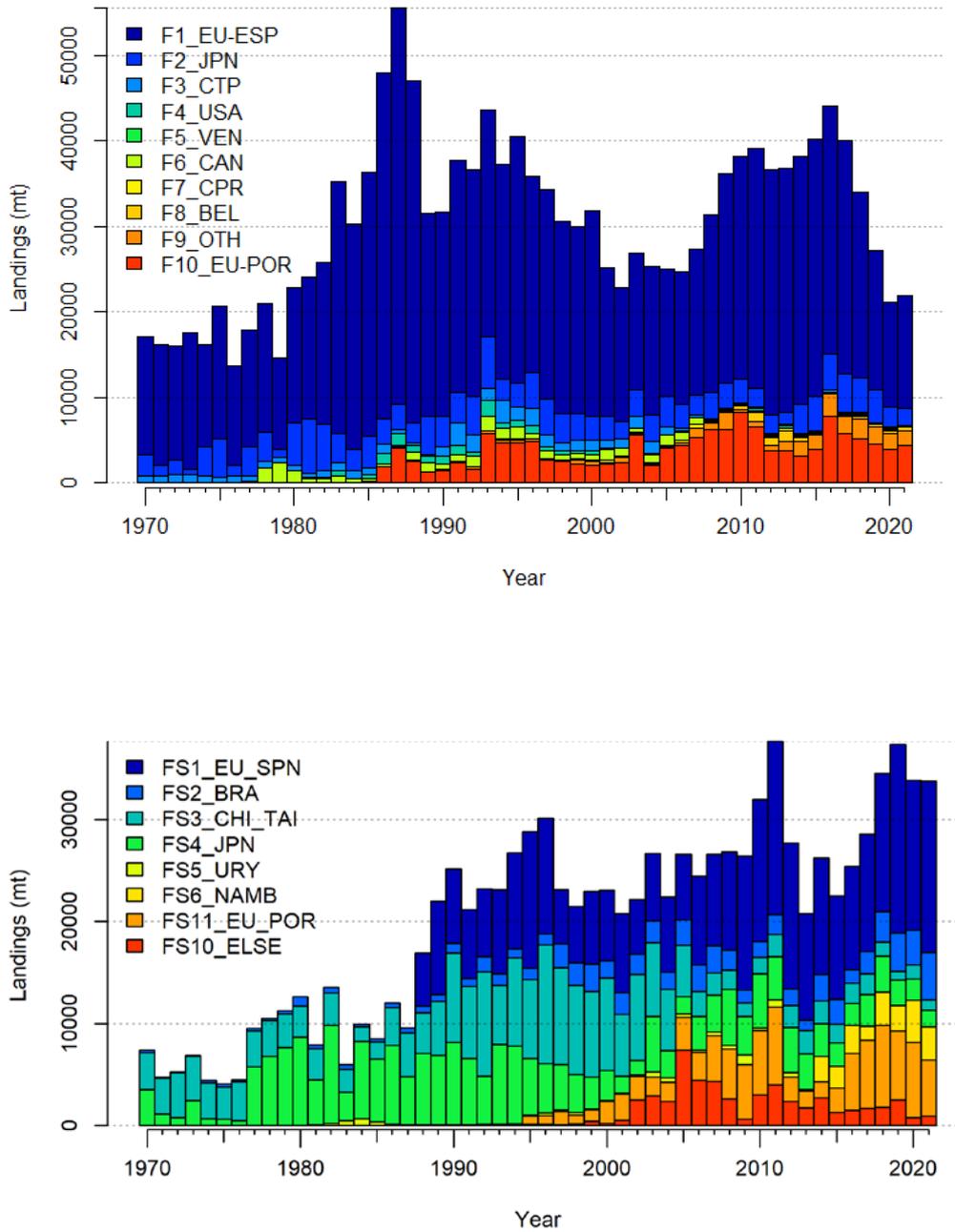


Figure 1. Total landed catch of blue shark for northern (upper) and southern (lower) blue shark stocks.

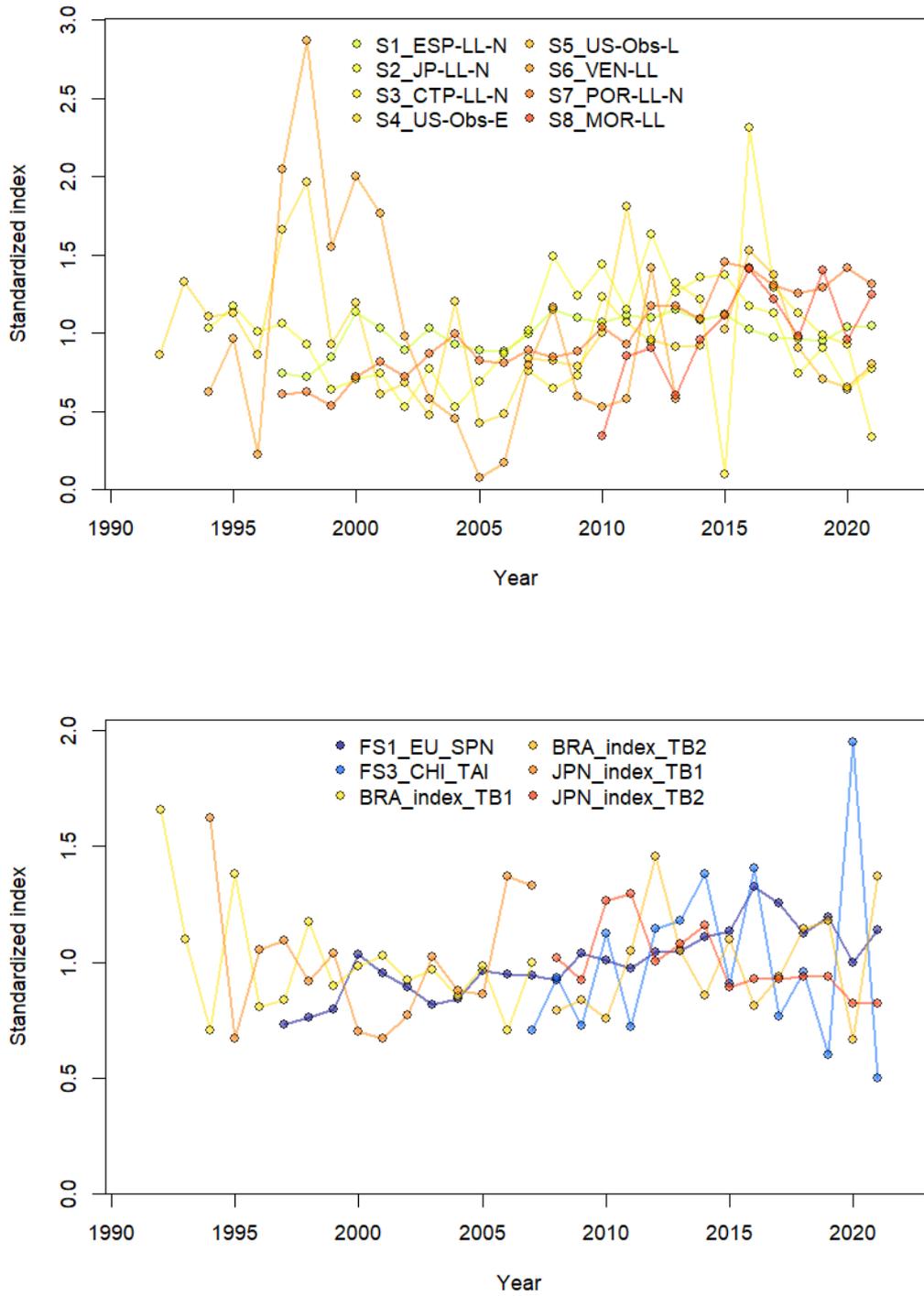


Figure 2. Standardized indices of abundance of blue shark for the northern stock (upper) and the southern stock (lower).

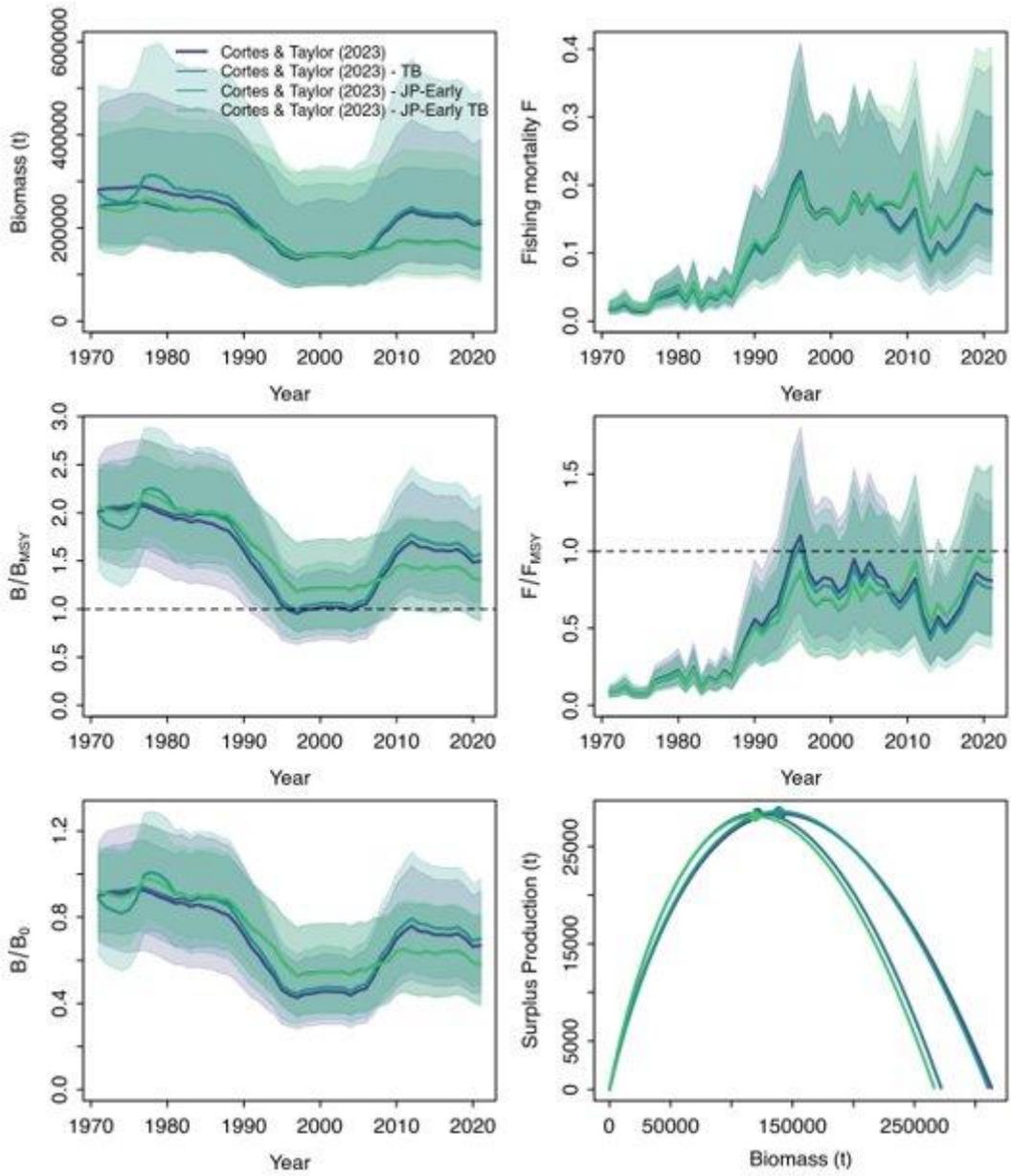
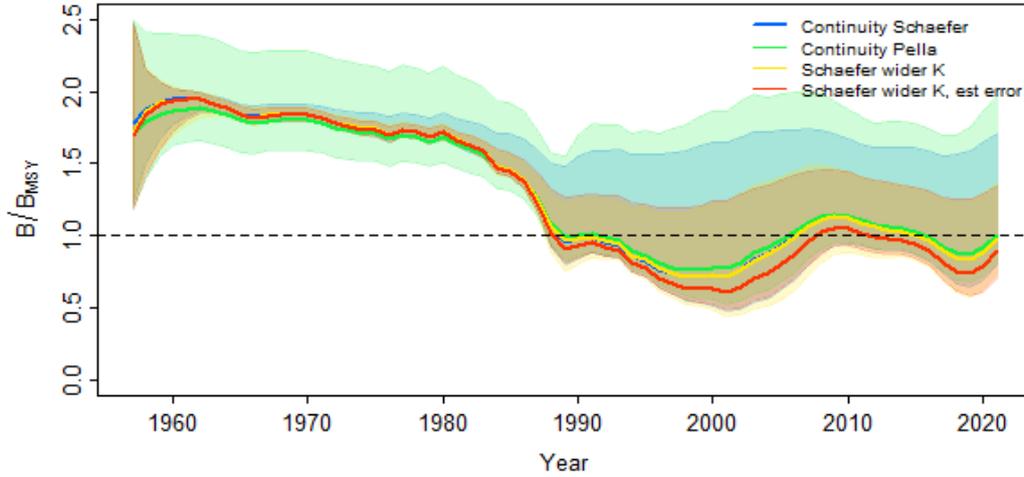
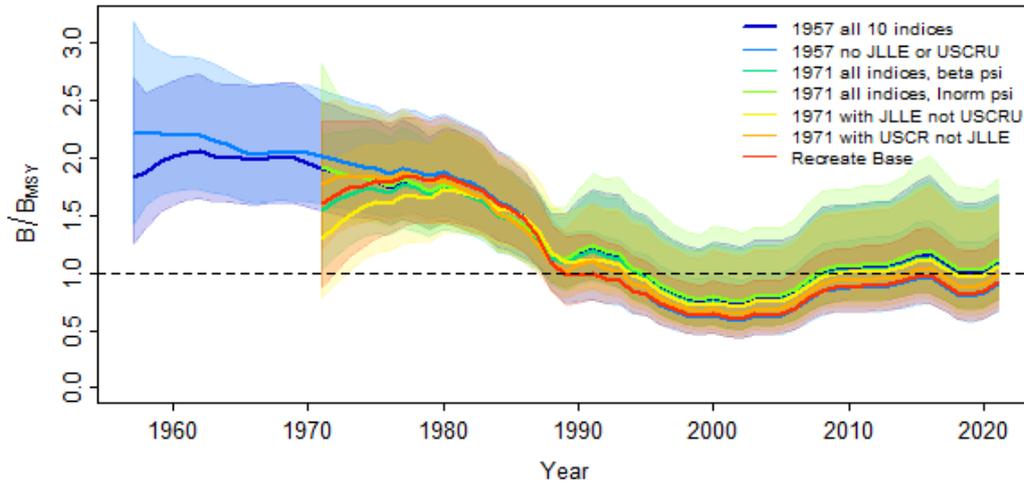


Figure 3. Sensitivity analyses for South Atlantic blue shark stock (JABBA).

(a) Schaefer vs Pella and K prior with all 10 indices, low process error.



(b) Pella varying start year, Bo/K prior or indices, otherwise same as base.



(c) Post model pre data (pmpd) diagnostic with no indices, low process error.

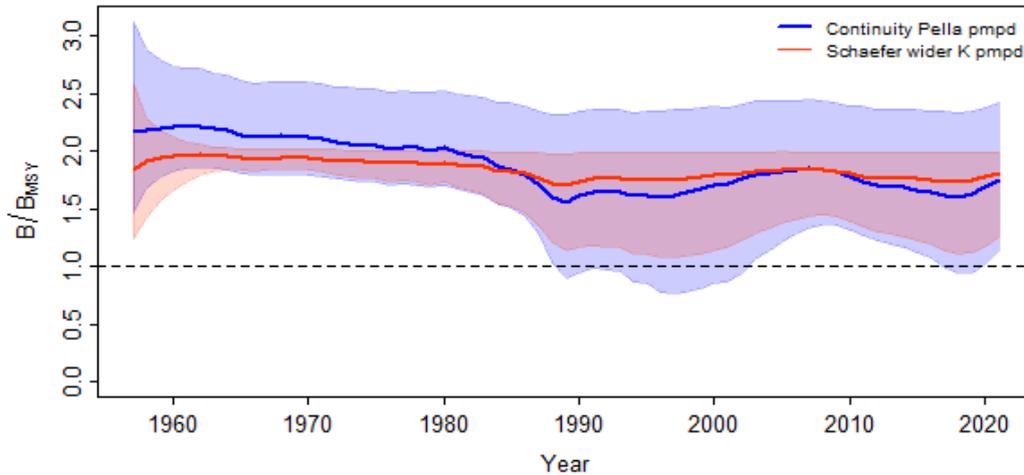


Figure 4. Sensitivity analyses for North Atlantic blue shark stock (JABBA).

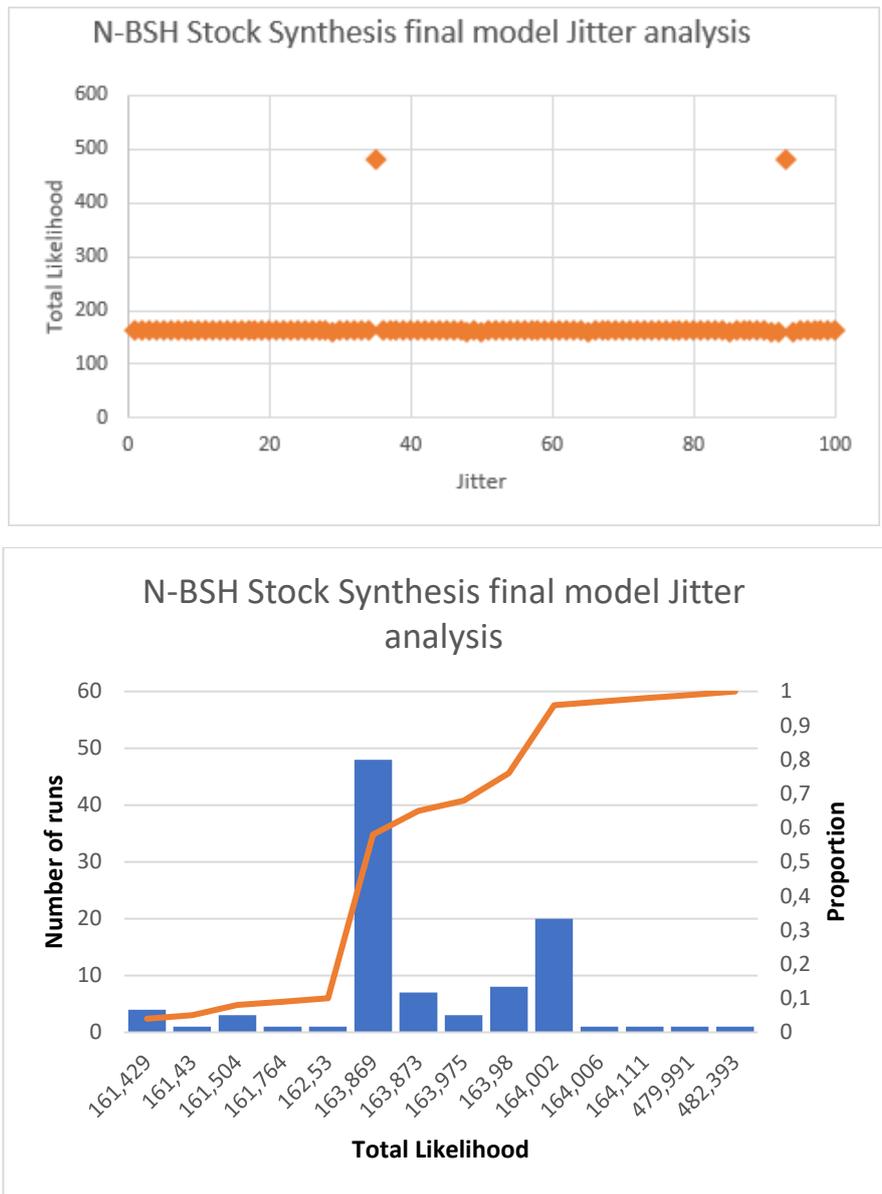


Figure 5. Jitter results (100) for the northern blue shark Stock Synthesis model reference case.

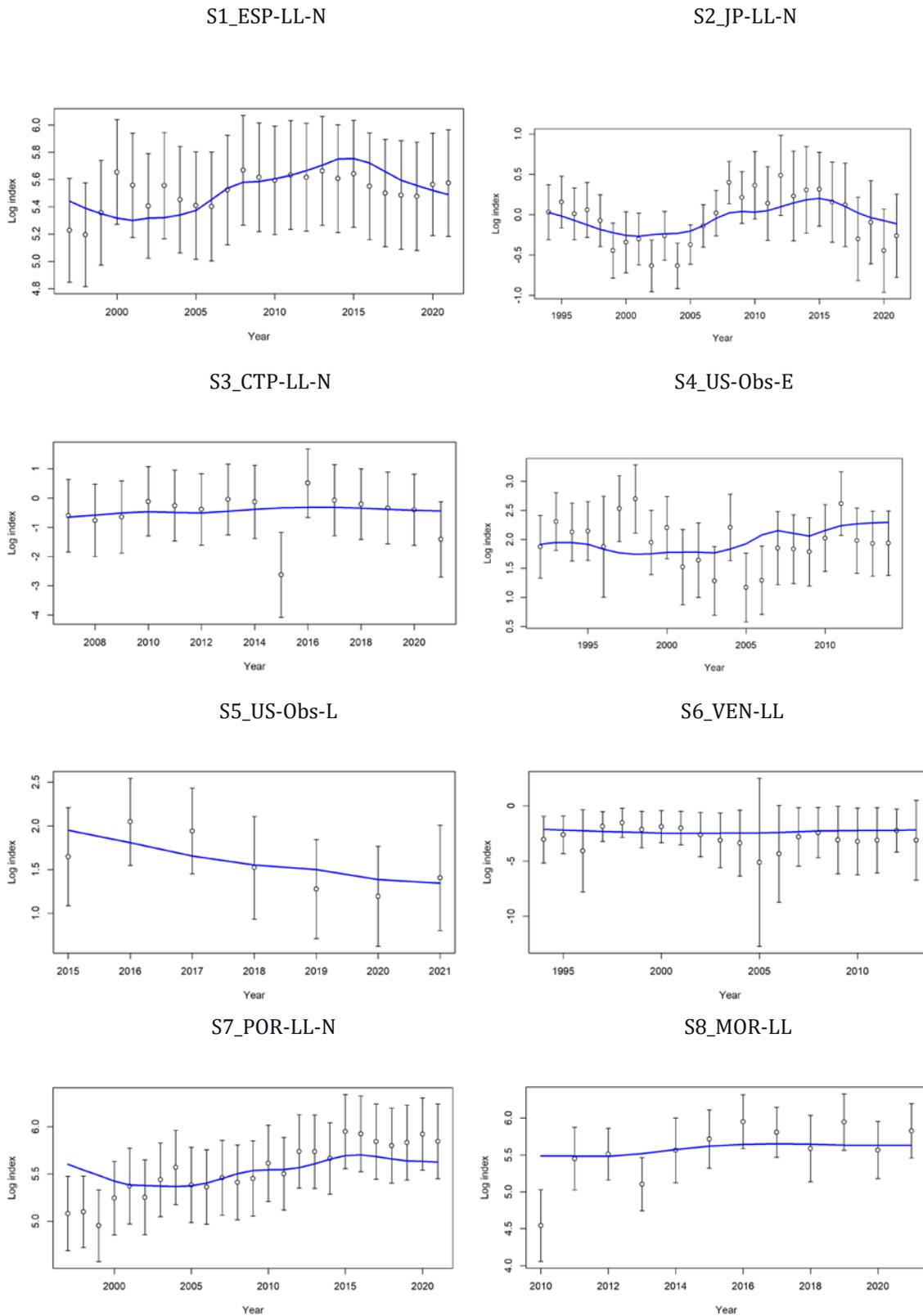


Figure 6. Fit to the indices time series for North blue shark Stock Synthesis model reference case.

