

## REPORT OF THE 2022 ICCAT EASTERN ATLANTIC AND MEDITERRANEAN BLUEFIN TUNA STOCK ASSESSMENT MEETING

(Madrid, Spain, hybrid meeting, 4-9 July 2022)

### SUMMARY

*The meeting was held in hybrid form from 4 to 9 July 2022. Three assessment modelling platforms have been used to conduct the assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna stock in 2022. A Virtual Population Analysis, Stock Synthesis and the Age-Structured Assessment Programme were applied. The three models showed similar trends in Spawning Stock Biomass (SSB), with a strong increase in SSB since the late 2000s although the magnitude and rate differ in the three models. Recruitment estimates in recent years also indicate a clear increase, although there is uncertainty in the magnitude of this increase shown in the retrospective analysis. The different models showed a relatively wide range of stock status relative to the  $F_{0.1}$  reference level. Preliminary projection results were reviewed, however the Group decided to discuss further the management advice at the Species Group meeting in September 2022. Regarding the BFT MSE, the Group reviewed additional tasks on Candidate Management Procedures (CMPs) that incorporated the requests from the May Panel 2 meeting and prepared the materials for the July Panel 2 meeting.*

### RÉSUMÉ

*La réunion s'est tenue dans un format hybride du 4 au 9 juillet 2022. Trois plateformes de modélisation d'évaluation ont été utilisées pour réaliser l'évaluation du stock de thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée en 2022. Une analyse de la population virtuelle, Stock Synthesis et le programme d'évaluation structuré par âge ont été appliqués. Les trois modèles indiquaient des tendances similaires de la biomasse du stock reproducteur (SSB), avec une forte augmentation de la SSB depuis la fin des années 2000 bien que l'ampleur et le taux diffèrent dans les trois modèles. Les estimations du recrutement ces dernières années indiquent également une nette augmentation bien qu'il existe des incertitudes quant à l'ampleur de cette augmentation indiquée dans l'analyse rétrospective. Les différents modèles indiquaient une fourchette relativement large de l'état du stock par rapport au niveau de référence  $F_{0,1}$ . Les résultats des projections préliminaires ont été examinés mais le Groupe a décidé de discuter de l'avis de gestion de manière approfondie à la réunion du Groupe d'espèces au mois de septembre 2022. En ce qui concerne la MSE pour le thon rouge, le Groupe a étudié les tâches additionnelles concernant les Procédures de gestion potentielles (CMP) qui incluaient les demandes de la réunion de la Sous-commission 2 du mois de mai et la préparation des supports pour la réunion de la Sous-commission 2 de juillet.*

### RESUMEN

*La reunión se celebró en formato híbrido, del 4 al 9 de julio de 2022. Se utilizaron tres plataformas de modelación para realizar la evaluación de stock de atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo en 2022. Se aplicó un análisis virtual de la población, Stock Synthesis y el programa de evaluación estructurada por edad. Los tres modelos mostraron tendencias similares en la biomasa reproductora (SSB), con un fuerte aumento de la SSB desde finales de la década de 2000, aunque la magnitud y el ritmo difieren en los tres modelos. Las estimaciones de reclutamiento en los últimos años también indican un claro aumento, aunque hay incertidumbre en cuanto a la magnitud de este aumento mostrado en el análisis retrospectivo. Los diferentes modelos mostraron una gama relativamente amplia de estados de los stocks con respecto al de referencia  $F_{0,1}$ . Se revisaron los resultados preliminares de las proyecciones, pero el Grupo decidió debatir más a fondo el asesoramiento en materia de ordenación durante la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2022. Con respecto a la MSE para el atún rojo, el Grupo revisó las tareas adicionales sobre los Procedimientos de ordenación candidatos (CMP) que incorporaban las peticiones de la reunión de la Subcomisión 2 de mayo y preparó los materiales para la reunión de la Subcomisión 2 de julio.*

## 1. Opening, adoption of agenda, meeting arrangements, and assignment of rapporteurs

The meeting was held at the ICCAT Secretariat in Madrid and online from 4 to 9 July 2022. Drs Enrique Rodríguez-Marín (EU-Spain) and John Walter (USA), the Rapporteurs for the eastern Atlantic and Mediterranean and western Atlantic bluefin tuna stocks (E-BFT and W-BFT), respectively, opened the meeting and served as Co-Chairs. The Executive Secretary and the SCRS Chair, Dr Gary Melvin (Canada), welcomed the participants. The Chairs proceeded to review the Agenda, which was adopted with some changes (**Appendix 1**).