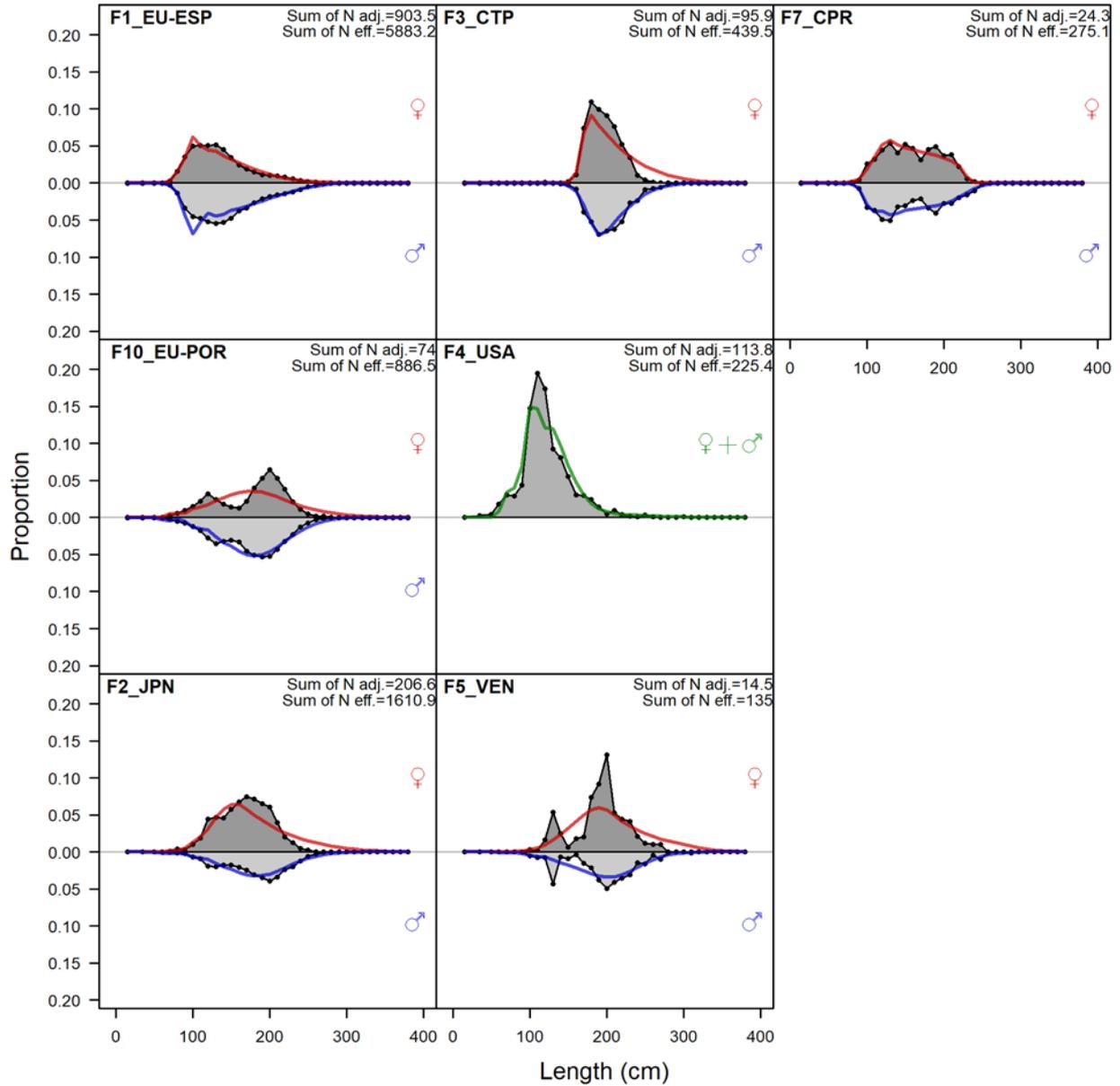


Figure 7. Fit to the aggregated length time series for north blue shark Stock Synthesis model reference case.

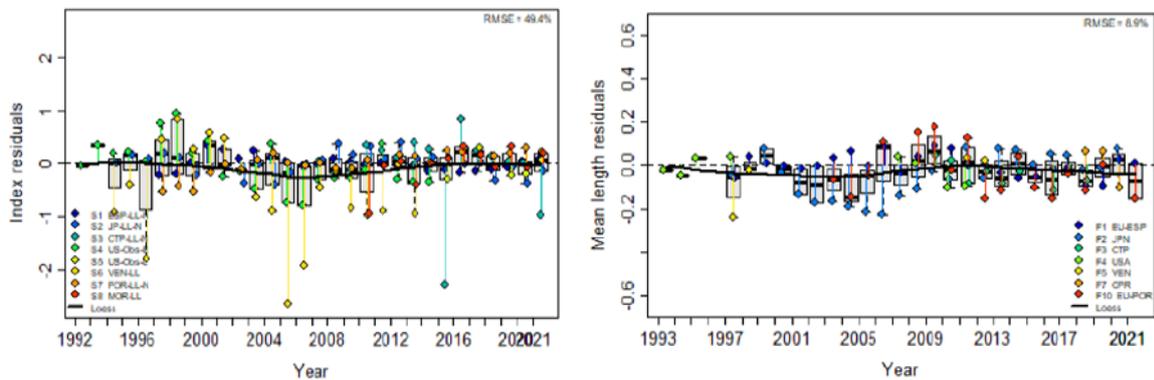


Figure 8. Joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.

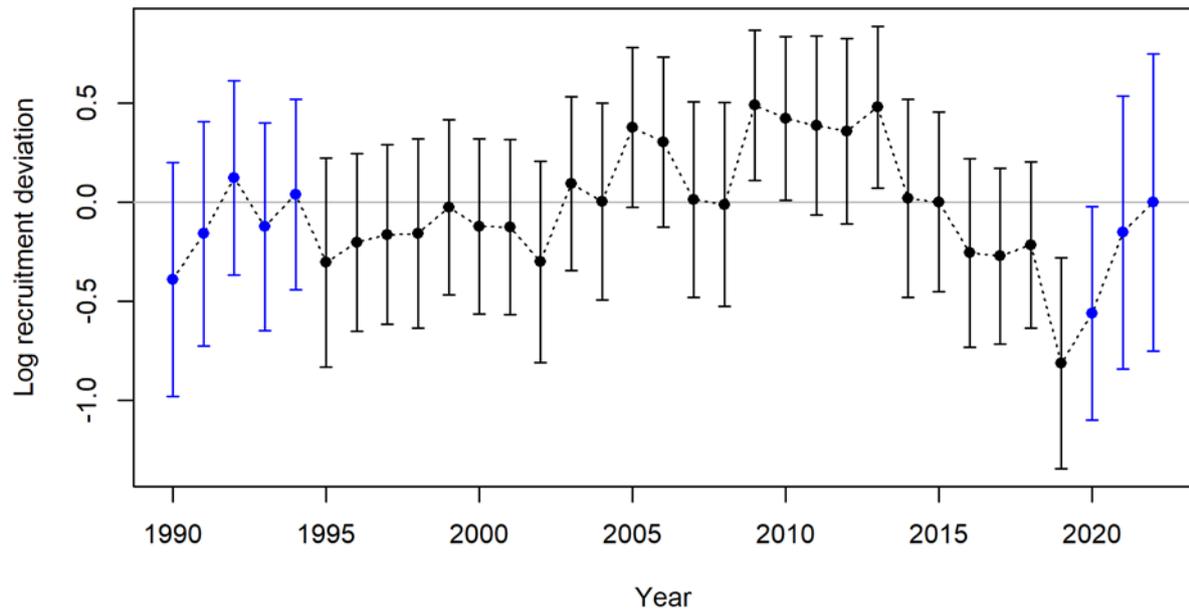


Figure 9. Recruitment deviations for the north blue shark Stock Synthesis model reference case.

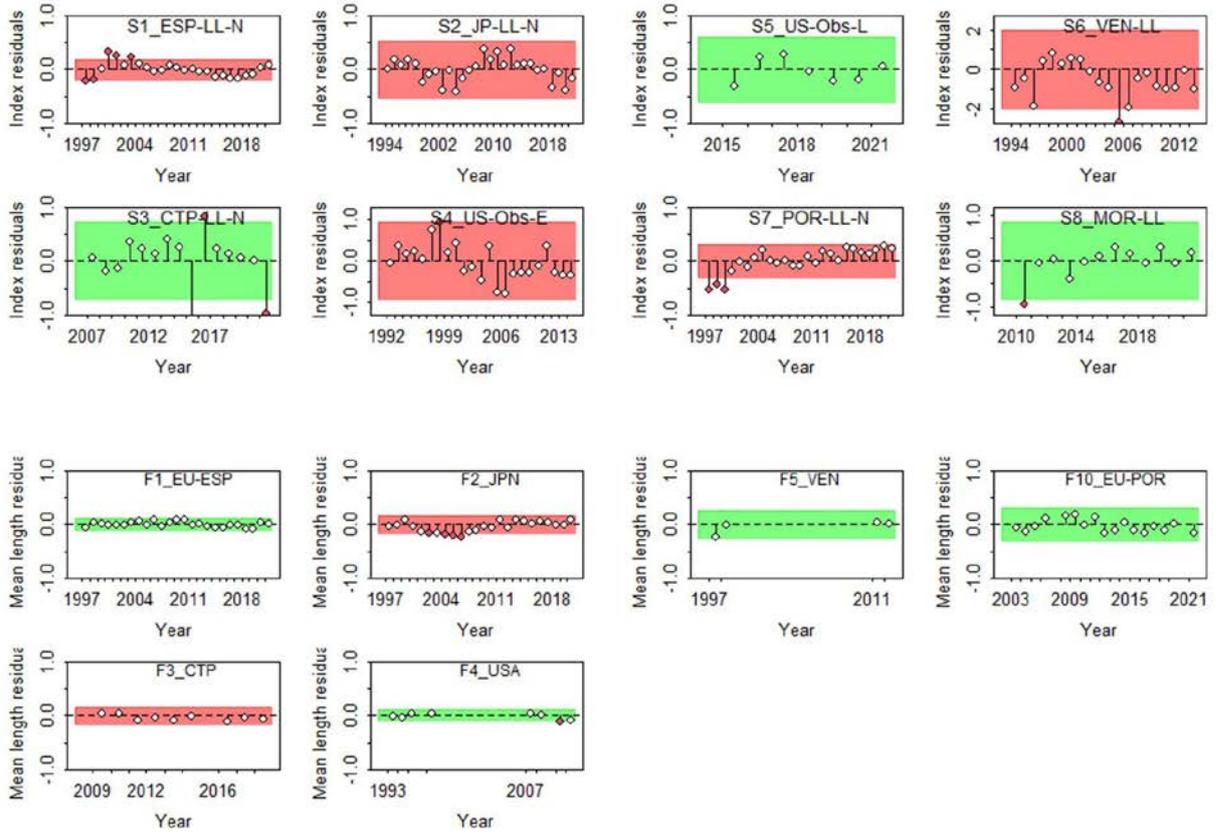


Figure 10. The runs test for the index (upper panels) and length composition (lower panels) fits for the north blue shark Stock Synthesis model reference case. Indices with serial autocorrelation in the residuals are identified in red.

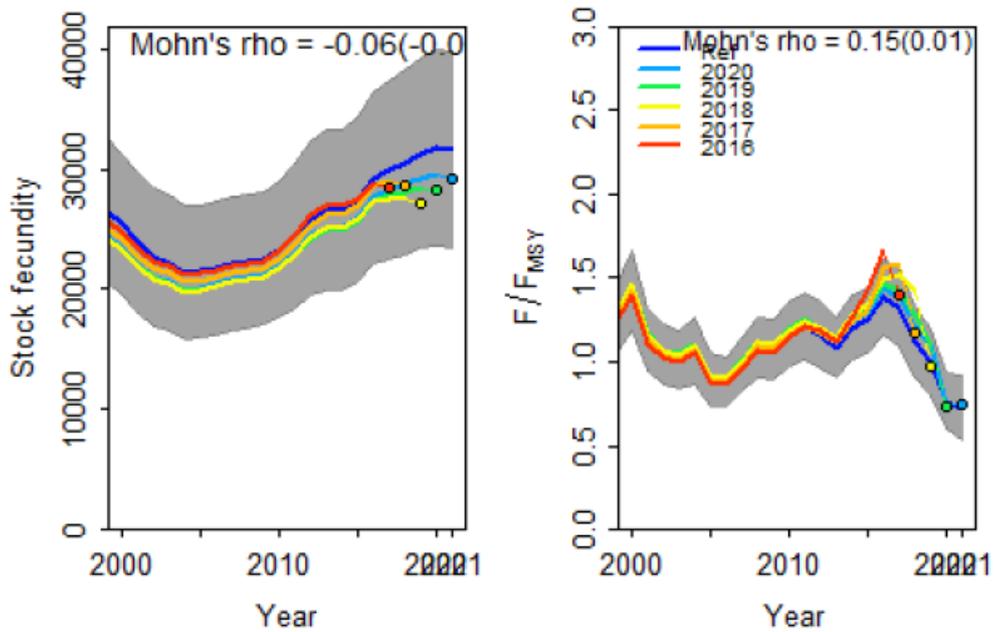
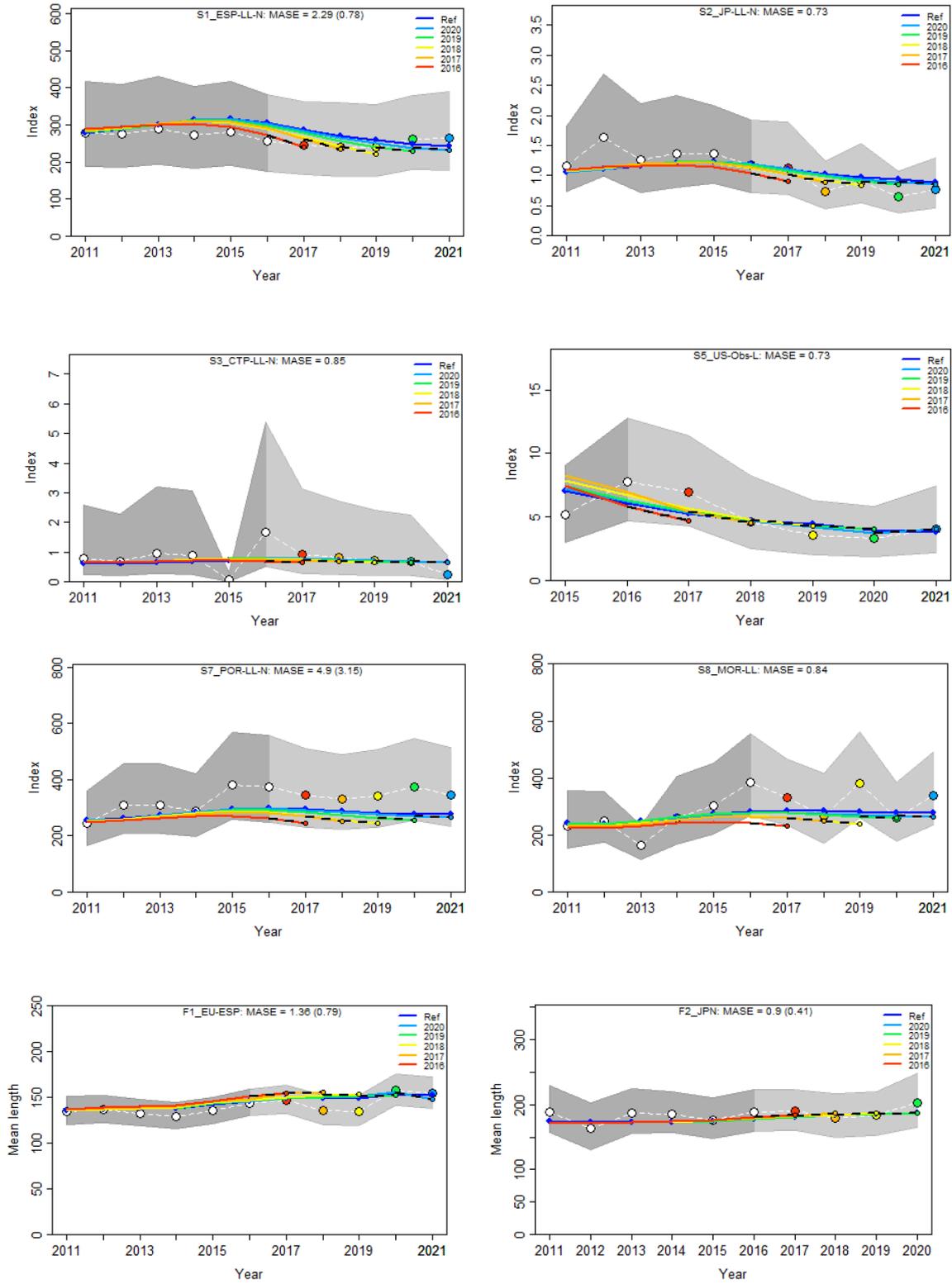


Figure 11. The retrospective analysis for the northern stock fecundity (left panel) and F/F_{MSY} (right panel) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.

RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE REQUIN PEAU BLEUE – HYBRIDE, MADRID, 2023



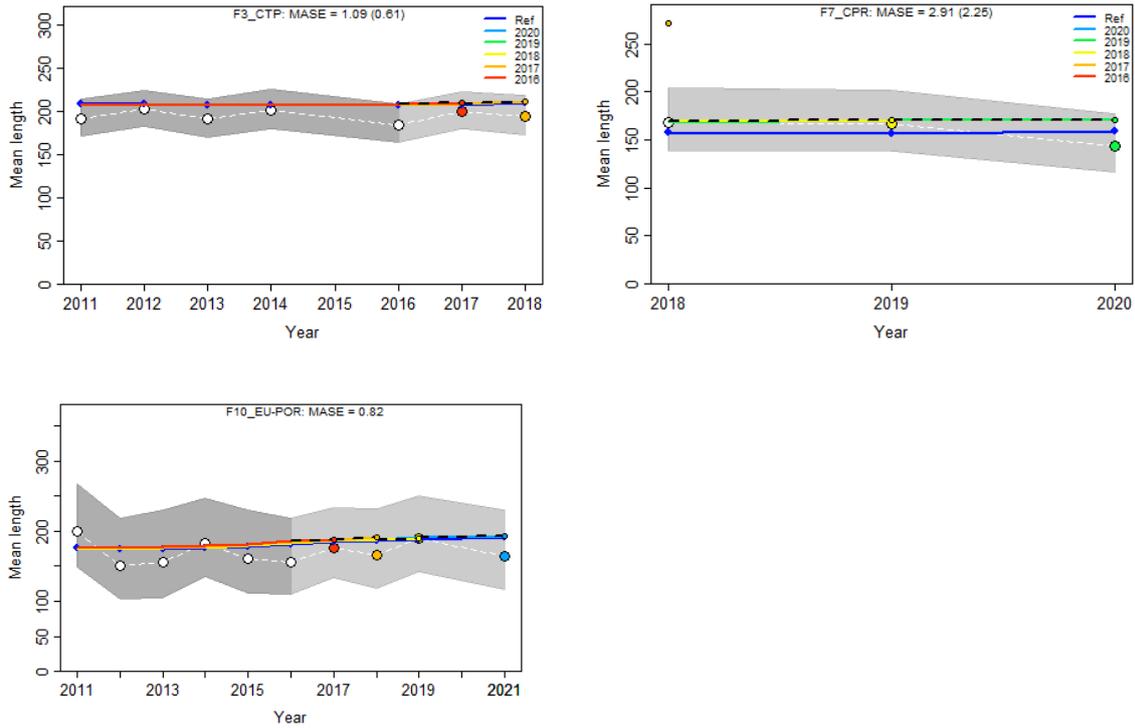


Figure 12. Hindcasting plots for the index (upper panels) and length fits (lower panels) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case; numbers in parenthesis represent an adjustment to the MASE value, which was not evaluated within the current assessment.

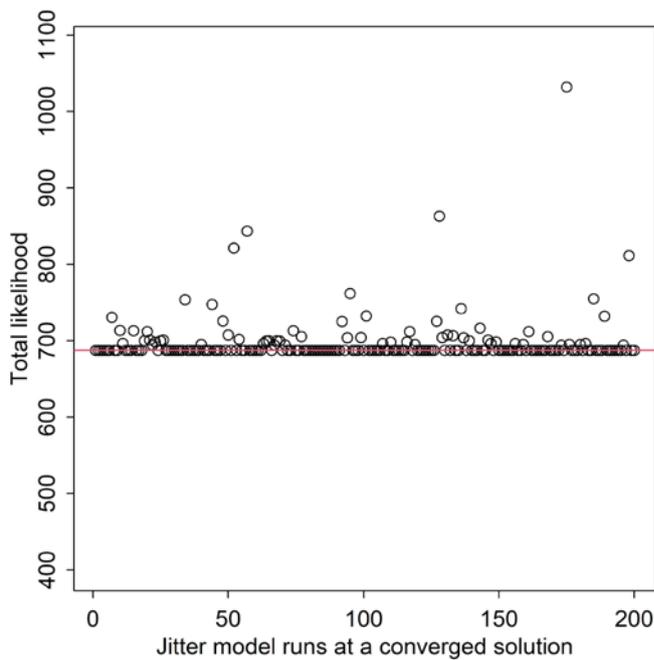


Figure 13. Jitter results for the southern stock synthesis case.

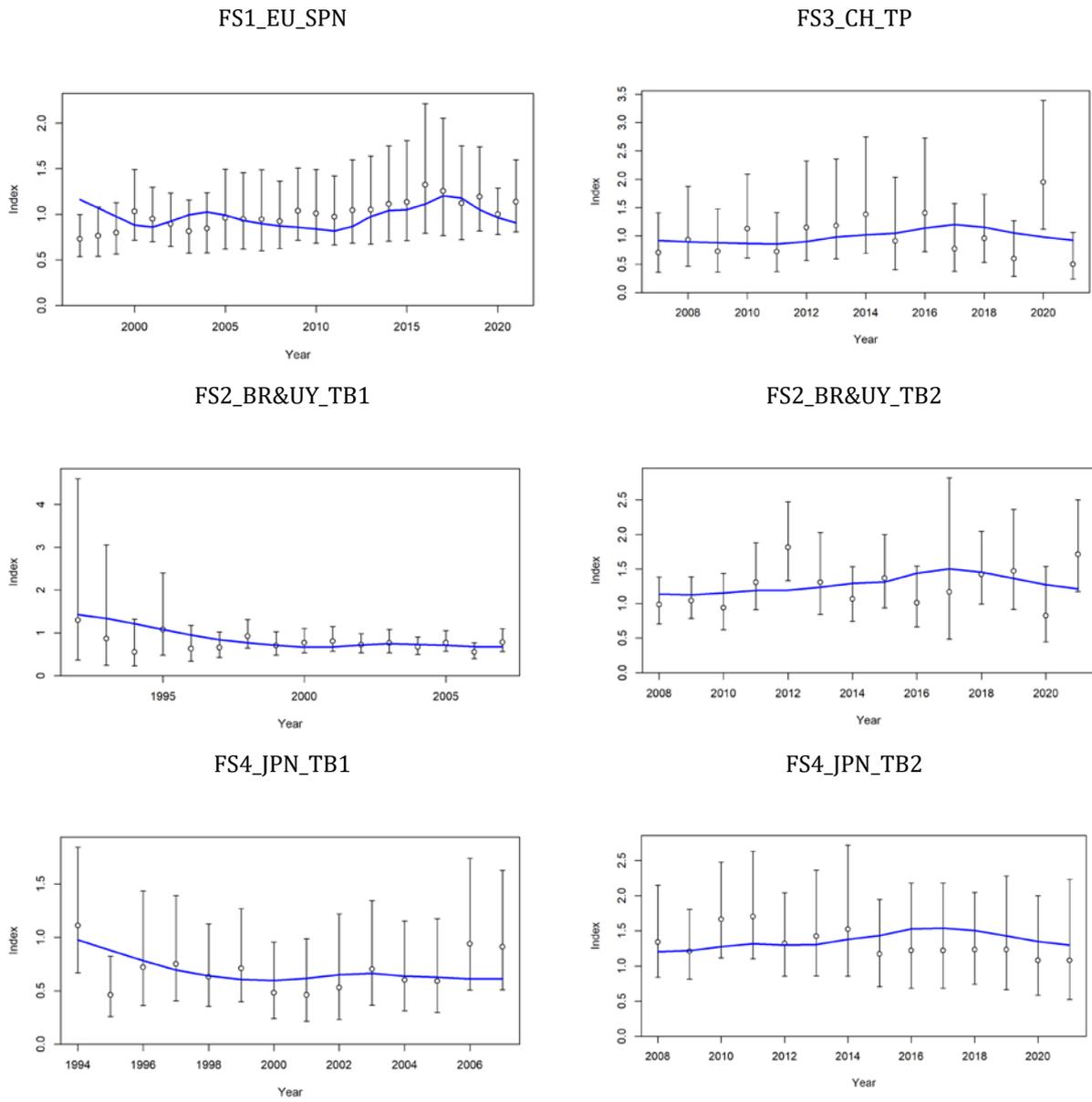


Figure 14. Fit to the indices time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

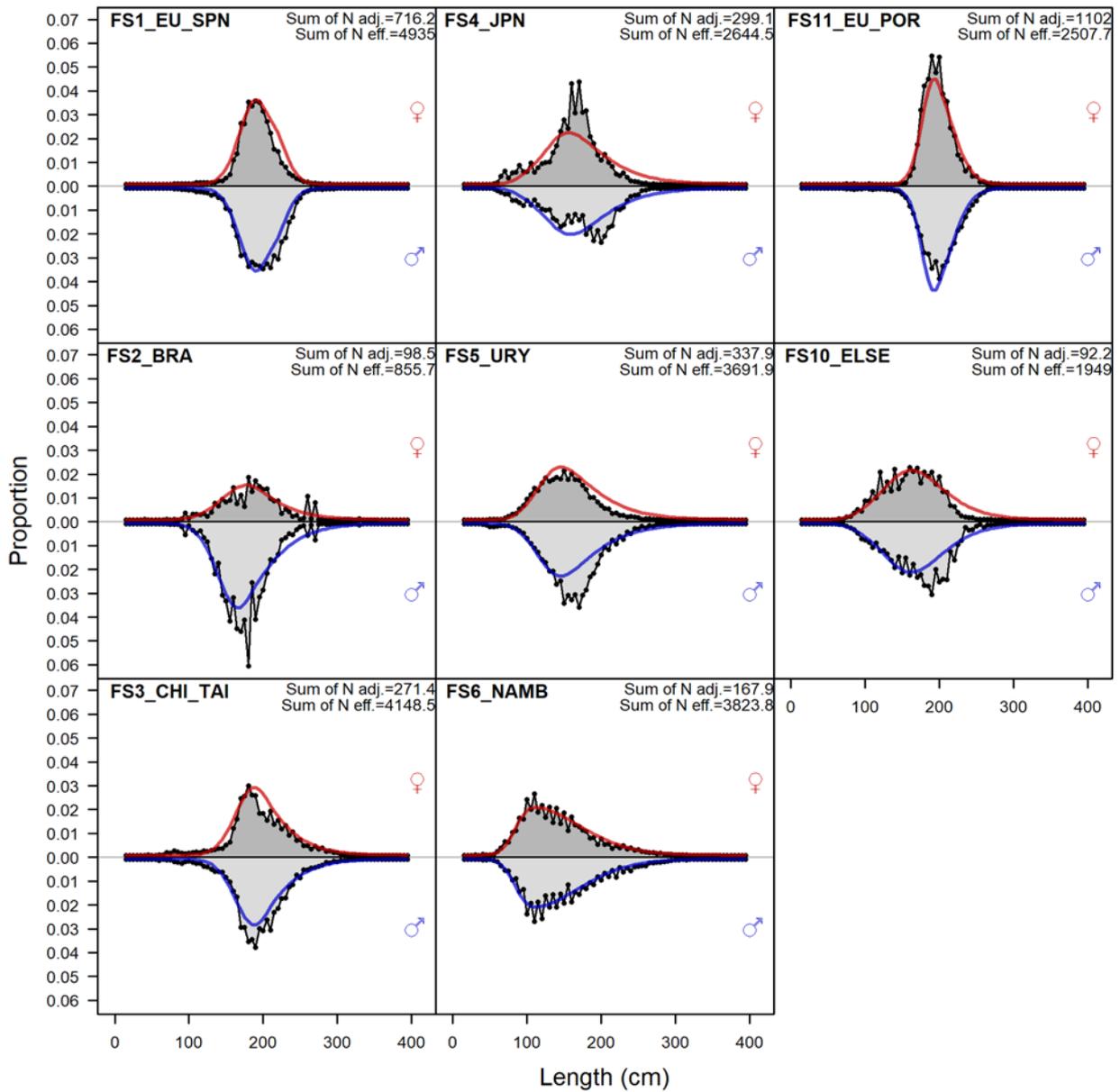


Figure 15. Fit to the aggregated length time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

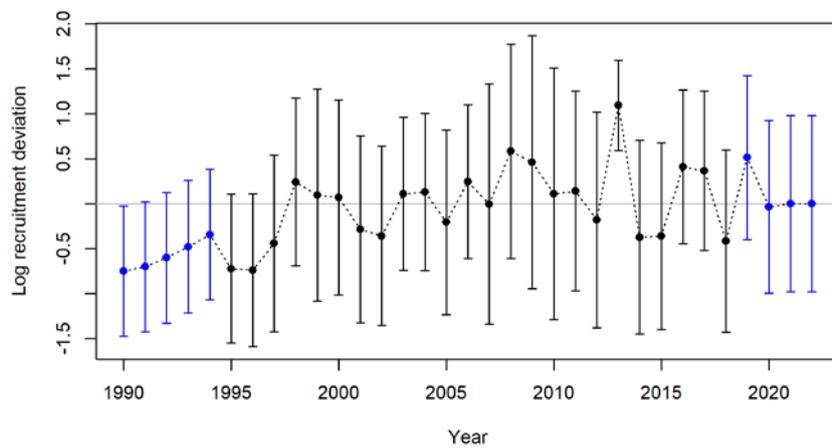


Figure 16. Recruitment deviations for the south BSH Stock synthesis model reference case.

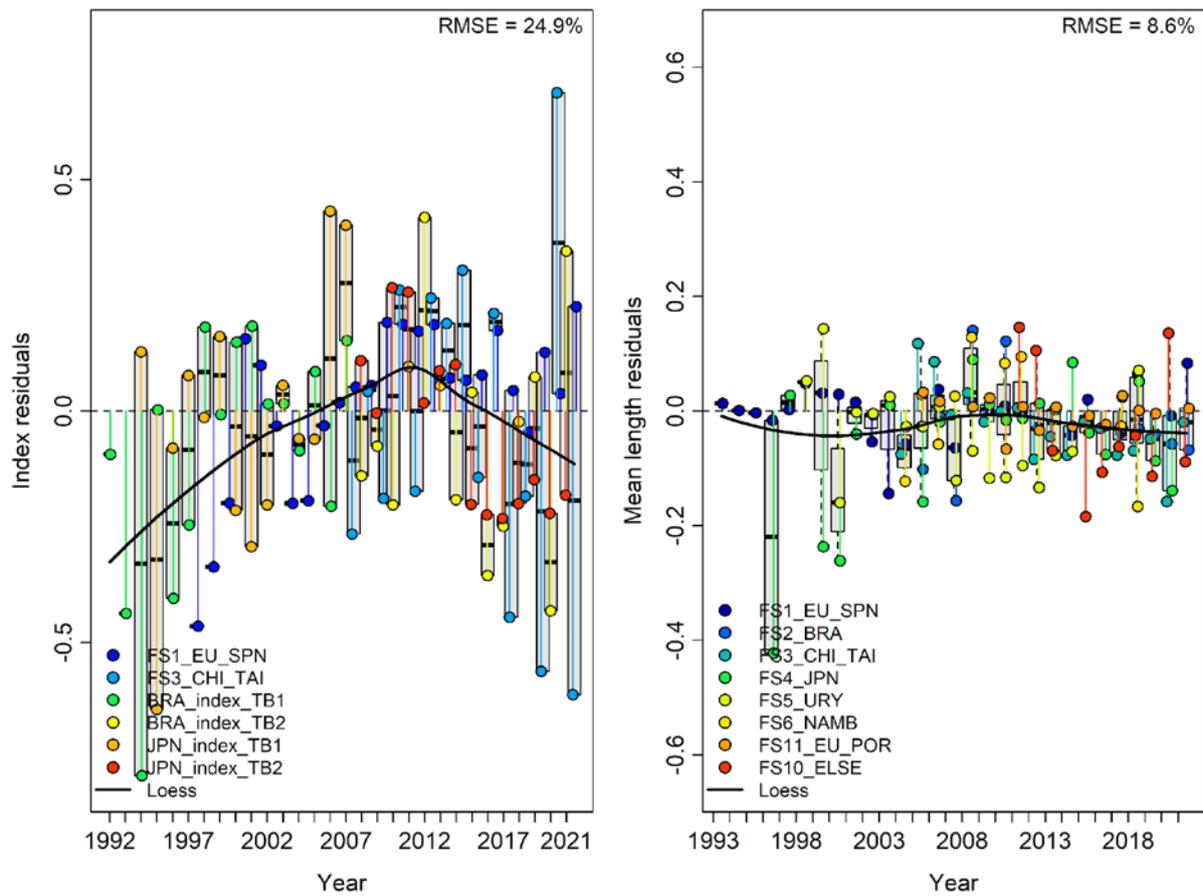


Figure 17. The joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

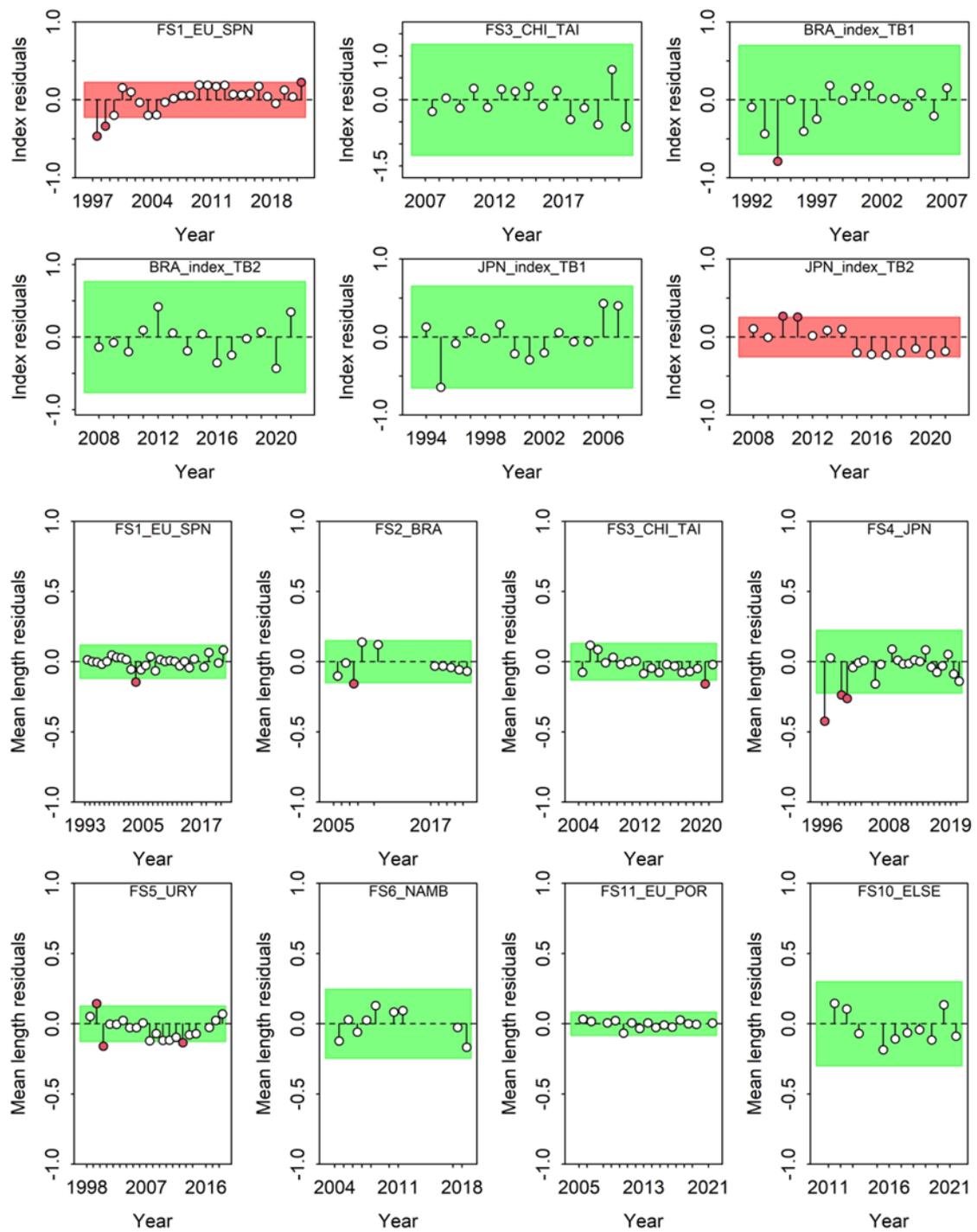


Figure 18. The runs test for the index (upper panel) and length composition (lower panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

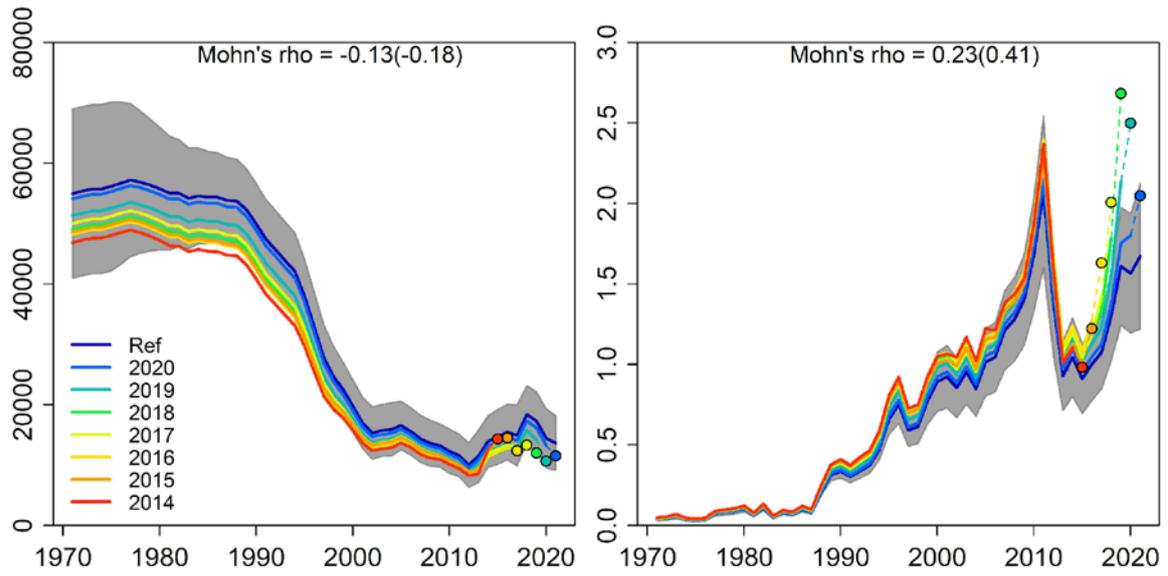


Figure 19. The retrospective analysis for the spawning output (left panel) and F (right panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

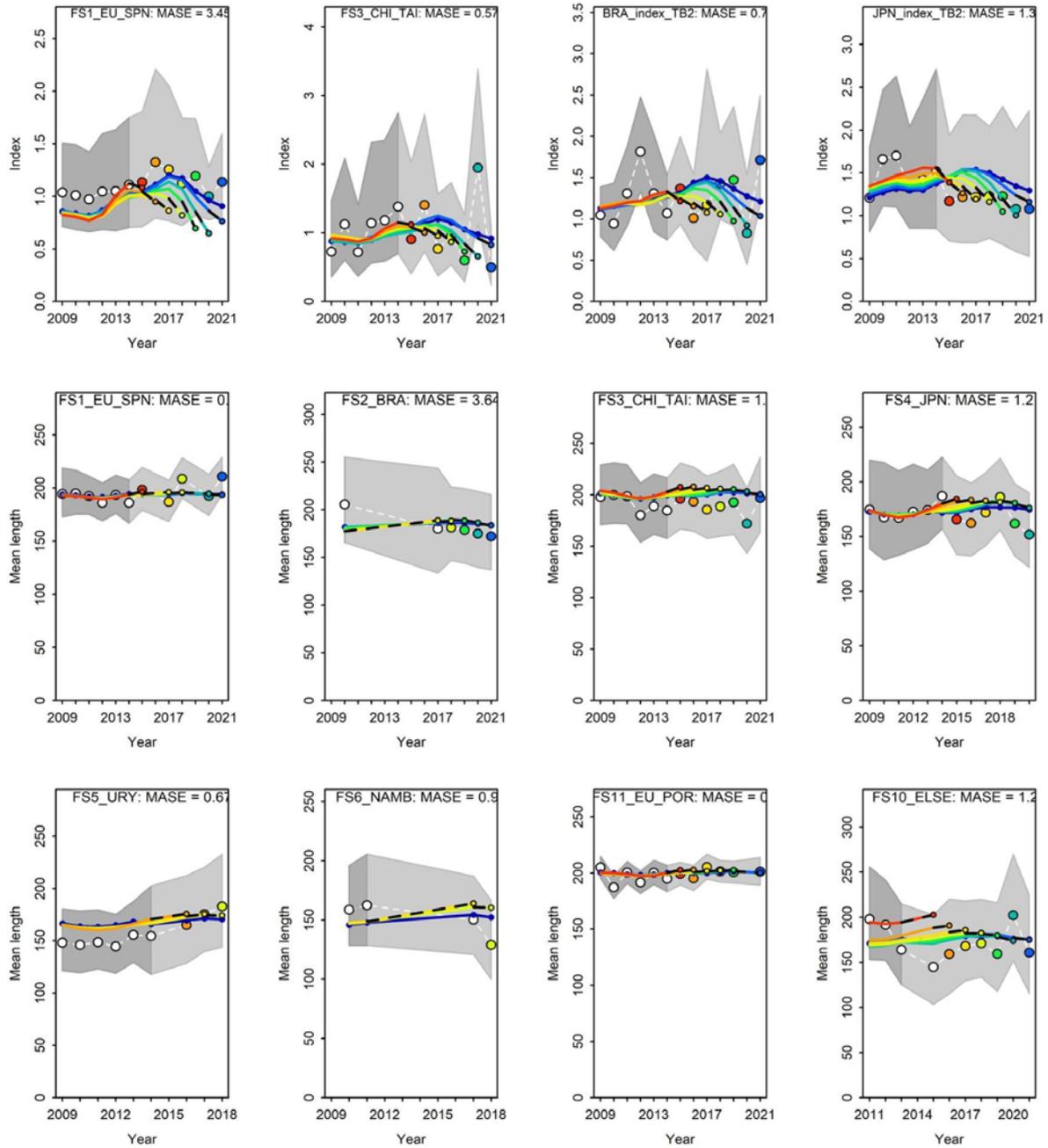


Figure 20. Hindcasting plots for the index (upper panel) and length fit (lower panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

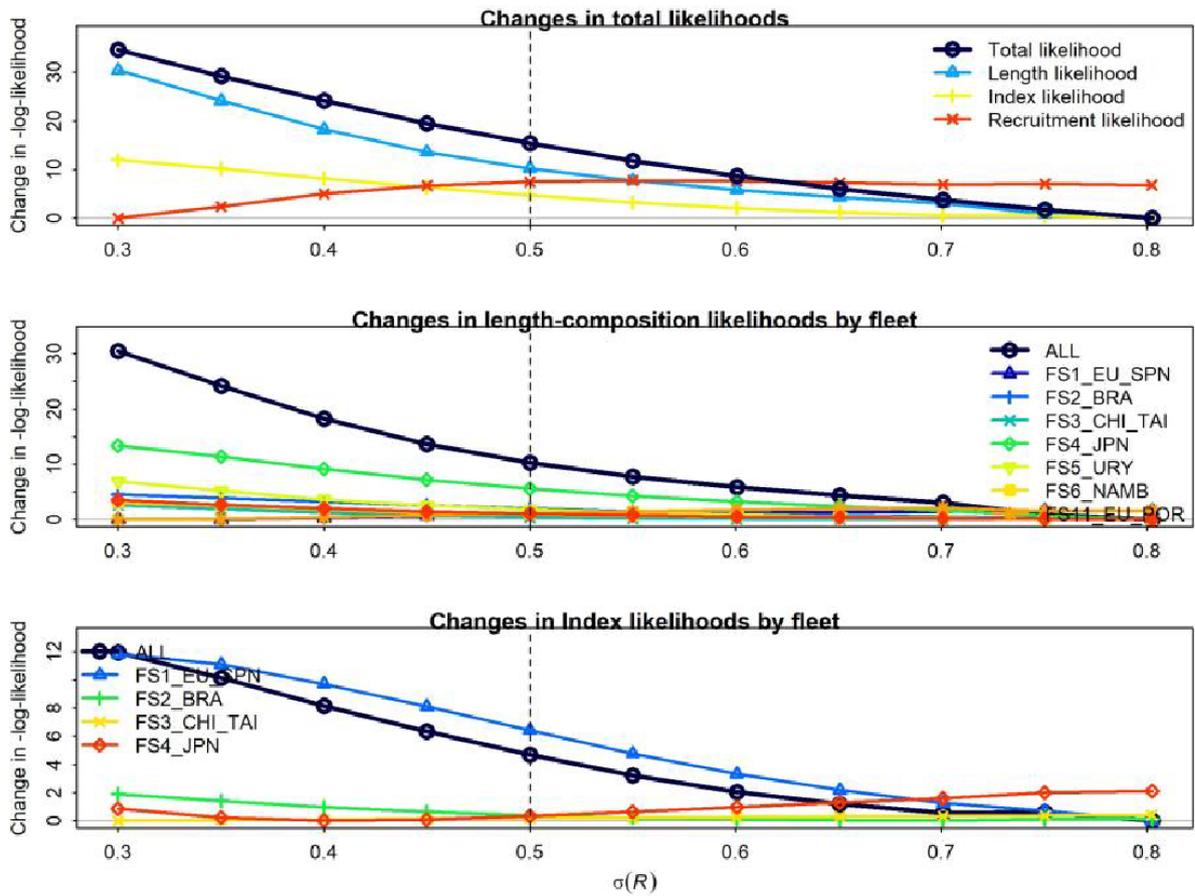


Figure 21. Likelihood profile for the southern stock SS3 model.