The List of Participants is included in **Appendix 2**. The List of Documents and presentations presented at the meeting is attached as **Appendix 3**. The following served as rapporteurs:

<i>Sections</i>	<i>Rapporteur</i>
Items 1 and 11	A. Kimoto
Items 2.1 and 3.1	A. Gordo, M. Ortiz, T. Rouyer
Items 2.2 and 3.2	M. Laretta, P. Sampedro
Items 2.3 and 3.3	J.J. Maguire
Items 3.4 and 6	E. Rodriguez-Marin, J. Walter, A. Kimoto
Item 4	H. Arrizabalaga, E. Andonegi
Item 5	S. Miller, C. Peterson
Items 7 and 9	E. Rodriguez-Marin, J. Walter
Item 8	S. Tensek
Item 10	S. Deguara, M. Ortiz

## 2. Model diagnostics

### 2.1 VPA

SCRS/2022/101 presented the revised CAS of the inflated period (1998-2007) prepared by the small *ad-hoc* group following the recommendation of the Bluefin Tuna Species Group (BFTSG) at the BFT 2022 Data Preparatory meeting (Anon., 2022). Initially, in 2012 the NEI (not elsewhere included)-inflated catch was converted assuming the same size distribution as the purse seine fleet in the Mediterranean (PS-MED), but auxiliary information indicated that most of this unreported catch was preferentially medium and large size fish destined for international markets. Thus, the *ad-hoc* group recommended that the unreported catch NEI size distribution and their derivative estimates of catch-at-size (CAS) and catch-at-age (CAA) were estimated from all active fishing gears from 1998 - 2007, giving higher importance to gears with catches of medium and large fish. In the case of the purse seine fisheries, it was recommended to only use the size distribution of quarter 2. The revised CAS (ver2b) was considered a better estimate of the size distribution for the NEI-inflated catch (1998 – 2007) and adoption by the BFTSG was proposed.

In response to comments from the Group, it was clarified that the total catch in weight was not affected, but the catch in numbers was affected.

SCRS/2022/129 documented the 2022 assessment runs for East Atlantic bluefin tuna using virtual population analysis (VPA). The paper summarized the VPA data inputs, assumptions, provisional results, diagnostics and time series estimates of spawning stock biomass for the period 1968 to 2020, and recruitment for the period 1968 to 2019. The model incorporated revisions to key indices, particularly an index for small fish (western Mediterranean larval survey index: WMED\_LARV). The author introduced a Shiny application that summarizes all VPA results in a graphical interface, which was made available to participants (<https://bfttuna.shinyapps.io/shinyvpa/>).

The Group welcomed this application and highlighted its utility for the meeting discussions. The list of VPA runs and model fitting statistics for each run are available in **Tables 1** and **2**, respectively.

The continuity run was based on the 2017 base case as this model could not be updated in 2020 and no other base case has been accepted since then. For the continuity run (Run 288), the F ratios (ratio of the fishing mortality rate on age 10+ to the fishing mortality rate on age 9) are estimated by 3 time blocks (1968-1980; 1981-1995; 1996-2007) and fixed to 1 for the last one (2008-2020). That run presented several issues, namely the strong retrospective patterns and instability of results, particularly in the estimates of absolute scale of biomass (**Figure 1**). The document presented several runs building on that run to explore different aspects, with the objective of improving the modelling that has been suggested during previous online meetings.