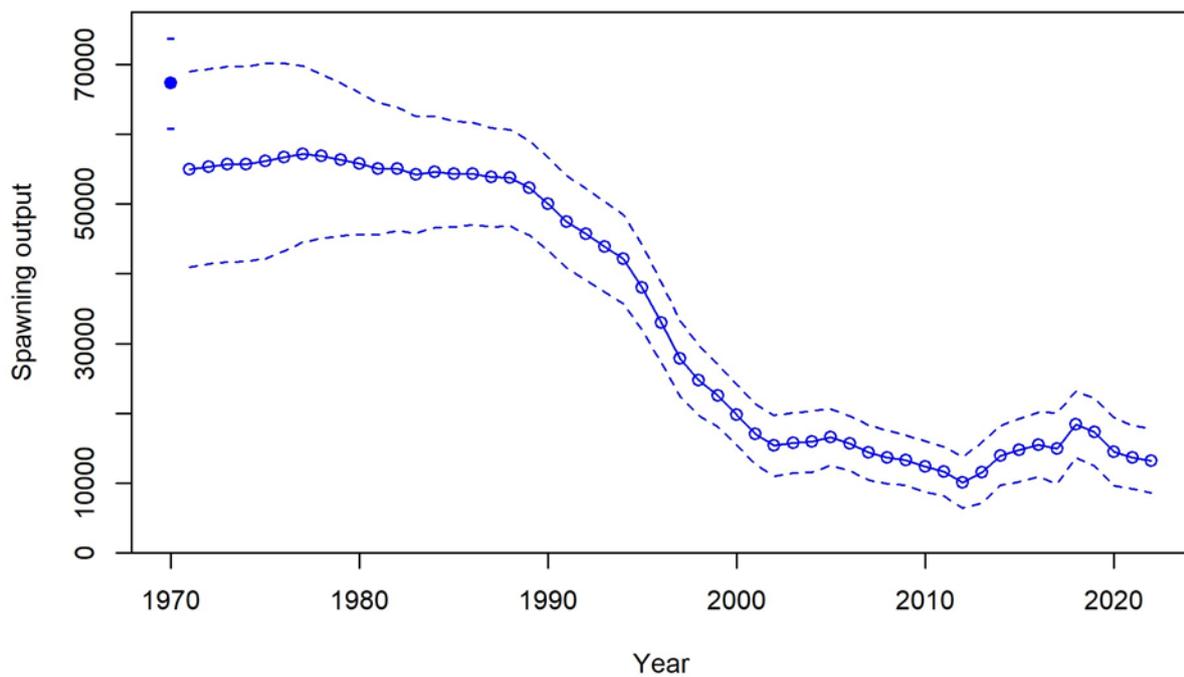


Figure 22. Spawning output estimates for the south BSH Stock synthesis model reference case.

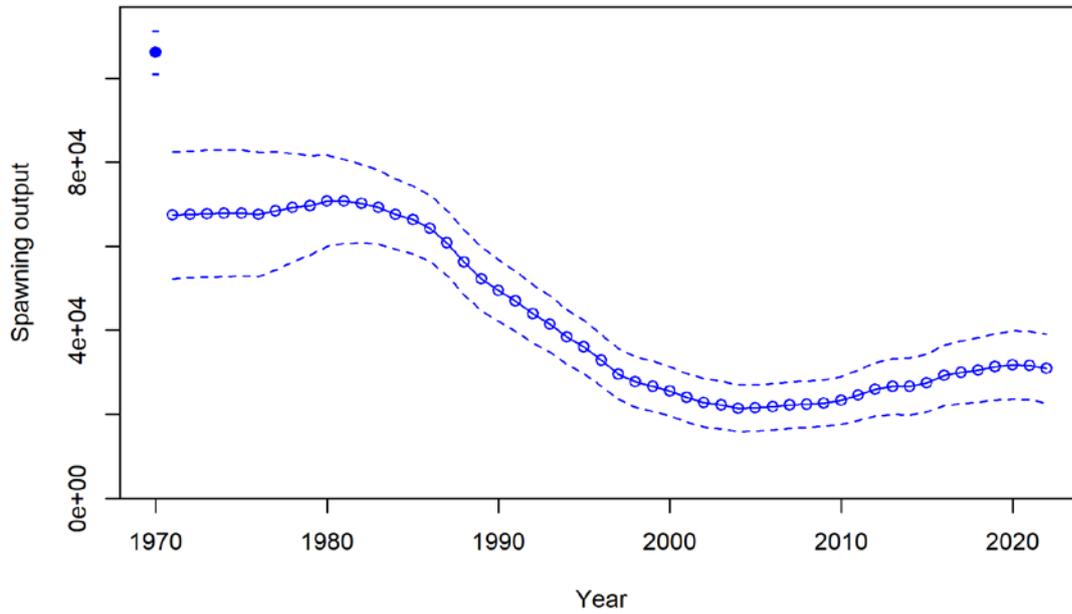


Figure 23. Stock Synthesis estimated time series of North Atlantic blue shark spawning stock output.

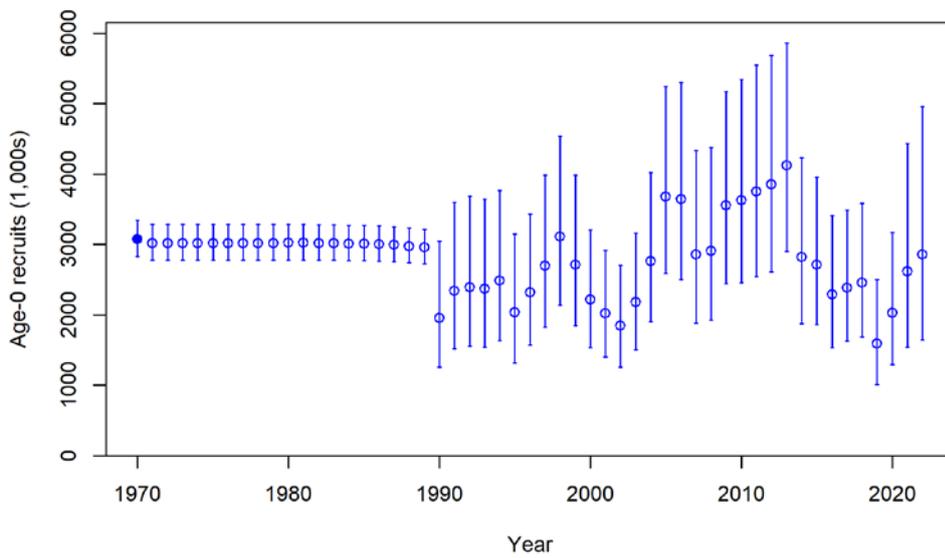


Figure 24. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated recruitment showing the estimated annual age-0 recruitment (circles) with 95% asymptotic confidence intervals; recruitment in years prior to 1990 and after 2021 follows the stock recruitment relationship exactly.

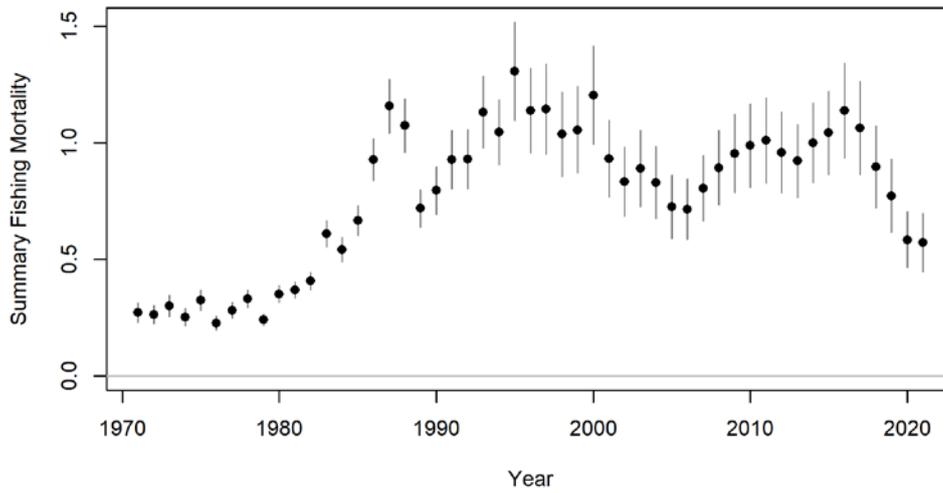


Figure 25. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated instantaneous fishing mortality rates for all fleets combined (continuous F).

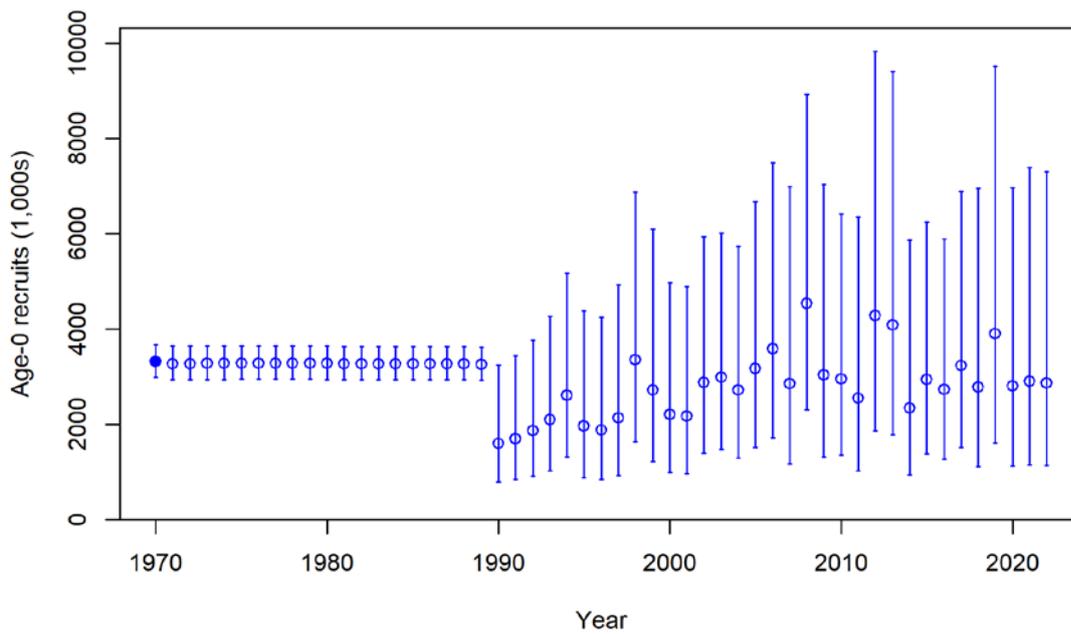


Figure 26. Stock Synthesis estimated time series of South Atlantic blue shark recruitments. Vertical bars indicate 95% CI.

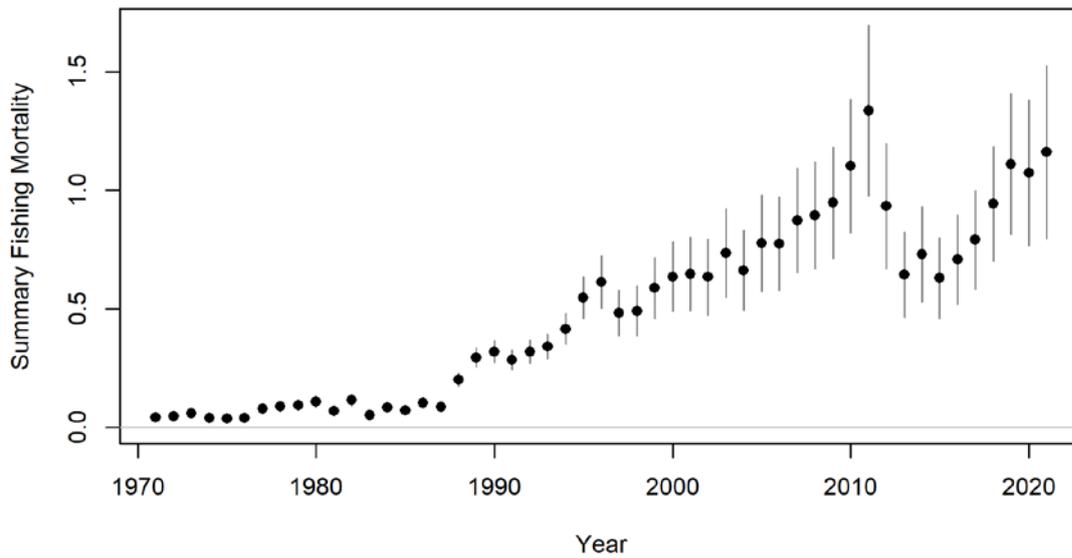


Figure 27. Stock Synthesis estimated time series of fishing mortality on South Atlantic blue shark. Vertical bars indicate 95% CI.

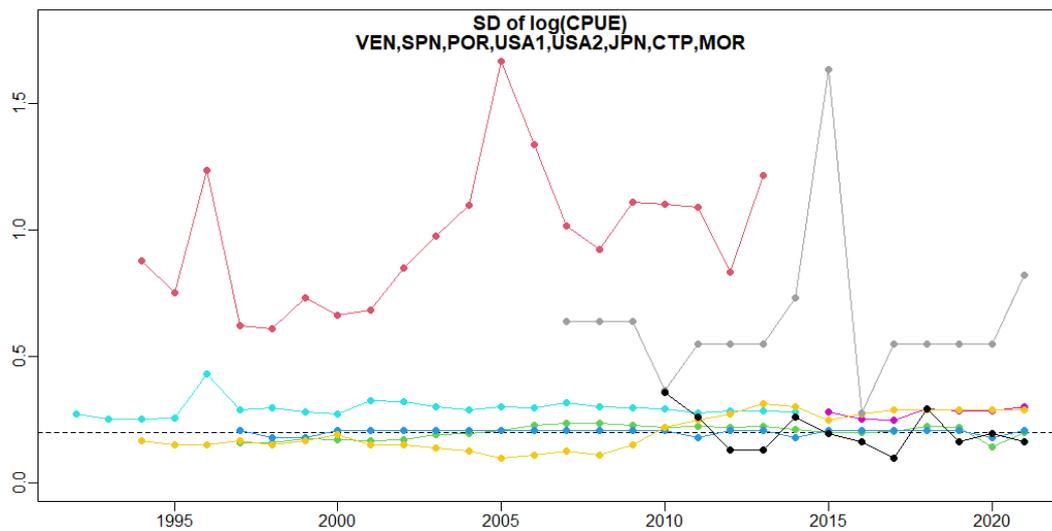


Figure 28. Annual values used as input standard deviation of log(CPUE) in the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. The colors correspond to Venezuela (red), Spain (green), Portugal (darker blue), USA1 (sky blue), USA2 (pink), Japan (yellow), Chinese Taipei (grey), Morocco (black).

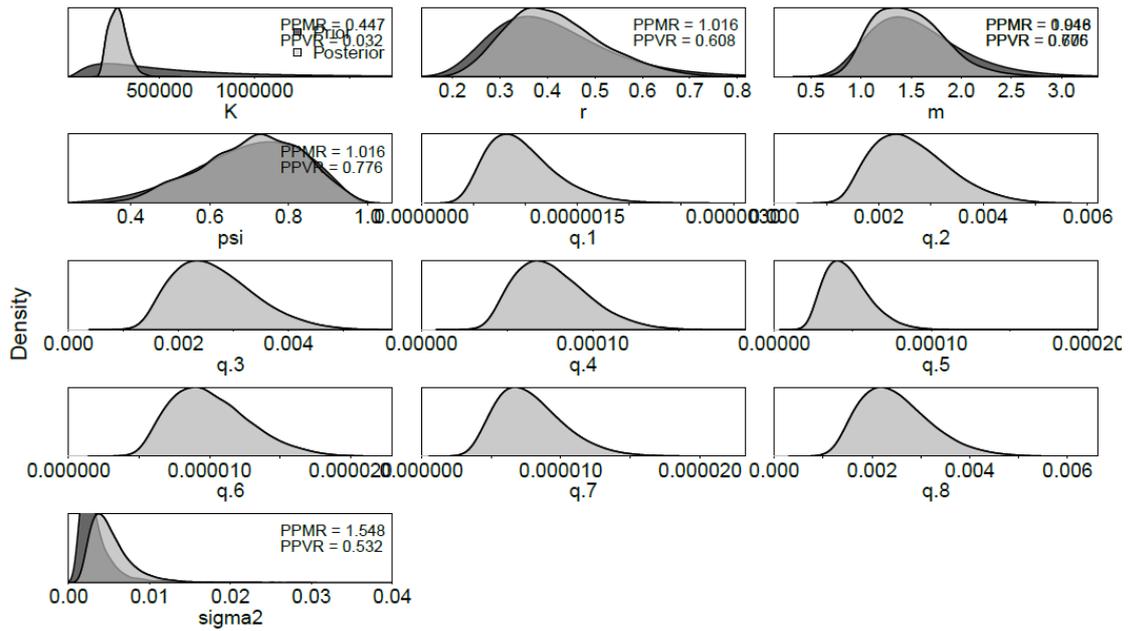


Figure 29. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances.

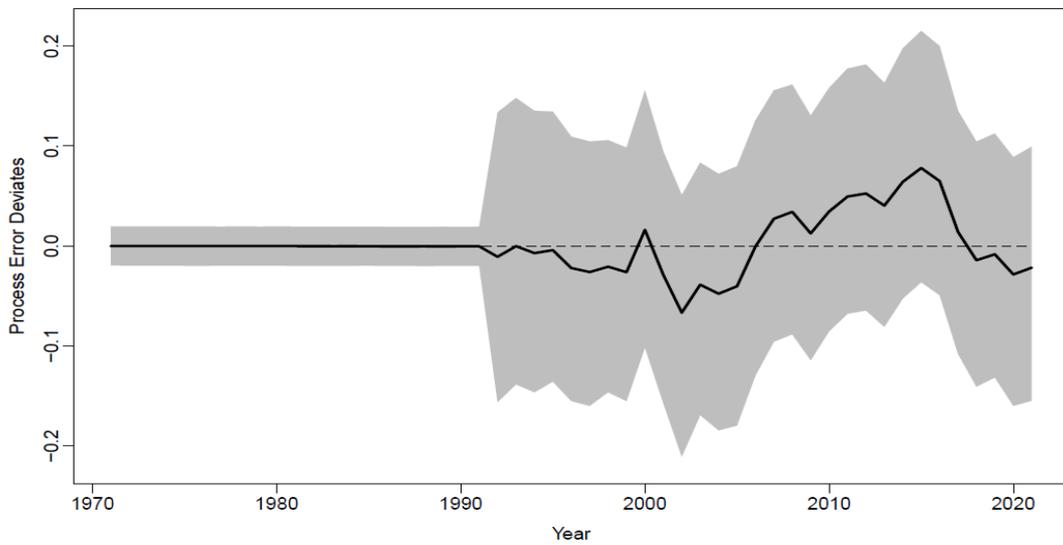


Figure 30. Process error deviates for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line is the posterior median, and the shaded grey area indicates 95% posterior probability intervals.

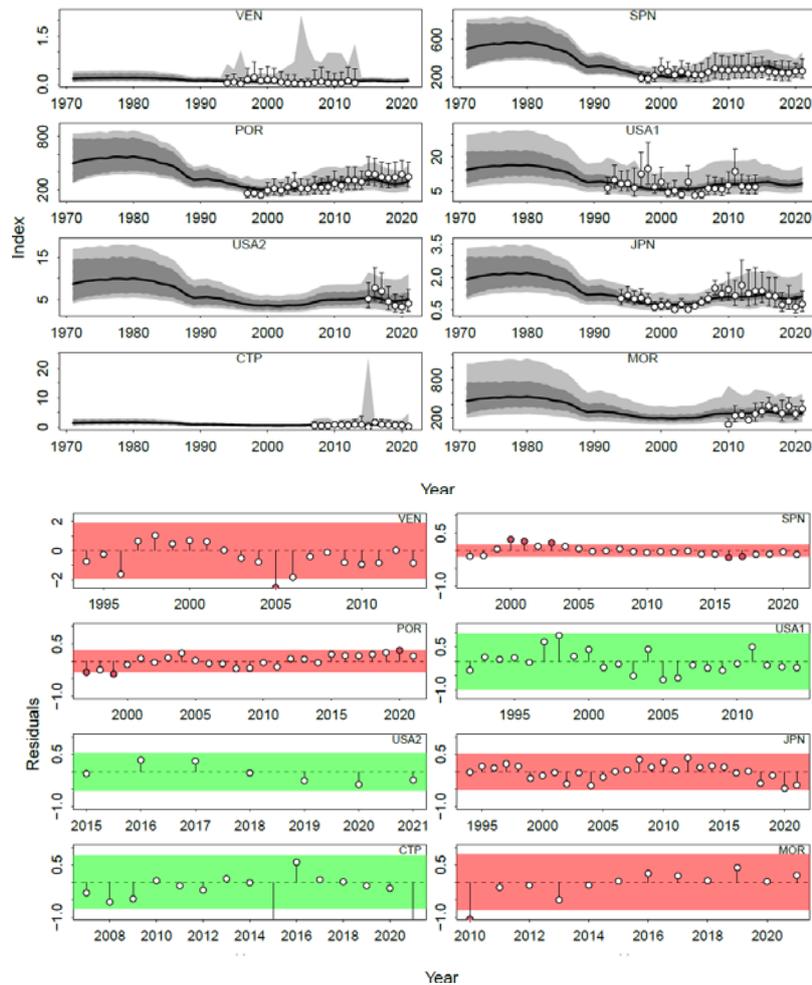


Figure 31. Top panels: Time series of observed (circle) and predicted (solid black line) CPUE of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% posterior probability intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior predictive distribution intervals. Bottom panels: Runs tests to evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels indicate possible autocorrelation. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value (3x sigma rule).

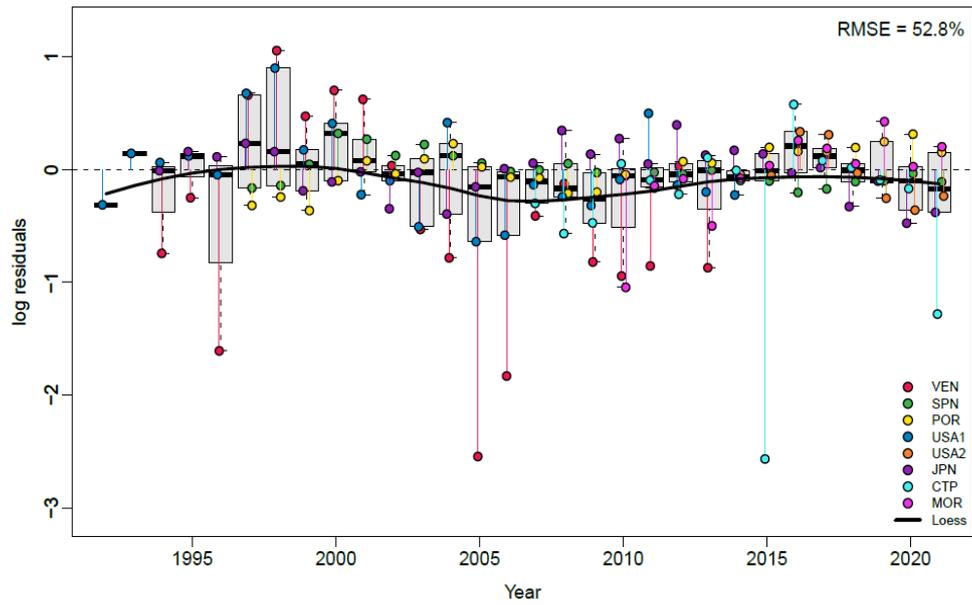


Figure 32. Residual diagnostic plots of $\log(\text{CPUE})$ indices for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

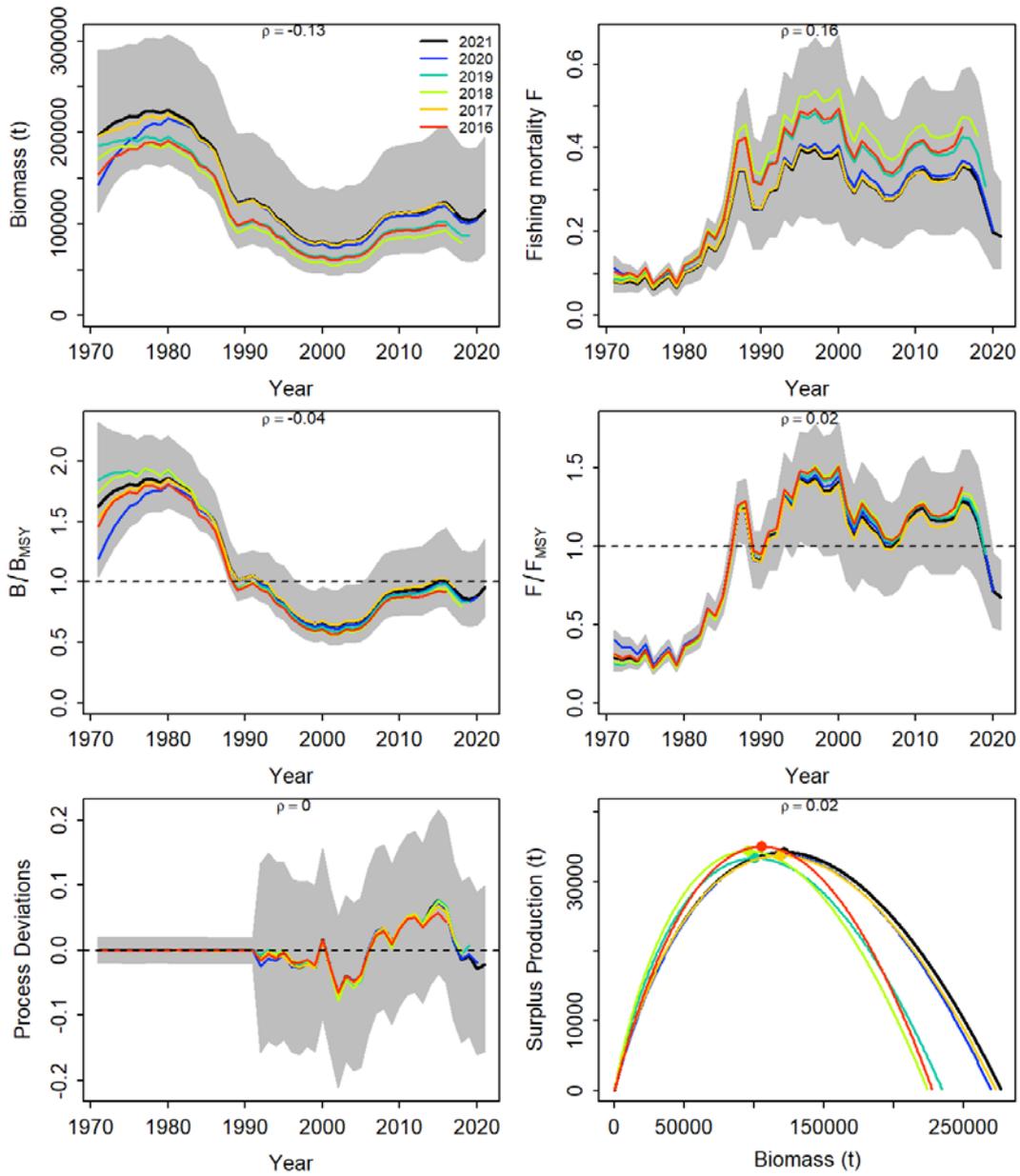


Figure 33. Retrospective analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially (up to 5 years) and estimating the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

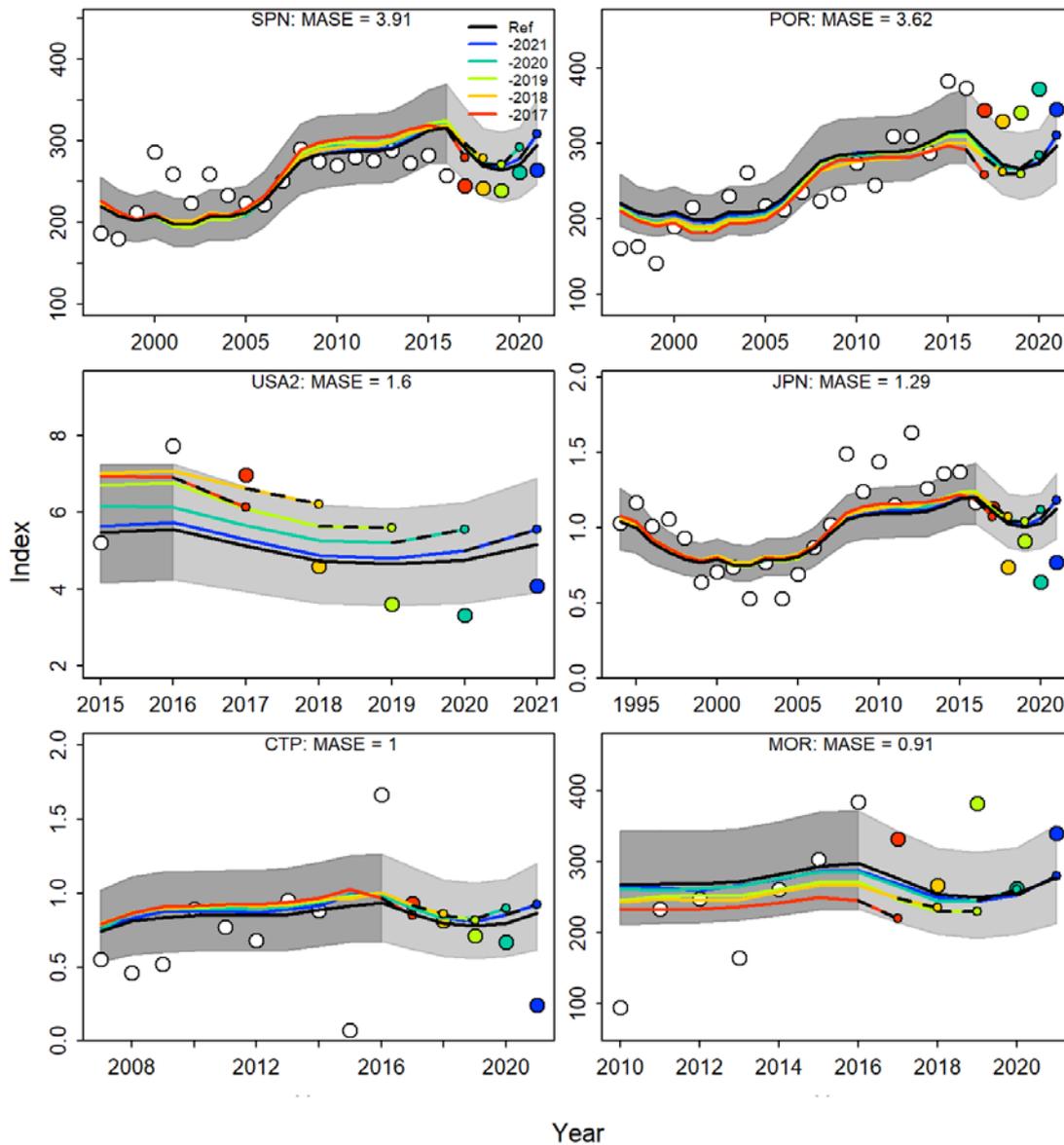


Figure 34. Hindcasting cross-validation results for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted as color-coded solid circles with associated light-grey shaded 95% confidence interval. The model reference year refers to the end points of each one-year-ahead forecast and the corresponding observation (i.e. year of peel + 1).

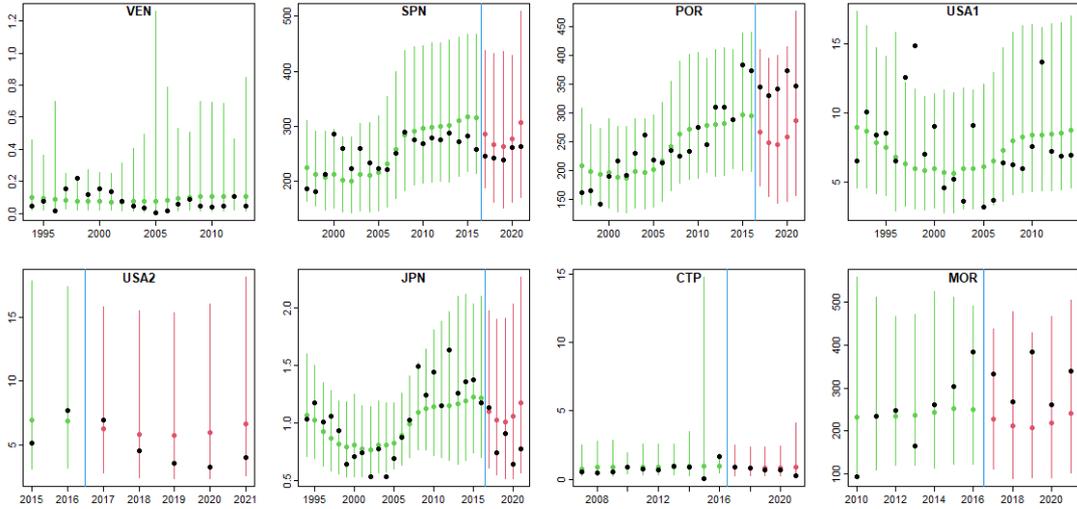


Figure 35. Posterior predictive intervals for CPUE values, taking into account the observation error of the CPUEs, for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, from a model run deleting the last 5 years of CPUE data (2017-2021). Black dots are the observed CPUE values, and the posterior predictive intervals (90% probability) are colored green and red for the years in which the CPUE values were included or excluded from the model run.

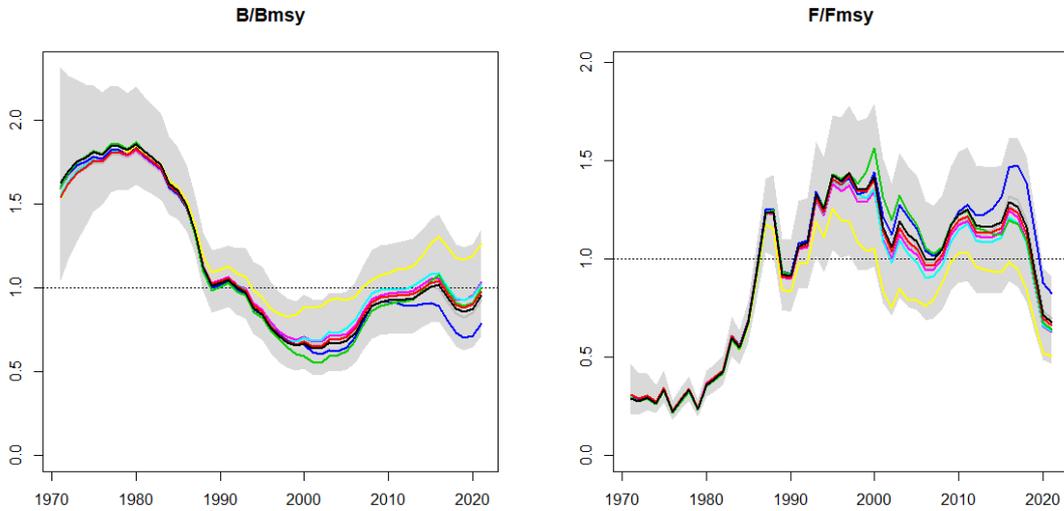


Figure 36. Jackknife analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The black lines and grey shaded intervals correspond to the reference case, and the colored lines to the same model fitted after removing one CPUE series at a time. The blue line is the fit when removing the Portuguese CPUE series and the yellow line the fit when removing the Japanese CPUE series.

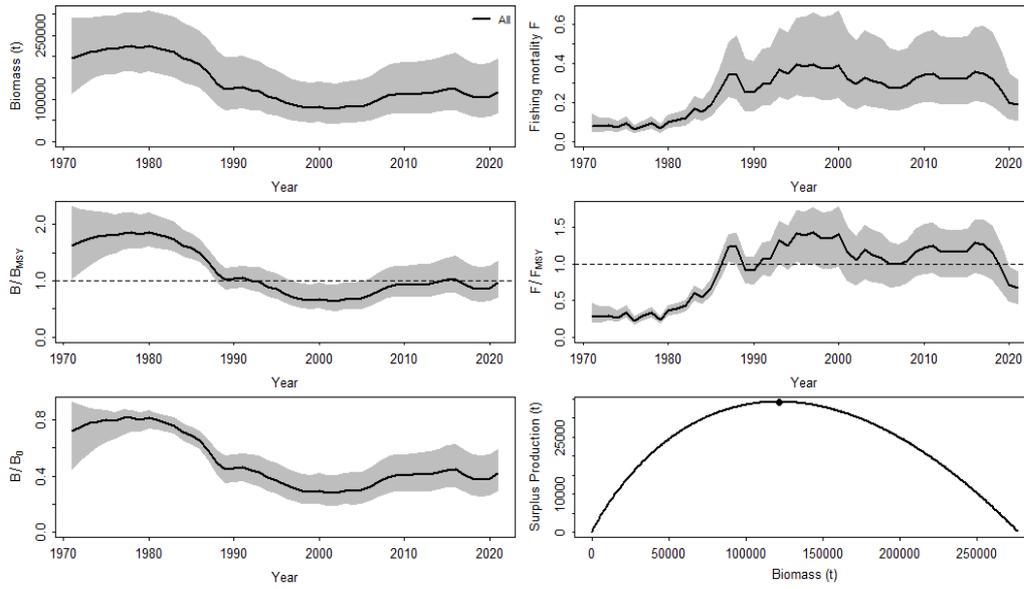


Figure 37. Annual stock trends as estimated by the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% posterior probability interval.

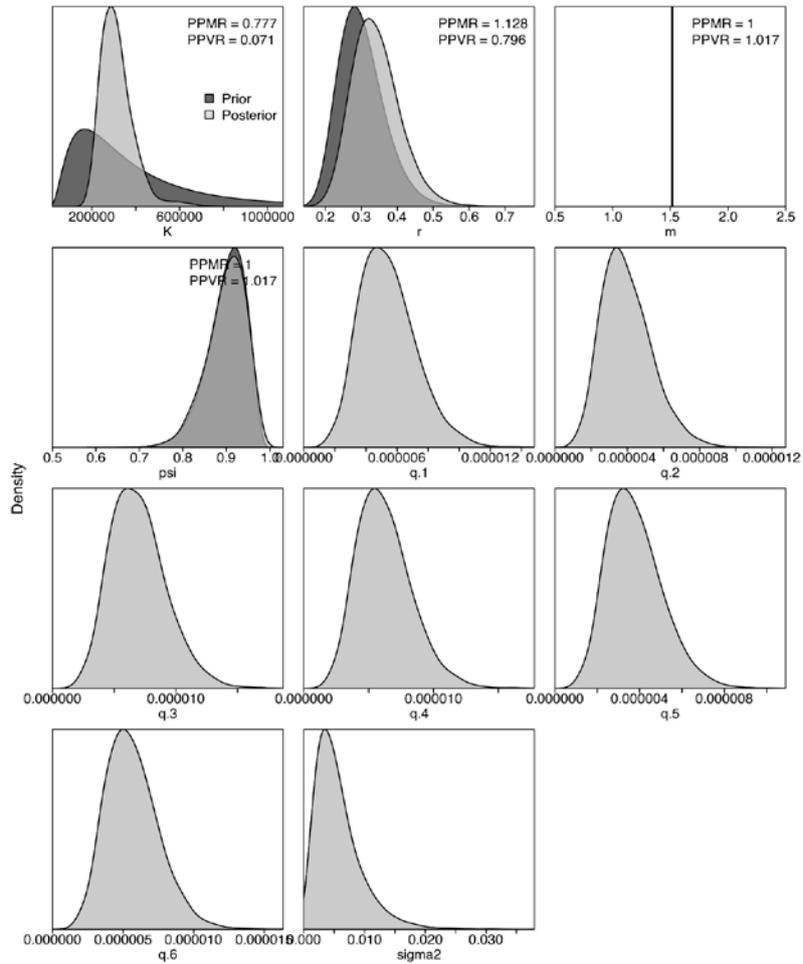


Figure 38. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the South Atlantic blue shark stock. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances.

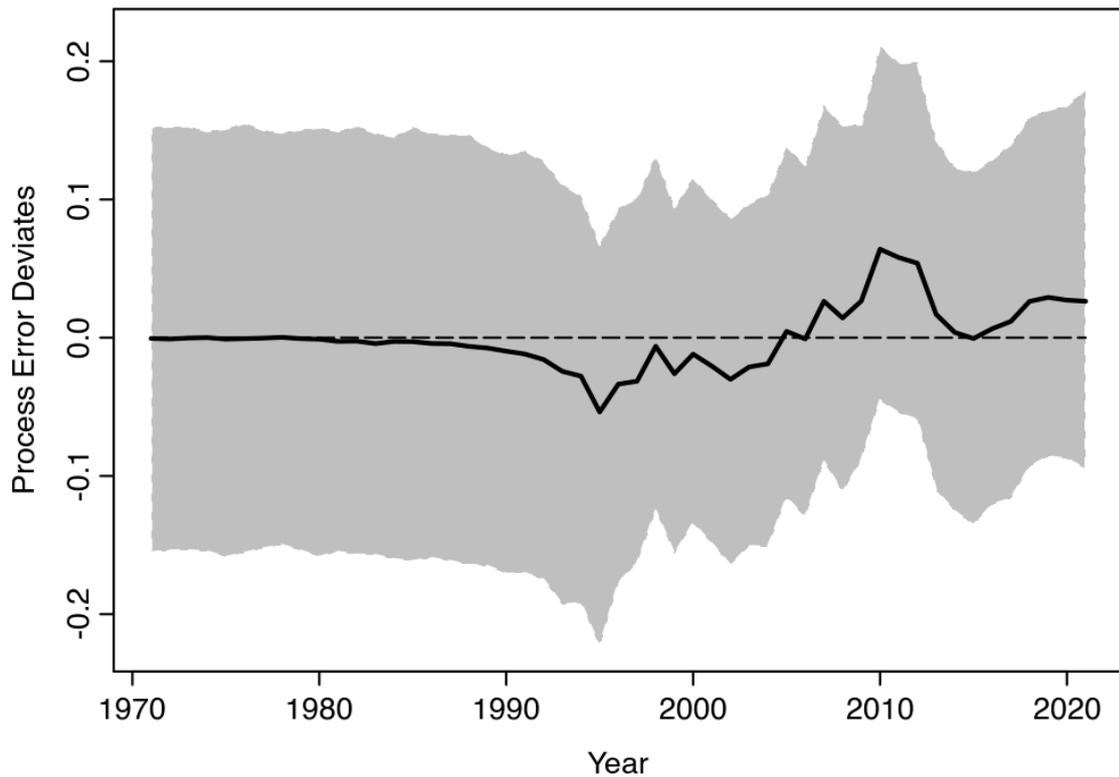


Figure 39. Process error deviates (median: solid line) for the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The shaded grey area indicates 95% credibility intervals.

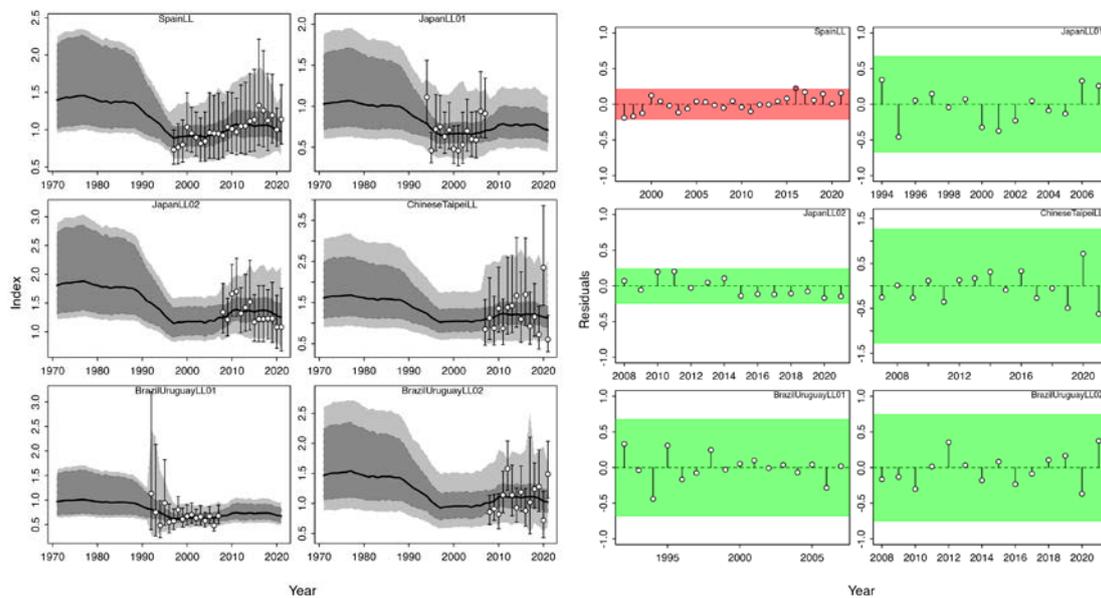


Figure 40. Left panels: Time series of observed (circle, input data) and predicted (solid line) CPUE of the South Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% credibility intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior predictive distribution intervals. Right panels: Runs tests to evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet for the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels indicate possible autocorrelation. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value ($3 \times \text{sigma}$ rule).