A first axis explored was the possibility of using 16+ as a plus group, which would make it possible to simplify the assumption made for the F-ratio as it could be easier to assume an F-ratio=1. The VPA is sensitive to that parameter with the age plus group 10+, so this was a primary source of potential improvement. The runs to explore using 16+ as a plus group (**Figure 2**, Runs 289 and 290) showed that assuming an F-ratio equal to one over the whole time period (1968-2020) was associated with a lack of fit to two key historical indices (Morocco\_Spain Trap (MOR\_SP\_TP) and Japanese longline in the East Atlantic and Mediterranean (JPN\_LL\_EastAtl\_MED) indices). The results from these runs showed several issues including very high estimated recruitment for recent years, continuous increase in spawning stock biomass (SSB) over the whole time period for runs assuming an F-ratio equal to one and a strong retrospective pattern. Using the Richards curve (**Table 2**, Runs 291 and 292) or additive variance for the indices (instead of multiplicative) (**Table 2**, Run 293), or fixing the selectivity for the WMED\_LARV index (**Table 2**, Run 294) did not solve these problems. Runs using 16+ generally did not improve the diagnostics of the model.

The second axis focused on exploring the stability aspect of the continuity run (Run 288). A test on the effect of F-ratios to the overall scale of the VPA was requested by the Group during previous intersessional discussions. This test aimed to establish whether the scale of the VPA could be statistically resolved. This test consisted in fixing the F-ratio for the first year of the VPA at a given value and then estimating the different time blocks for the F-ratio. Results showed that a significant difference (i.e., >2 units of objective function) could now be found across the tests (**Table 3**). This meant that F-ratios could not be estimated appropriately. Subsequent explorations therefore attempted to set the F-ratios to *a priori* values, looking at Mohn's rho statistics for retrospective bias to guide the exploration. Setting the F-ratio value to 1 for the F-ratio time blocks over 1968-1995 and slightly modifying the search settings (Run 295) improved the overall stability of the VPA (**Figure 3**). Then a change was made to the vulnerability constraint so that it would be applied to ages 5-9 instead of ages 1-9, the rationale being that ages 1-4 are not targeted by the biggest fleets (i.e., purse seiners, traps, longliners). This vulnerability constraint applied over 6 years plus a constraint on recruitment over 6 years produced a run with an improved retrospective pattern (Run 287, **Figure 3**).

Further runs to profile the F-ratio for both the 1968-1995 and the 2008-2020 time blocks showed that assuming an F-ratio of 0.75 for both was leading to the minimum objective function value (**Table 4**, Run 286; **Table 2** and **Figure 4**). Attempts at integrating the western Mediterranean GBYP aerial survey index (WMED\_GBYP\_AER) (Run 303) did not show a particularly good fit to this index (**Figure 5**) and no further test was carried out with this index. The Group then considered that the selectivity for the WMED\_LARV index should be fixed and that the upper bound for terminal F estimates for ages 1-5 could be reduced to avoid solutions for which a terminal fishing mortality peaking at ages 4-6 was observed (Run 367). Further investigations showed that modifying the vulnerability and recruitment constraint strength back to the original values improved the objective function (Run 385, **Table 2**). Run 385 was found to converge correctly and did not display any problematic retrospective pattern.

Jittering the seed for the random number generator and the terminal F values showed consistent model fits, and bootstraps showed that the median of the bootstraps was close to the deterministic run (**Figure 6**). Removing one index at a time showed that the JPN\_LL\_NEAtlMed had an effect on the overall scale of the VPA, whereas removing other fleets had a reduced impact on the overall trend (**Figure 7**).

Several sensitivity runs were performed. Estimating the F-ratio for the time block 1996-2007 produced a solution with a slightly more negative objective function, but which showed a strong retrospective pattern (Run 386, **Figure 7**). A bidimensional profiling of the F-ratios for the first (1968-1995) and the second (2008-2020) time blocks for which the F-ratio is fixed showed that all but one of the runs had a difference in objective function that was larger than 2 (**Table 5**). That run (0 in the **Table 5**, Run 418) was very similar to Run 386 in terms of F-ratios and exhibited a strong retrospective pattern (**Figure 8**). Run 385 was therefore chosen as a base case for VPA by the Group.

Relative to the 2017 E-BFT VPA (Anon., 2017), model results were influenced by the addition and revision of input data, in particular the revision of the assumptions of the size distribution for the “Inflated Catch” of the 1998 – 2007 period (SCRS/2022/101) and other changes reported and discussed during the 2022 Data Preparatory meeting (Anon., 2022).