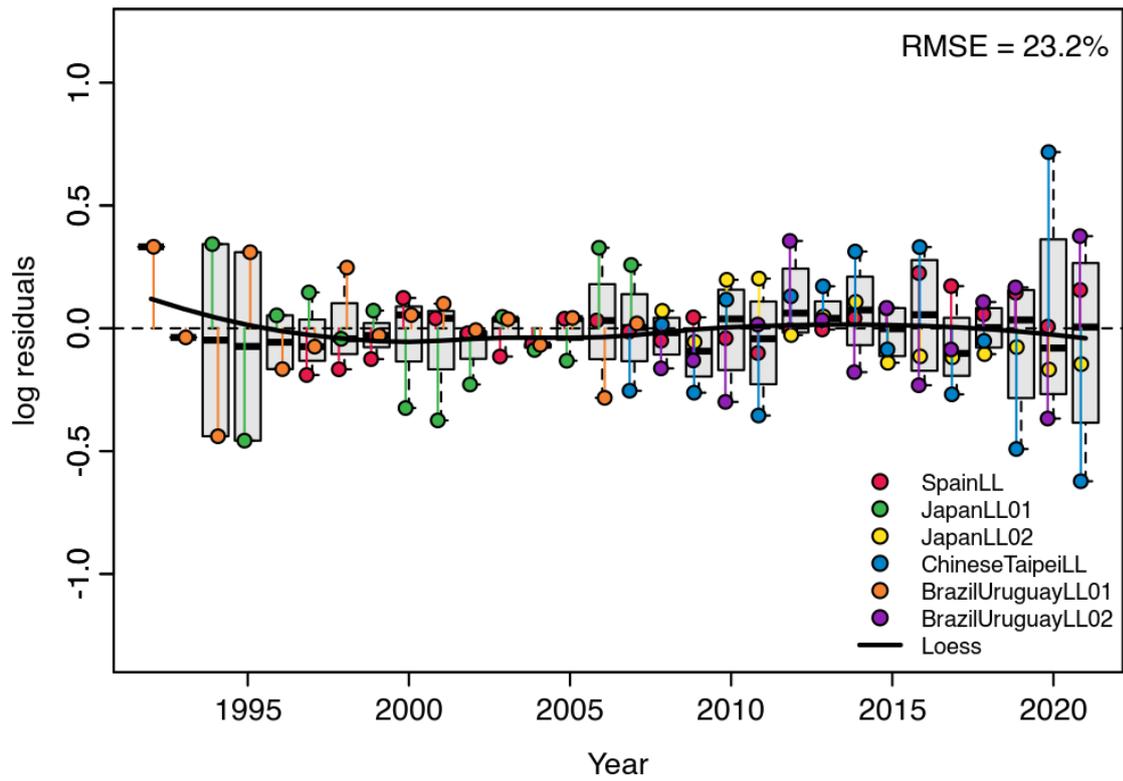


Figure 41. Residual diagnostic plots of CPUE indices for the South Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

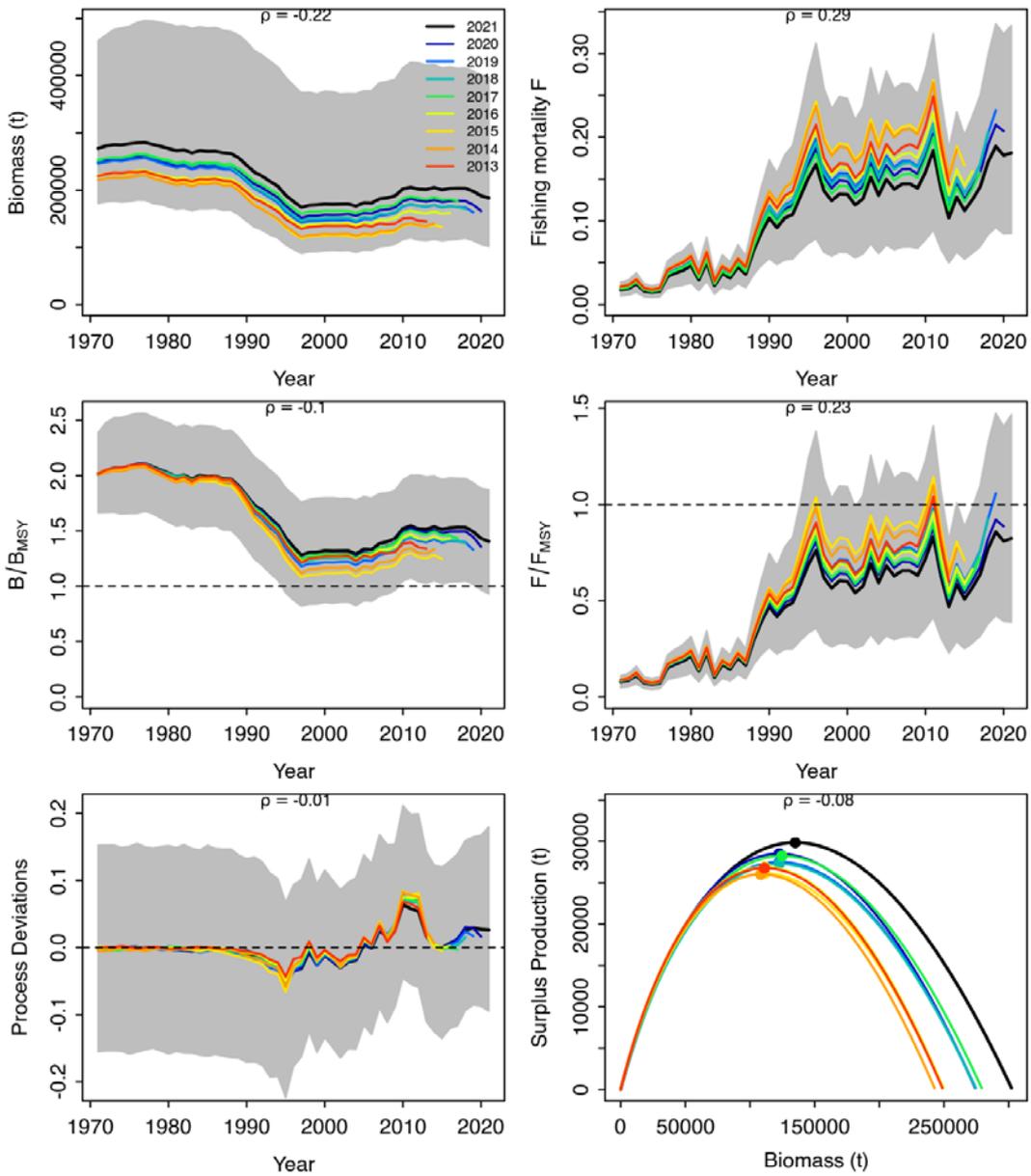


Figure 42. Retrospective analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially ($n=5$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

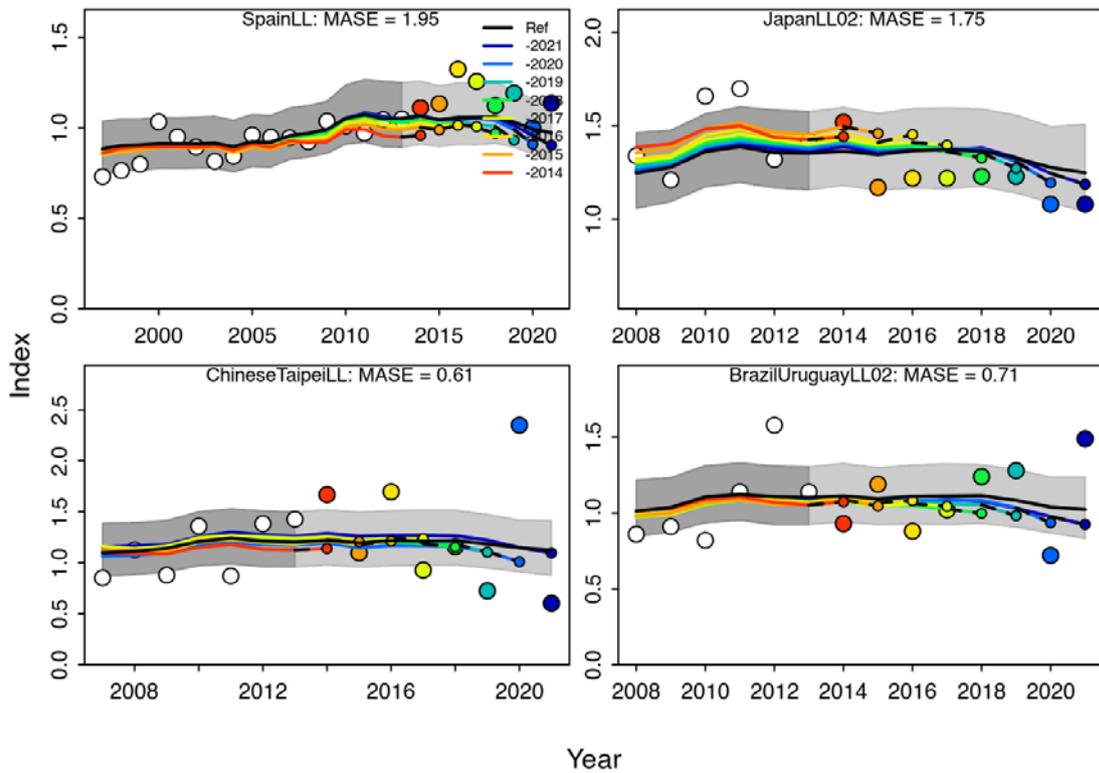


Figure 43. Hindcasting cross-validation results for the South Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted as color-coded solid circles with associated light-grey shaded 95% confidence interval. The model reference year refers to the end points of each one-year-ahead forecast and the corresponding observation (i.e. year of peel + 1).

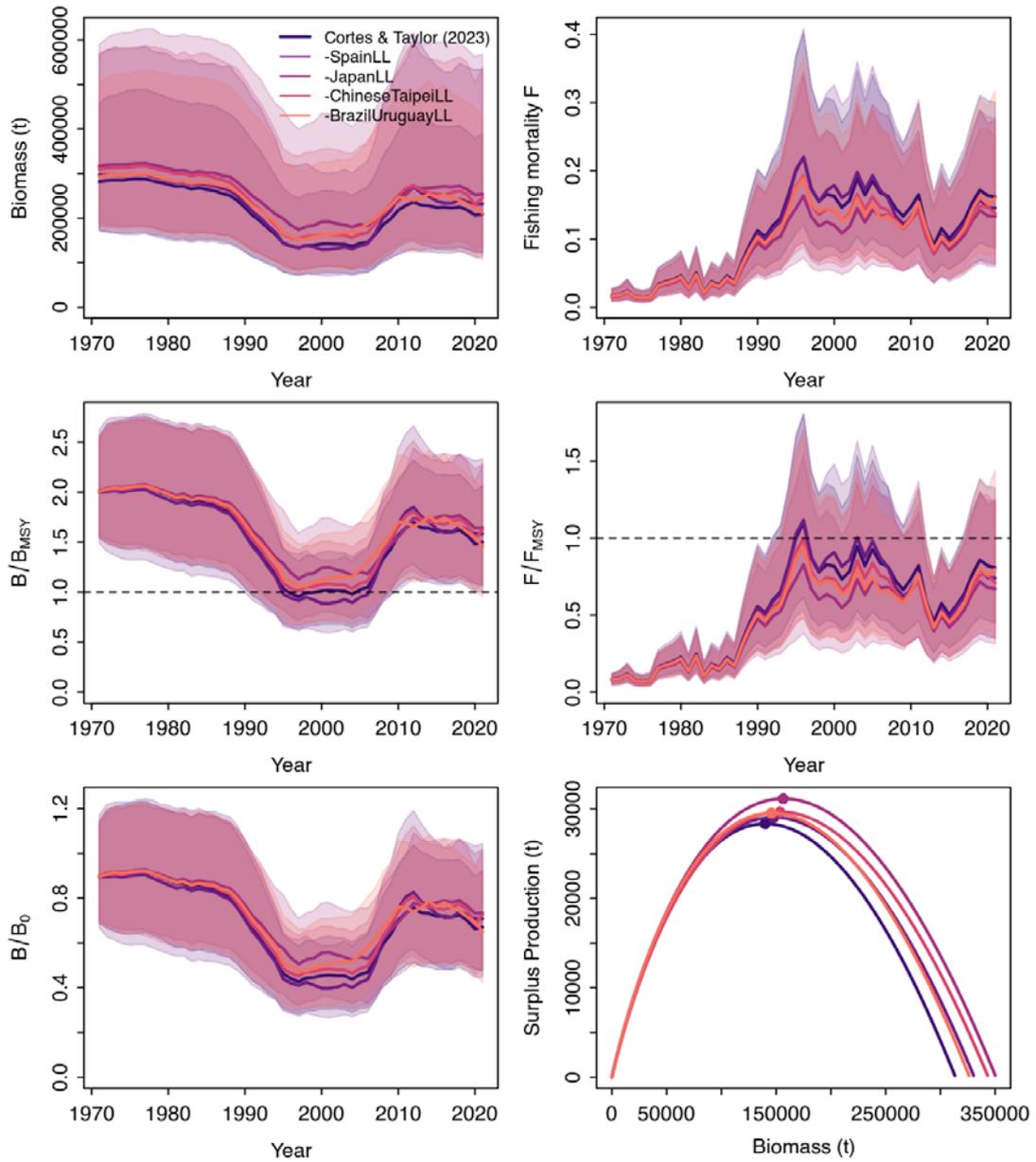


Figure 44. Jackknife index analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one CPUE fleet at a time and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/B_0) and surplus production curve (bottom panels).

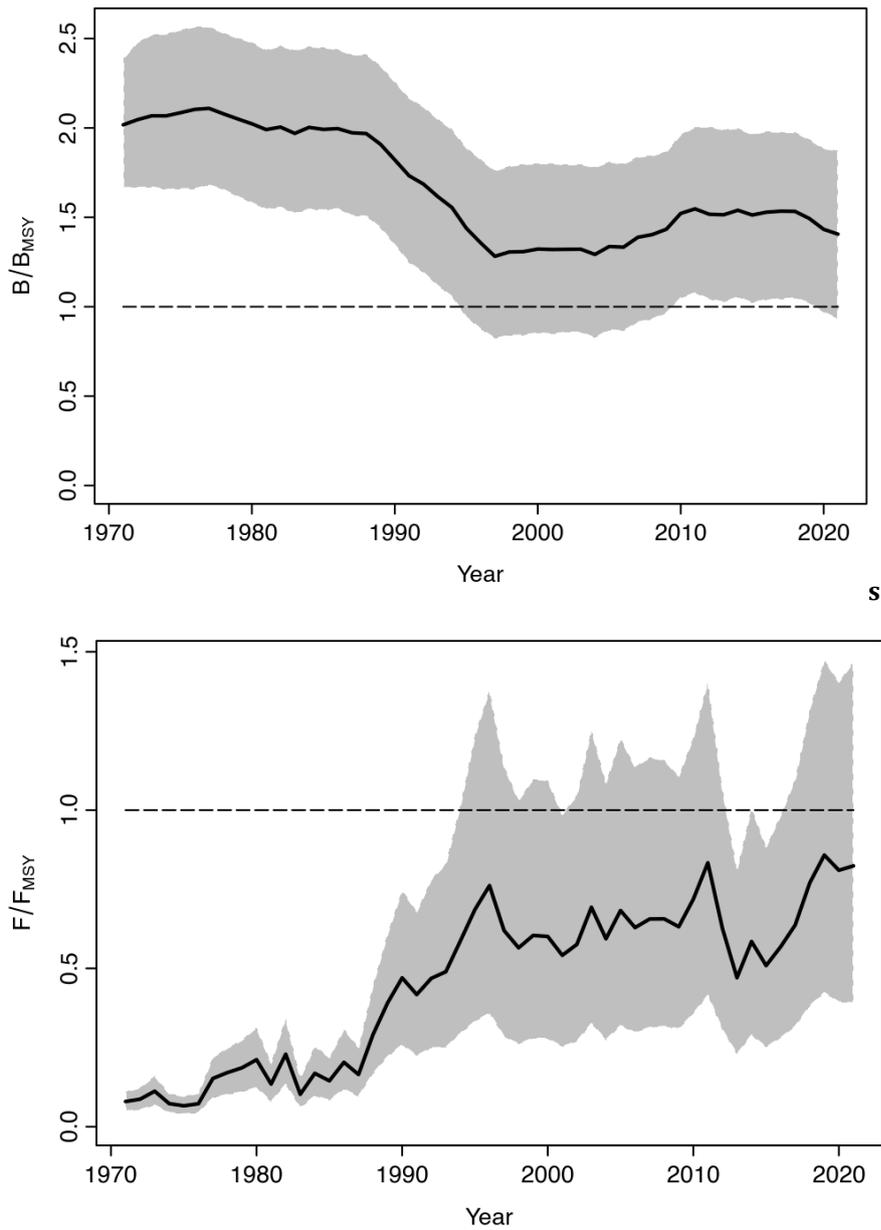


Figure 45. Annual trends of B/B_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (bottom) as estimated by the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% credibility interval.

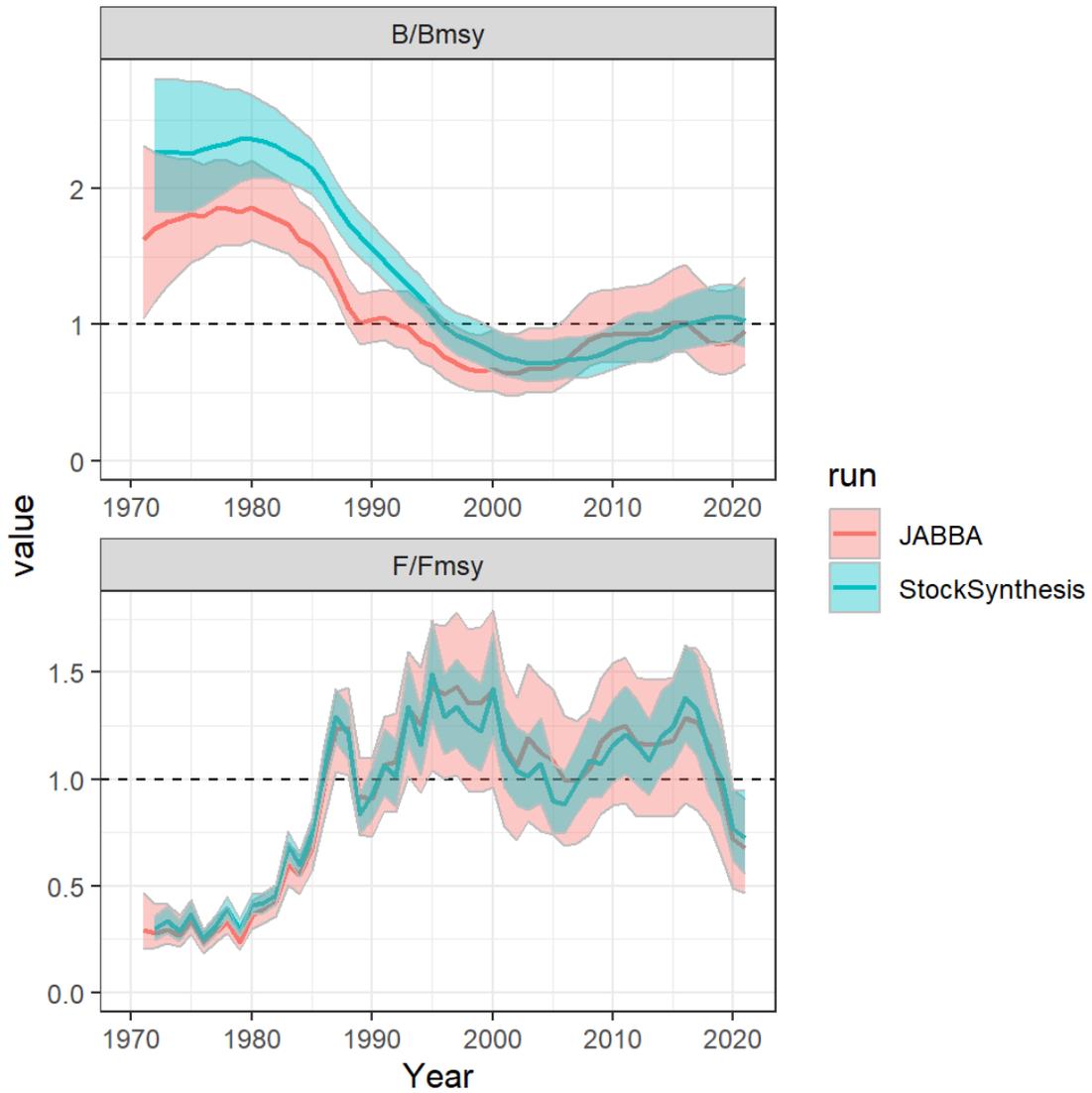


Figure 46. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 100,000 iterations, Stock Synthesis: 100,000 iterations using MVLN).

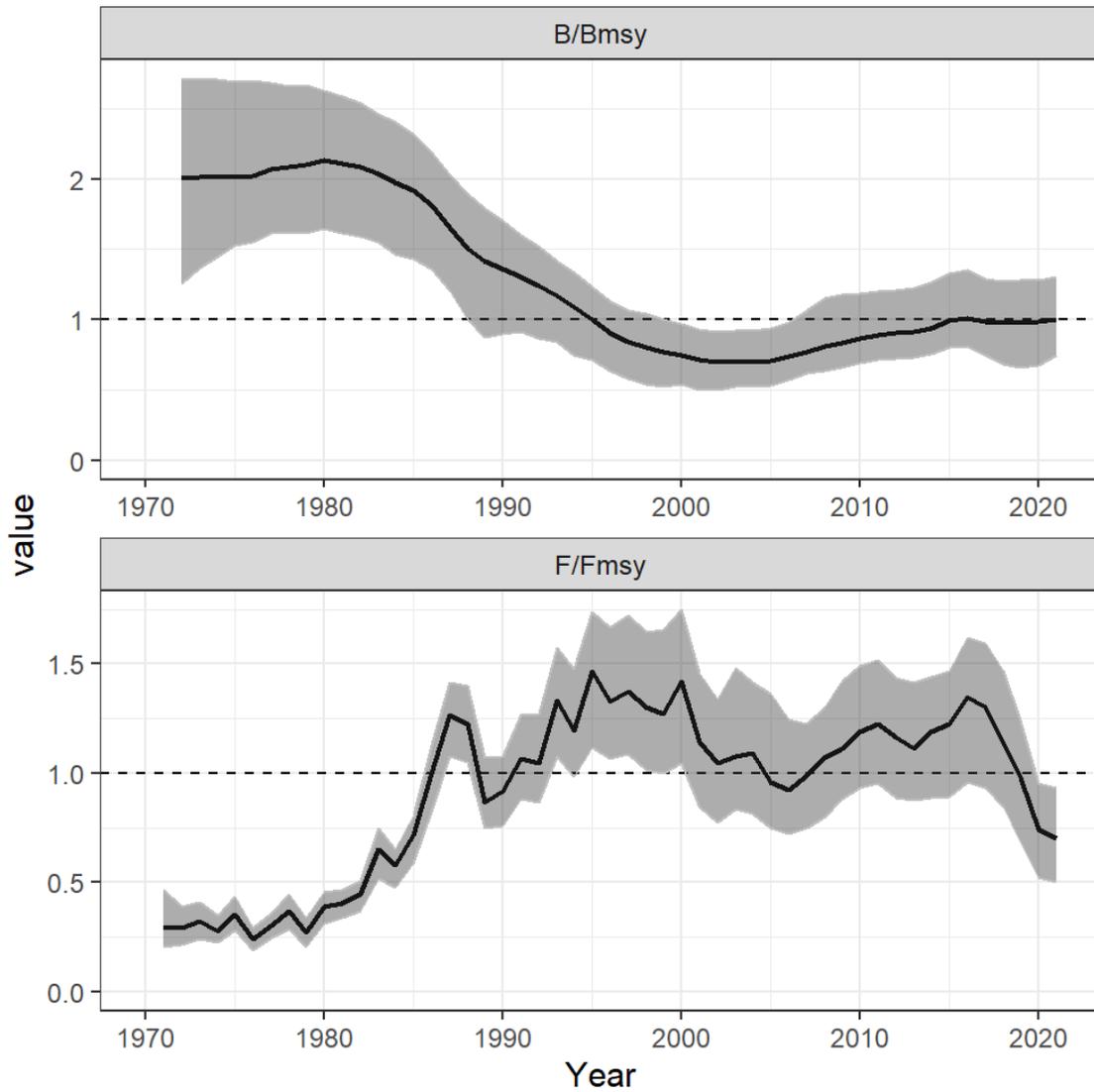


Figure 47. Joint time series of relative B and relative F and the Kobe phase plot were built with 100,000 iterations based on the Monte-Carlo multivariate lognormal (MVLN) approach for the Stock Synthesis reference case and 100,000 MCMC samples from the JABBA reference case.

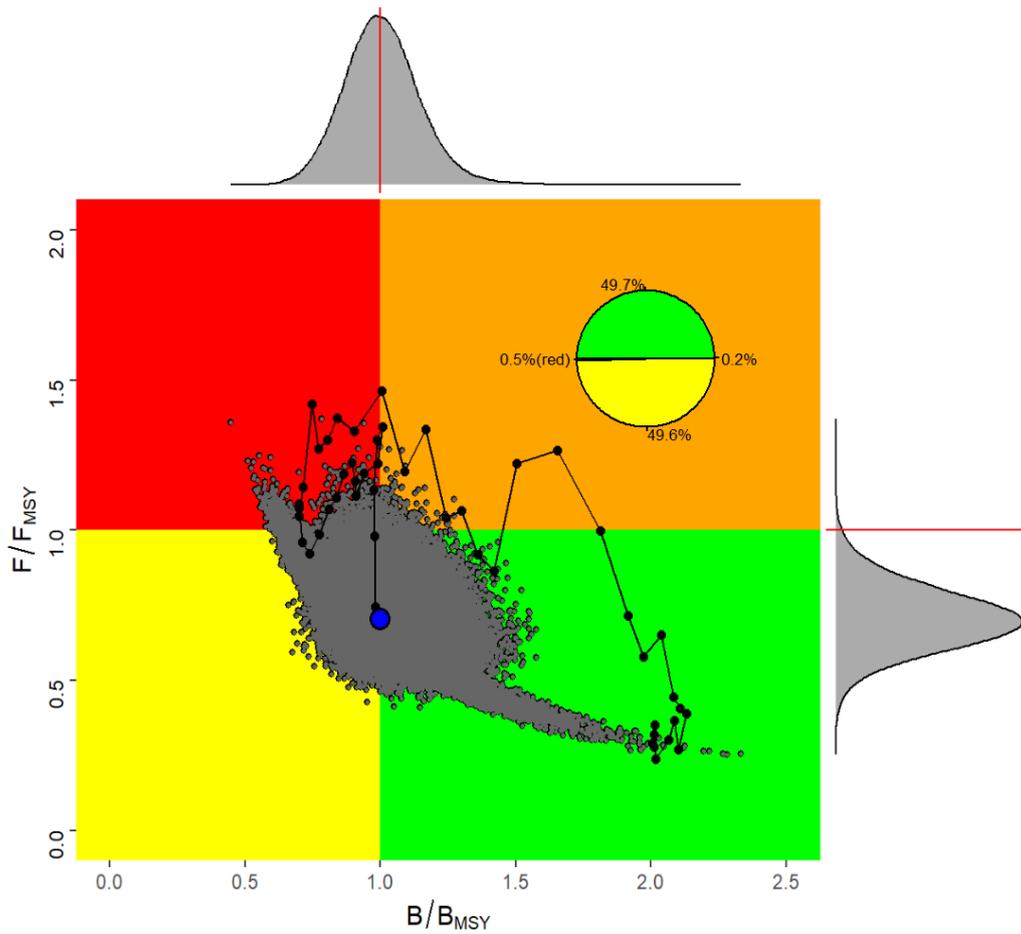


Figure 48. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the North Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with the marginal distributions plotted in the lateral axis.

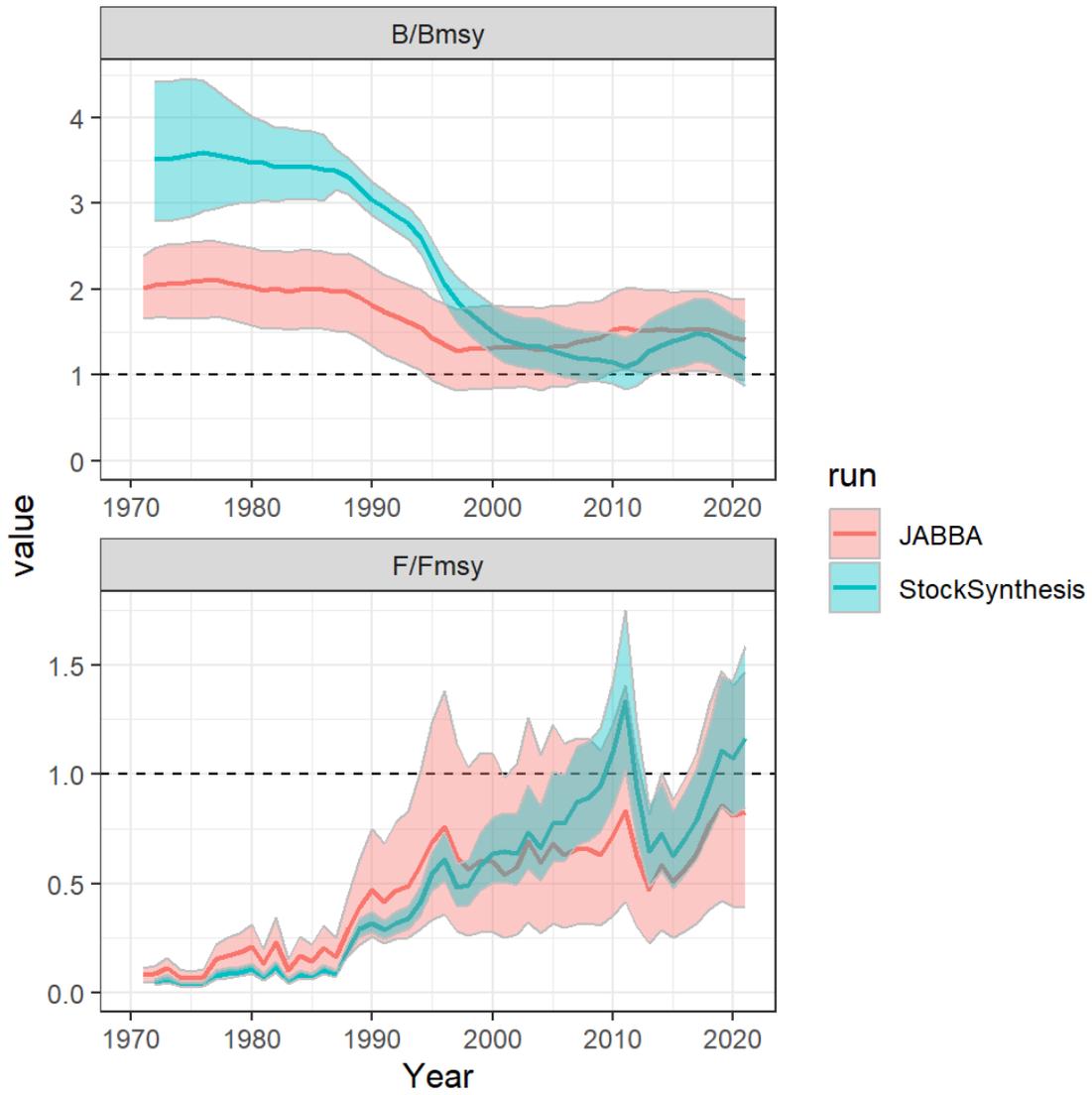


Figure 49. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 15,000 iterations, Stock Synthesis: 15,000 iterations using MVLN).

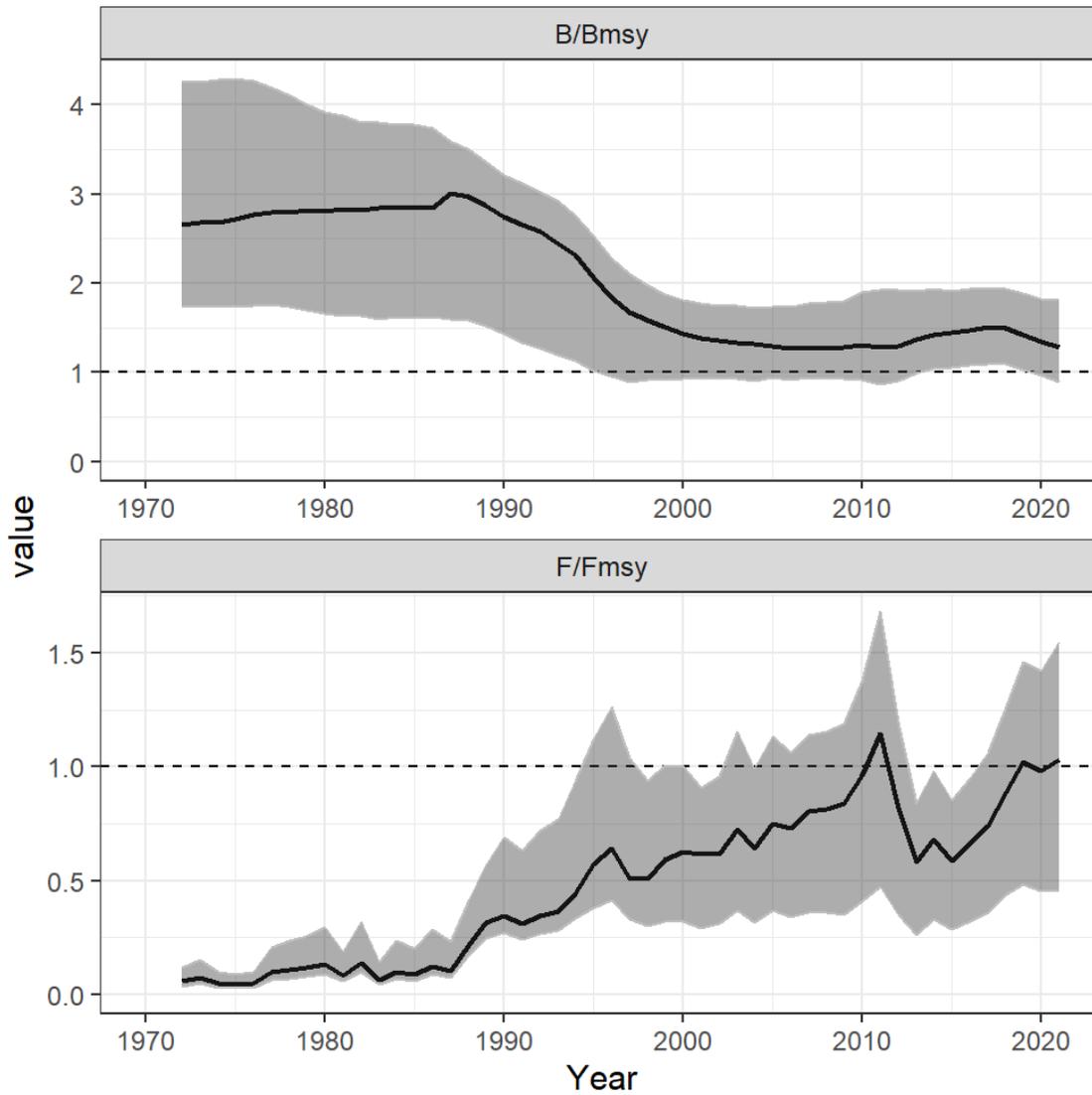


Figure 50. The combined results between JABBA and Stock Synthesis for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% confidence interval using 30,000 iterations from JABBA (15,000 iterations) and Stock Synthesis (15,000 iterations using MVLN).

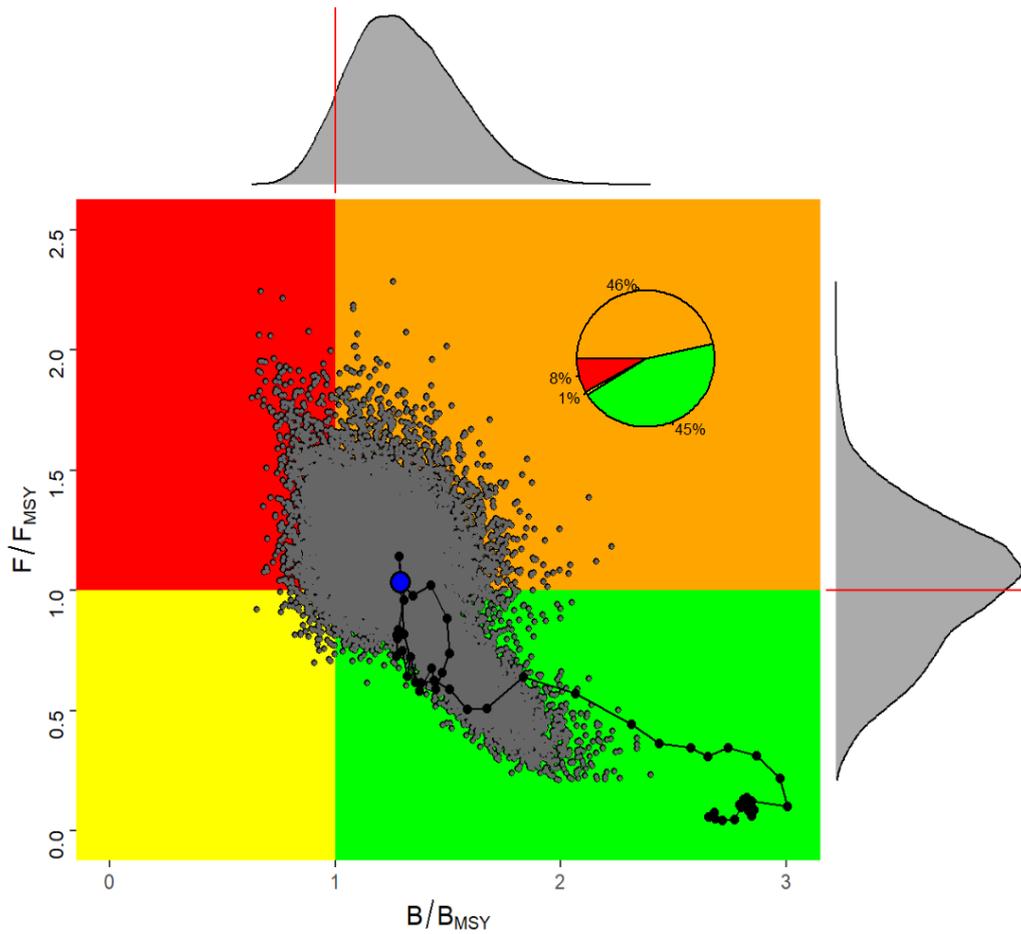


Figure 51. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the South Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with the marginal distributions plotted in the lateral axis.

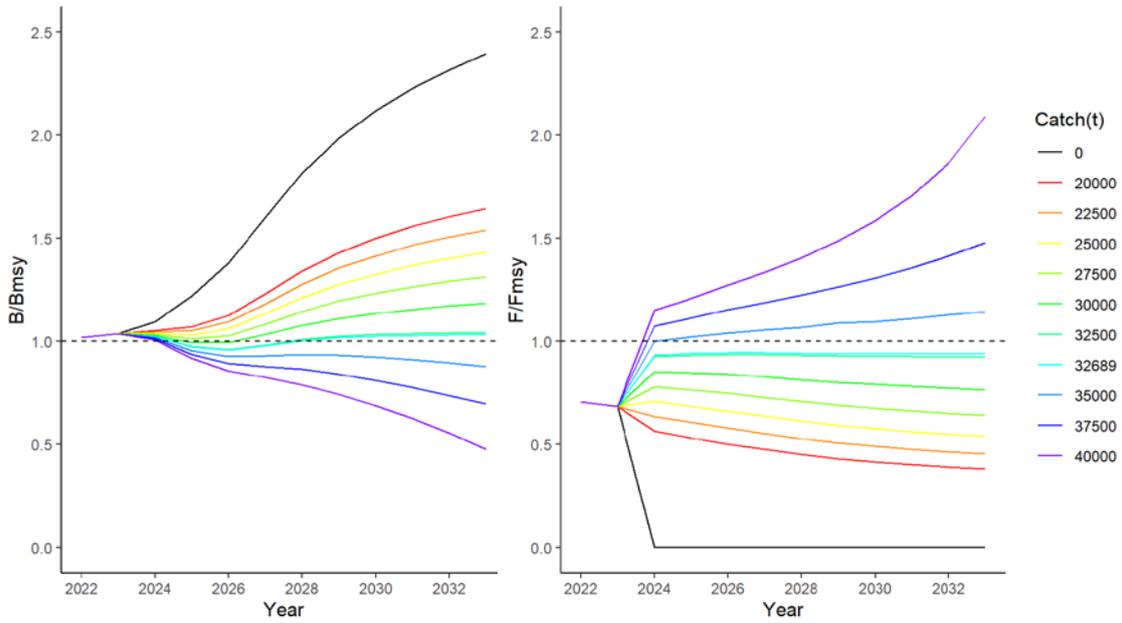


Figure 52. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for North Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 20,000 – 40,000 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 2022-2023 was set to 23,418 t, which is the average catch of the recent 3 years (2019-2021). The projections are run until 2033 (10 years).

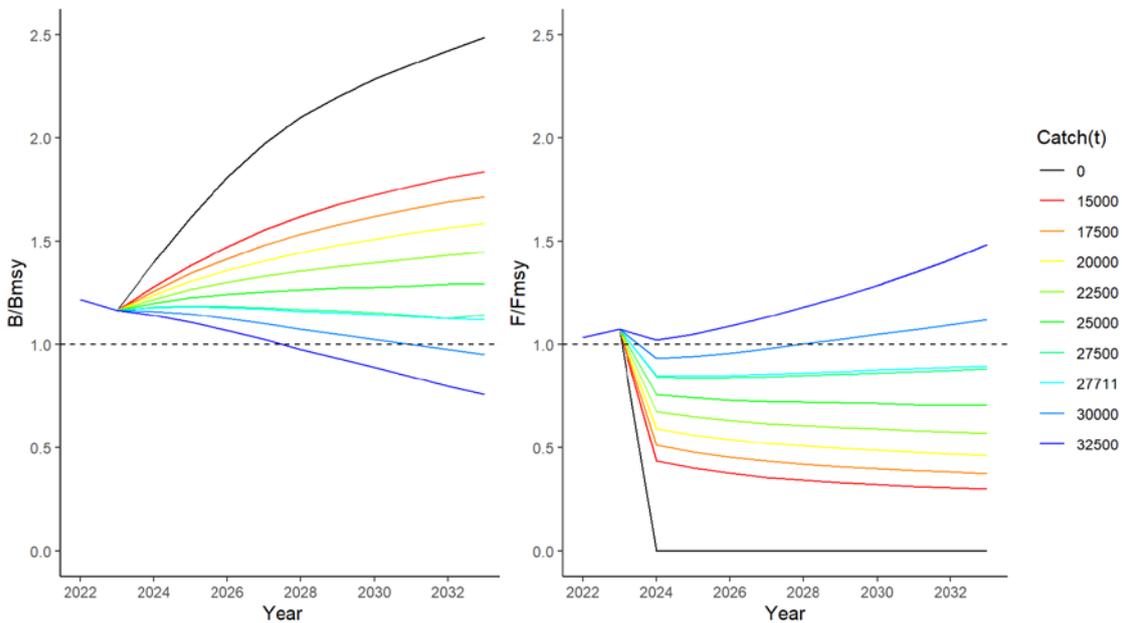


Figure 53. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for South Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 15,000 – 32,500 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 2022-2023 was set to 34,983 t, which is the average catch of the recent 3 years (2019-2021). The projections are run until 2033 (10 years).

Agenda

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment
 - 2.1 Stock identity
 - 2.2 Catches
 - 2.3 Indices of abundance
 - 2.4 Biology
 - 2.5 Length compositions
 - 2.6 Other relevant data
3. Methods and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Production models
 - 3.2 Length-based age-structured models: Stock Synthesis
 - 3.3 Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA)
 - 3.4 Other methods
4. Stock status results
 - 4.1 Production models
 - 4.2 Stock Synthesis
 - 4.3 JABBA
 - 4.4 Other methods
 - 4.5 Synthesis of assessment results
5. Projections
6. Recommendations
 - 6.1 Research and statistics
 - 6.2 Management
7. Responses to the Commission
8. Shark Research and Data Collection Programme (SRDCP)
9. Other matters
10. Adoption of the report and closure

List of participants^{*1}

CONTRACTING PARTIES

ALGERIA

Ouchelli, Amar *

Sous-directeur de la Grande Pêche et de la Pêche Spécialisée, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques,
Route des quatre canons, 16000 Alger

Tel: +213 550 386 938, Fax: +213 234 95597, E-Mail: amarouchelli.dz@gmail.com; amar.ouchelli@mpeche.gov.dz

Ali, Bouazza

Hai ibn sina n 148 bousfer village, 31014 Oran

Tel: +213 777 046 846, E-Mail: Bouazza.ali9@gmail.com

Tamourt, Amira ¹

Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, 16100 Alger

BELIZE

Coc, Charles

Keystone Building, Suite 501, 304 Newtown Barracks, Belize City

Tel: +501 223 4918, E-Mail: charles.coc@bhsfu.gov.bz

Howe, Ernie

High Seas Fisheries Officer, Belize High Seas Fisheries Unit, Ministry of Finance, Government of Belize, Keystone Building, Suite 501, 304 Newtown Barracks, Belize City

Tel: +501 223 4918, Fax: +501 223 5087, E-Mail: ernie.howe@bhsfu.gov.bz

BRAZIL

Cardoso, Luis Gustavo

Federal University of Rio Grande - FURG, Italy Av. Carreiros Campus, 96203-900 Rio Grande - RS

Tel: +55 53 999010168, E-Mail: cardosolg15@gmail.com

Kikuchi, Eidi

Federal University of Rio Grande - Institute of Oceanography, 96201-900 Rio Grande

Tel: +55 53 991 641 561, E-Mail: eidikikuchi@hotmail.com

Sant'Ana, Rodrigo

Researcher, Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados - LEMA Escola Politécnica - EP, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Rua Uruquai, 458 - Bloco E2, Sala 108 - Centro, Itajaí, CEP 88302-901 Santa Catarina Itajaí

Tel: +55 (47) 99627 1868, E-Mail: rsantana@univali.br

CANADA

Bowlby, Heather

Research Scientist, Ecosystems and Oceans Science, 1 Challenger Drive, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2

Tel: +1 902 456 2402, E-Mail: heather.bowlby@dfo-mpo.gc.ca

CHINA, (P.R.)

Feng, Ji

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai

Tel: +86 159 215 36810, E-Mail: fengji_shou@163.com; fji13_shou@yeah.net; 276828719@qq.com; f52e@qq.com

Geng, Ziyi

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai

E-Mail: 2227519912@qq.com

* Head Delegate.

¹ Some delegate contact details have not been included following their request for data protection.

CÔTE D'IVOIRE

Konan, Kouadio Justin

Chercheur Hidrobiologiste, Centre de Recherches Océanologiques (CRO), 29 Rue des Pêcheurs, BP V 18, Abidjan 01
Tel: +225 07 625 271, Fax: +225 21 351155, E-Mail: konankouadjustin@yahoo.fr

EGYPT

Ahmed Mahmoud, Reem

25 Elkoraany St, Suez, 8134805
Tel: +20 106 815 4856, E-Mail: reem_95_ahmed@yahoo.com

Elsawy, Walid Mohamed

Associate Professor, National Institute of Oceanography and Fisheries, 210, area B - City, 5th District Road 90, 11311 New Cairo
Tel: +201 004 401 399, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: walid.soton@gmail.com

Sayed Farrag, Mahmoud Mahrous

Associate Professor of Marine Biology, Zoology Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assiut, 71511
Tel: +20 100 725 3531, Fax: +20 882 148 093, E-Mail: m_mahrousfarrag@yahoo.com

EUROPEAN UNION

Amoedo Lueiro, Xoan Inacio

Biólogo, FIP Blues Technical team, Pza. de Pontearreas, 11, 3ºD, 36800 Pontevedra, Spain
Tel: +34 678 235 736, E-Mail: tecnico@fipblues.com

Báez Barrionuevo, José Carlos

Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero de Fuengirola s/n, 29640, Spain
Tel: +34 669 498 227, E-Mail: josecarlos.baez@ieo.csic.es

Barciela Segura, Carlos

ORPAGU, C/ Manuel Álvarez, 16. Bajo, 36780 Pontevedra, Spain
Tel: +34 627 308 726, E-Mail: cbarciela@orpagu.com; septimocielo777@hotmail.com

Coelho, Rui

Researcher, Portuguese Institute for the Ocean and Atmosphere, I.P. (IPMA), Avenida 5 de Outubro, s/n, 8700-305 Olhão, Portugal
Tel: +351 289 700 508, E-Mail: rpcoelho@ipma.pt

Erauskin-Extramiana, Maite

AZTI, Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, Spain
Tel: +34 634 210 341, E-Mail: merauskin@azti.es

Fernández Costa, Jose Ramón

Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación - CSIC, Centro Costero de A Coruña, Paseo Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, 10 - P.O. Box 130, 15001 A Coruña, Spain
Tel: +34 981 218 151, Fax: +34 981 229 077, E-Mail: jose.costa@ieo.csic.es

Fernández Llana, Carmen

Instituto Español de Oceanografía (IEO), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, C/ Corazón de María, 8, 28002 Madrid, Spain
Tel: +34 91 342 11 32, E-Mail: carmen.fernandez@ieo.csic.es

Garibaldi, Fulvio

University of Genoa - Dept of Earth, Environment and Life Sciences, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italy
Tel: +39 335 666 0784; +39 010 353 8576, Fax: +39 010 357 888, E-Mail: fulvio.garibaldi@unige.it; largepel@unige.it; garibaldi.f@libero.it

Juan-Jordá, María José

Instituto Español de Oceanografía (IEO), C/ Corazón de María, 8, 28002 Madrid, Spain
Tel: +34 671 072 900, E-Mail: mjuan.jorda@ieo.csic.es; mjuanjorda@gmail.com

Poisson, François

IFREMER - Centre de Recherche Halieutique, UMR MARBEC (Marine Biodiversity Exploitation and Conservation), Avenue Jean Monnet, CS 30171, 34203 Sète, France
Tel: +33 499 57 32 45; +33 679 05 73 83, E-Mail: francois.poisson@ifremer.fr; fpoisson@ifremer.fr

Pozo-Montoro, María

Universidad de Murcia, Dpto. Ecología e Hidrología, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, Spain
Tel: +34 628 072 230, E-Mail: mpozo-montoro@outlook.com

Ramos Cartelle, Ana

Ministerio de Economía y Competitividad, Instituto Español de Oceanografía, C.O. De A Coruña, Paseo Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, 10 - P.O. Box 130, 15001 A Coruña, Spain
Tel: +34 981 205 362; +34 981 218151, Fax: +34 981 229077, E-Mail: ana.cartelle@ieo.csic.es

Rueda Ramírez, Lucía

Instituto Español de Oceanografía IEO CSIC. C.O. de Málaga, Puerto pesquero s/n, 29640 Fuengirola Málaga, Spain
Tel: +34 952 197 124, E-Mail: lucia.rueda@ieo.csic.es

THE GAMBIA

Jallow, Abdoulie B

Fisheries Officer, R&D, Fisheries Department, 6 Marina Parade, Banjul
Tel: +220 395 8590, E-Mail: abdoulieballow@gmail.com; abdoulieballow@outlook.com

JAPAN

Kai, Mikihiko

Senior Researcher, Tuna Fisheries Resources Group, Tuna and Skipjack Resources Department, National Research Institute of Far Seas Fisheries - NRIFSF, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8633
Tel: +81 54 336 5835, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: kai_mikihiko61@fra.go.jp; kaim@affrc.go.jp; billfishkai@gmail.com

Miura, Nozomu

Assistant Director, International Division, Japan Tuna Fisheries Co-operative Association, 2-31-1 Eitai Koto-ku, Tokyo 135-0034
Tel: +81 3 5646 2382, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: miura@japantuna.or.jp; gyojyo@japantuna.or.jp

Semba (Murakami), Yasuko

2-12-4, Fukuura, Kanazawa ward, Yokohama, Kanagawa 2368648
Tel: +81 45 788 7952, Fax: +81 45 788 5001, E-Mail: semba_yasuko25@fra.go.jp

Uozumi, Yuji ¹

Advisor, Japan Tuna Fisheries Co-operation Association, Japan Fisheries Research and Education Agency, Tokyo Koutou ku Eitai 135-0034

MOROCCO

Abid, Nouredine

Chercheur et ingénieur halieute au Centre Régional de recherche halieutique de Tanger, Responsable du programme de suivi et d'étude des ressources des grands pélagiques, Centre régional de l'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed, Tanger
Tel: +212 53932 5134; +212 663 708 819, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: nabid@inrh.ma

Baibbat, Sid Ahmed

Chef de Laboratoire des Pêches, Centre régional de l'INRH à Dakhla, Institut National de Recherches Halieutiques (INRH), 2, BD Sidi Abderrahmane, ain diab., 20100 Dakhla
Tel: +212 661 642 573, E-Mail: baibbat@inrh.ma; baibat@hotmail.com

PANAMA

Duarte, Robert

Biólogo, Autoridad de Recursos Acuáticos, Calle 45, Bella Vista, Edificio Riviera, 0819-02398
Tel: +507 511 6036; +507 696 56926, E-Mail: rduarte@arap.gob.pa

UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

Phillips, Sophy

Fisheries Scientist, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Pakefield Road, Lowestoft Suffolk NR33 0HT
Tel: +44 1502 527754, E-Mail: sophy.phillips@cefas.co.uk

Walker, Nicola

Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Lowestoft Suffolk NR33 0HT
Tel: +44 1502 524450, E-Mail: nicola.walker@cefas.co.uk

UNITED STATES

Babcock, Elizabeth

Professor, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Department of Marine Biology and Ecology, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami Florida 33149
Tel: +1 305 421 4852, Fax: +1 305 421 4600, E-Mail: ebabcock@miami.edu

Carlson, John

NOAA Fisheries Service-Sustainable Fisheries Division, 3500 Delwood Beach Road, Florida Panama City 32408
Tel: +1 850 624 9031, Fax: +1 850 624 3559, E-Mail: john.carlson@noaa.gov

Courtney, Dean

Research Fishery Biologist, NOAA/NMFS/SEFSC Panama City Laboratory, 3500 Delwood Beach Road, Panama City Beach Florida 32408
Tel: +1 850 234 6541, E-Mail: dean.courtney@noaa.gov

Díaz, Guillermo

NOAA-Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4227; +1 305 898 4035, E-Mail: guillermo.diaz@noaa.gov

Rice, Joel

JSR Marine Consulting, 1690 Hillcrest Ave, Saint Paul, MN 55116
Tel: +1 651 442 6500, E-Mail: ricemarineanalytics@gmail.com

Zhang, Xincheng

NOAA/NMFS/SEFSC, 3500 Delwood Beach Rd., Florida 32408
Tel: +1 850 234 6541 ext. 264, Fax: +1 850 235 3559, E-Mail: Xincheng.Zhang@noaa.gov; Xincheng.Zhang0115@gmail.com

URUGUAY

Domingo, Andrés *

Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, 11200 Montevideo
Tel: +5982 400 46 89, Fax: +5982 401 32 16, E-Mail: dimanchester@gmail.com

Forselledo, Rodrigo

Investigador, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, CP 11200 Montevideo
Tel: +598 2400 46 89, Fax: +598 2401 3216, E-Mail: rforselledo@gmail.com

Jiménez Cardozo, Sebastián

Vice-Convenor of ACAP's Seabird Bycatch Working Group, Constituyente 1497, 11200 Montevideo
Tel: +598 240 04689, E-Mail: jimenezpsebastian@gmail.com; sjimenez@mgap.gub.uy

Mas, Federico

DINARA - Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Laboratorio de Recursos Pelágicos (LaRPe), CICMAR - Centro de Investigación y Conservación Marina, Constituyente 1497, CP 11200 Montevideo
Tel: +59 898 902 293, E-Mail: f.masbervejillo@gmail.com; federico.mas@cicmar.org

VENEZUELA

Novas, María Inés

Directora General de la Oficina de Integración y Asuntos Internacionales, Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura - MINPESCA
Tel: +58 412 456 3403, E-Mail: oai.minpesca@gmail.com; asesoriasminv@gmail.com

OBSERVERS FROM COOPERATING NON-CONTRACTING PARTIES, ENTITIES, FISHING ENTITIES

CHINESE TAIPEI

Liu, Kwang-Ming

Professor, Institute of Marine Affairs and Resource Management, National Taiwan Ocean University, No.2, Peining Rd., Jhongjheng District, Keelung City 20224, 202301

Tel: +886 2 2462 2192, Fax: +886 2 2462 0291, E-Mail: kmliu@mail.ntou.edu.tw

COSTA RICA

Álvarez Sánchez, Liliana

Funcionaria de la Oficina Regional del Caribe – Limón, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, 4444

Tel: +506 863 09387, Fax: +506 263 00600, E-Mail: lalvarez@incopesca.go.cr

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

EUROPÊCHE

Kell, Laurence

Visiting Professor in Fisheries Management, Centre for Environmental Policy, Imperial College London, Henstead, Suffolk SW7 1NE, United Kingdom

Tel: +44 751 707 1190, E-Mail: laurie@seaplusplus.co.uk; l.kell@imperial.ac.uk; laurie@kell.es

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN

Fowler, Sarah

IUCN, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland

Tel: +41 229 990 000, E-Mail: fowler.sarah.123@gmail.com

PRO WILDLIFE

Altherr, Sandra

PRO WILDLIFE, Engelhardstrasse 10, 81369 Munich, Germany

Tel: +49 89 9042 99010, Fax: +49 89 9042 99099, E-Mail: sandra.altherr@prowildlife.de

SHARKPROJECT INTERNATIONAL

Ziegler, Iris

SHARKPROJECT International, Rebhaldenstrasse 2, 8910 8910 Affoltern am Albis, Switzerland

Tel: +49 174 3795 190, E-Mail: i.ziegler@sharkproject.org; int.cooperation@sharkproject.org; dririsziegler@web.de

THE OCEAN FOUNDATION

Fordham, Sonja V

Shark Advocates International, President, c/o The Ocean Foundation, suite 250, 1320 19th Street, NW Fifth Floor, Washington, DC 20036, United States

Tel: +1 202 436 1468, E-Mail: sonja@sharkadvocates.org

THE SHARK TRUST

Hood, Ali

The Shark Trust, 4 Creykes Court, The Millfields, Plymouth PL1 3JB, United Kingdom

Tel: +44 7855 386083, Fax: +44 1752 672008, E-Mail: ali@sharktrust.org

WORLDWIDE FUND FOR NATURE - WWF

Buzzi, Alessandro

WWF Mediterranean, Via Po, 25/c, 00198 Roma, Italy

Tel: +39 346 235 7481, Fax: +39 068 413 866, E-Mail: abuzzi@wwfmedpo.org

Henriques, Ana

AUDAX - Centro de Empreendedorismo do ISCTE-IUL, Rua Adriano Correia de Oliveira, 4A - Lab H3, 1600-312 Lisboa, Portugal

Tel: +353 196 798 3974, E-Mail: ahenriques@natureza-portugal.org

Niedermueller, Simone

WWF Mediterranean, Via Po, 25 C, 00198 Rome, Italy

Tel: +43 676 834 88259, E-Mail: simone.niedermueller@wwf.at

OTHER PARTICIPANTS

SCRS CHAIRMAN

Brown, Craig A.

SCRS Chairman, Sustainable Fisheries Division, Southeast Fisheries Science Center, NOAA, National Marine Fisheries Service, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149, United States

Tel: +1 305 586 6589, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

EXTERNAL EXPERT

Braccini, Matias

Senior Research Scientist, Shark and Ray Sustainability, Department of Primary Industries and Regional Development, 39 Northside Dr Hillarys WA 6025, Australia

Tel: +61 0892 030 211, E-Mail: Matias.Braccini@dpird.wa.gov.au

ICCAT Secretariat

C/ Corazón de María 8 – 6th floor, 28002 Madrid – Spain

Tel: +34 91 416 56 00; Fax: +34 91 415 26 12; E-mail: info@iccat.int

Manel, Camille Jean Pierre

Neves dos Santos, Miguel

Ortiz, Mauricio

Taylor, Nathan

Kimoto, Ai

Mayor, Carlos

List of papers and presentations

<i>Doc Ref</i>	<i>Title</i>	<i>Authors</i>
SCRS/2023/115	Estimates of Vital Rates and Population Dynamics Parameters of Interest for Blue Sharks in the North and South Atlantic Ocean	Cortés E., Taylor N.G.
SCRS/2023/116	Multivariate Model Estimates of Life History Parameters and Productivity for North and South Atlantic Blue Shark Stocks	Taylor N.G., Cortés E.
SCRS/2023/120	South Atlantic Blue Shark Stock Assessment 1971-2021 Using Stock Synthesis	Gustavo-Cardoso L., Kikuchi E., Rice J., Courtney D., Sant'Ana R., Leite Mourato B., Fernandez C.
SCRS/2023/121	Update of Input Data (Catch and Size) for the Atlantic Blue Shark (<i>Prionace Glauca</i>) Stock Assessment Models 2023	Ortiz M., Kimoto A., Palma C., Mayor C.
SCRS/2023/122	Model Validation for Selection and Weighting of Scenarios	Kell L.T., Winker H.
SCRS/2023/123	Exploratory analysis of blue shark catches, <i>Prionace glauca</i> in the Spanish Mediterranean waters	Rueda L., Baez J.C., Garcia-Barcelona S., Moreno J., Macias D.
SCRS/2023/124	JABBA Runs for the North Atlantic Blue Shark	Fernandez C.
SCRS/2023/126	Bayesian Surplus Production Models for Blue Sharks using the Legacy BSP Software	Babcock E.A.
SCRS/2023/127	South Atlantic Blue Shark Stock: Just Another Bayesian Biomass Assessment	Sant'Ana R., Mourato B., Cardoso L.G., Kimoto A., Ortiz M.
SCRS/2023/128	Preliminary Stock Synthesis (SS3) Model Runs Conducted for North Atlantic Blue Shark (1971-2021)	Courtney D., Fernandez C., Rice J., Cardoso L.G., Kikuchi E.
SCRS/P/2023/098	Age Structured Production Model Diagnostic SS3 Reference Case	Rice J.

SCRS documents and presentation abstracts as provided by the authors

SCRS/2023/115 - Estimates of vital rates and population dynamics parameters of the North and South Atlantic stocks of blue shark (*Prionace glauca*) for potential use as inputs into production and integrated stock assessment models were computed based on the latest biological information available gathered at the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting. Population dynamics parameters included maximum population growth rate (r_{max}), generation time (T), steepness of the Beverton-Holt stock-recruitment relationship (h), spawning potential ratio at maximum excess recruitment (SPR_{MER}), position of the inflection point of population growth curves (R) and the corresponding shape parameter (m), and natural mortality (M). Six methods were used to compute deterministic estimates of r_{max} : four age-aggregated methods and two analogous age-structured methods. Additionally, a Leslie matrix approach was used to incorporate uncertainty in growth parameters, the maturity ogive, fecundity, natural mortality, and lifespan by assigning statistical distributions to those biological traits. For the North Atlantic stock, productivity (r_{max}) estimated with the Euler-Lotka/Leslie matrix deterministic method using a length-based mortality estimator was 0.283 yr⁻¹ and increased to 0.386 yr⁻¹ when using the mean of six life-history invariant mortality estimators; productivity estimated with the stochastic Leslie matrix was very similar to that estimated with the deterministic method using the mean of the six M estimators ($r_{max}=0.385$; 95% CI: 0.224-0.596). This high productivity was also expressed in the values of steepness ($h=0.86$, 95% CI: 0.57-0.96). For the South Atlantic stock, productivity (r_{max}) estimated with the Euler-Lotka/Leslie matrix deterministic method using the length-based M estimator was substantially lower than for the North Atlantic ($r_{max}=0.142$ yr⁻¹), but increased to 0.291 yr⁻¹ when using the mean of six M estimators; productivity estimated with the stochastic Leslie matrix was very similar to that estimated with the deterministic method using the mean of the six M estimators ($r_{max}=0.299$; 95% CI: 0.165-0.389) with a corresponding steepness of $h=0.80$ (95% CI: 0.46-0.93). The high values of productivity estimated here are in line with previously reported values for these and other populations of this species. The estimates of r_{max} and of the position of the inflection point of the production curve (R) and the associated shape parameter (m) can be used to generate priors for production models; the estimates of generation time can help identify the time horizon for projections; and the estimates of steepness and M can also be used as fixed parameter values or priors in Stock Synthesis.

SCRS/2023/116 - We obtain estimates of life history parameters and steepness from the Fishlife database that contains the metanalytical information from Fishbase and from the Myers Legacy data. The first stage in the estimation process was to conduct the analysis using the existing records in the FishLife database. The second stage was to update the analysis with most recent life history parameters being applied in the 2023 ICCAT Blue Shark Assessment. Finally, we compare the results of the parameters derived using Fishlife with those used Leslie Matrix approaches. The set of life-history parameters and steepness can form the basis for priors in assessments and Operating Models for Management Strategy Evaluation.

SCRS/2023/120 - This document describes the provisional version of the stock assessment model using Stock Synthesis (SS) for the blue shark (*Prionace glauca*) in the South Atlantic, including the initial model setup, fleet definitions, selectivity, and parameterizations. The eight-fleet model runs from 1971 to 2021 and was fit to length composition data by sex for eight fleets and four indices of abundance. Life-history parameters were sex-specific, and the values were used based on the ICCAT Shark Working Group recommendations. Diagnostics for the proposed reference model demonstrated fast and stable convergence, good retrospectives, and a robust solution across different starting values. An eight-model uncertainty grid was proposed considering two sets of growth parameters, two resulting M -at-age vectors, and four steepness values. Furthermore, a comprehensive set of model diagnostics are presented for the reference model as well as estimates of SSB and recruitment across the entire uncertainty grid. The estimated SSB time series and depletion (B/B_0) indicate a decreasing stock from the late 1980s to the early 2000s, remaining relatively low during the 2000s to the early 2010s, then recovering until 2017 when presented a slight decrease until the end of the time series. Fishing mortality increased significantly from the late 1980s, reaching its all-time high in the early 2010s, decreasing fast until mid-2010s. Since then, it presented a steady increase reaching near-all-time high values in recent years.

SCRS/2023/121 - The Sharks Species Group (SHKSG) is scheduled to evaluate the North and South Atlantic blue shark stocks in 2023. During the Data Preparatory Meeting, the SHKSG requested the Secretariat to provide input data of catch and size until 2021 for Stock Synthesis and Surplus Production models based on the preliminary fleet structure used in 2016. This document summarizes the revision and update of the available detailed catch and size data per fleet up to 2021.

SCRS/2023/122 - The blue shark assessment, as do many stock assessments, has to consider alternative data sets, uncertain life history information, and auxiliary data sets such as length and tagging data. The shark working group has also been asked to provide, "... options for a harvest control rule (HCR) with associated limit, target and threshold reference points for the management of blue shark in the ICCAT Convention area". Furthermore, the Working Group on Stock Assessment Methods recommended that working groups should identify model uncertainties, biases and misspecifications, to be considered when specifying uncertainty grids to be considered. This worked example has therefore been conducted in response to the Recommendation that the Shark Working Group together with the Working Group on Stock Assessment Methods, should help develop guidelines for the selection, rejection, weighting and extension of stock assessment models when providing robust management advice.

SCRS/2023/123 - This study analyses information of blue shark catches from the longline fleet operating in the Spanish Mediterranean waters. Data from observers and logbooks have been used to provide an exploratory analysis of the main factors associated with such catches. Catch per Unit of Effort (CPUE) has been calculated as number of individuals caught per thousand hooks. Differences in catches and CPUEs have been observed for the different types of longline used, as well as spatio-temporal patterns. In addition, basic biological information on the BSH caught is provided. Further analysis can provide more accurate information on important aspects such as inter- and intra-annual variation in catches and identification of potential areas of higher concentration of catches of BSH.

SCRS/2023/124 - This document presents JABBA runs for Blue Shark in the North Atlantic. As agreed in the ICCAT Data Preparatory Meeting (April 2023), the assessment period is 1971-2021. JABBA runs were conducted with 5 different configurations of a Pella-Tomlinson biomass dynamic model; the 5 configurations correspond to different priors on the parameters r and m . Two different data weighting procedures were applied to the abundance indices (standardized CPUE series) used to fit the model, one of which includes statistical weighting using JABBA-estimated components of the weights. Runs were conducted including all CPUE series accepted by the Data Preparatory Meeting (scenario "All"). In addition, four other scenarios corresponding to the different clusters of CPUEs indicated by the Data Preparatory Meeting were also evaluated. In all, this resulted in $5 \times 2 \times 5 = 50$ JABBA runs. This document presents detailed results for the scenario "All", and also provides a comparison of results among all 50 runs. The scenario "All", as well as most of the other JABBA runs conducted in this document, estimate that the harvest rate has been below H_{MSY} for several years now and that the stock is currently around or above B_{MSY} .

SCRS/2023/126 - The 2015 blue sharks stock assessment included Bayesian surplus production models conducted with an old software called BSP that used the Sampling-Importance-Resampling algorithm rather than MCMC for numerical integration, along with some JAGS code that was similar to the JABBA R package that is currently used. The legacy BSP software and the old JAGS code were used with the new catch and CPUE data, but the same settings as were used for the 2015 assessment to verify that the choice of software does not influence the assessment results. The BSP software has some features that are not available in JABBA and have been used for blue sharks, such as the ability to estimate catches in the early years of the fishery from effort, and then use catches for the rest of the years. Conversely, BSP does not have JABBA's ability to model catches as uncertain, and JABBA provides many useful diagnostics. Because the differences in software are minor and JABBA is more convenient to and reproducible, JABBA should be the preferred Bayesian state-space production models for future assessments.

SCRS/2023/127 - Bayesian State-Space Surplus Production Models were fitted to South Atlantic blue shark tuna catch and CPUE data using the 'JABBA' R package. The third six distinct scenarios were based on a life history parameters, steepness and model weighting. All scenarios were based in a Pella-Tomlinson production function from an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM). All scenarios showed similar trend for the trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} over time. In general, B/B_{MSY} had shown a decrease pattern at the first half of the time series followed by a slight increase after 1998. The F/F_{MSY} shown a general pattern with a sharp increase trend during 1990's, followed by stable trend. Kobe stock status plots had shown median quantities estimated for the last data year in the green quadrant. However, the scenarios based on a more conservative values of steepness (0.5) had shown more pessimistic than others.

SCRS/2023/128 - Stock Synthesis model runs were conducted for the North Atlantic blue shark based on the available catch, CPUE, length composition, and life history data compiled by the Shark Working Group. A sex-specific model was implemented in order to allow for observed differences in growth between sexes. Beverton-Holt stock-recruitment was assumed. The steepness of the stock recruitment relationship and natural mortality at age were fixed at independently estimated values. A two-stage data weighting approach was implemented. Model sensitivity was evaluated to CPUE groupings, to the steepness of the stock recruitment relationship, and to natural mortality at age compiled by the Shark Working Group. A wide range of model results were obtained from these preliminary structural uncertainty analyses that could be useful to inform a structural uncertainty grid for the 2023 blue shark stock assessment. A preliminary reference case model was identified that may be useful as a starting point for continued model development during the 2023 blue shark stock assessment.

SCRS/P/2023/098 provided a summary of diagnostics used for the stock synthesis base case.