## 2.2 Stock Synthesis

The BFTSG tried to apply Stock Synthesis to the E-BFT stock in 2017 (Sharma *et al.*, 2017), and the objective of this meeting is to update this 2017 model for the 2022 E-BFT stock assessment. There are two major changes from the 2017 stock assessment regarding fleet structure and selectivity assumptions. Sampedro *et al.* (2022) presented the input data and initial model configuration of a preliminary run for the 2022 stock assessment using Stock Synthesis at the BFT 2022 Data Preparatory meeting (Anon., 2022).

The preliminary Stock Synthesis runs presented at the BFT 2022 Data Preparatory Meeting (Anon., 2022) demonstrated the inability to estimate growth ( $L_{INF}$  in particular) within the model due to the lack of size-at-age information for older ages. SCRS/P/2022/046 presented Stock Synthesis growth estimates for the West Atlantic model, which includes large numbers of East Atlantic origin, otolith-aged fish, resulting in  $L_{inf} = 272$  and 273 cm from the 2020 and 2021 assessments, respectively. The northern Canada handline and Norway purse seine (PS) fleets appear to catch the largest bluefin tuna observed, with upper modes near 270 cm and  $L_{MAX}$  near 340 cm. Distributions of size-at-age and estimates of mean size of older age classes in the mixed-stock West area fisheries support the Richards growth function. Following the recommendations from this study, the Group agreed to fix  $L_{INF} = 271$  cm, to assume a Richards growth model, and to assume asymptotic selectivity for the Norway PS fleet from 1970 to 1981 in the E-BFT Stock Synthesis model.

The Group reviewed the proposed base case for the assessment of E-BFT using Stock Synthesis (SCRS/2022/128). The model runs from 1950 to 2020 and was fitted to length composition data, conditional age-at-length (otolith and spines–length-age pairs), 16 fishing fleets and 11 indices of abundance (**Table 6**). Growth is modelled by a Richards function with  $L_{INF}$  fixed at 271 cm, and the Richards shape parameter is estimated by the model. A Beverton-Holt stock recruitment relationship was estimated in the model with the steepness and  $\sigma_R$  fixed at 0.9 and 0.6, respectively.  $R_0$  is freely estimated.

The Group investigated several runs (**Table 7**) to improve the model diagnostics and the base case model, — run 16 reweight — was agreed by following changes in the proposed base case in SCRS/2022/128:

- Scale M internally using Lorenzen’s method (age 20, reference  $M=0.1$ ).
- Initial fishing mortality for Fleets 13 (Spain/Morocco/Portugal trap before 2011), 15 (Other trap) and 16 (Others) are estimated by the model.
- The growth parameter K is estimated by the model.
- Fleet selectivity is improved by improving the initial definition of parameters and including several priors when necessary.
- Balance the model by reweighting the length compositions using Francis’s method (Francis, 2011).

The Stock Synthesis base model, run 16 reweight, showed relatively good convergence (final gradient = 5.84607e-05), with a positive definite Hessian matrix. Included in those estimates were four growth model parameters, three initial F parameters, and 75 recruitment deviations; the remaining parameters were fleet length-based selectivity parameters. Parameter estimates, asymptotic standard errors, and assigned priors are provided in **Table 8**. Priors were assigned only to selectivity parameters that showed very large standard deviations after initial model fitting to improve the overall stability of the model.

A jitter analysis was conducted to evaluate whether the model converged to a global solution by applying a random deviation to starting values of 10%. Some jitter runs indicated a lower negative log-likelihood than the base model (**Figure 10**), associated with an improved fit to conditional age-at-length data, but demonstrated an associated shift in selectivity of the other longline fleet. The Group observed that scale and trend in stock biomass and recruitment in run 16 reweight were similar to the jitter runs with lower likelihood (**Figure 11**). Therefore, the Group agreed to use this model as the Stock Synthesis base case model (run 16 reweight).

Plots of the observed versus fit data and residual plots were examined to evaluate model fit to the indices (**Figures 12 and 13**) and length composition data (**Figure 14**). Overall, the model demonstrated a relatively good fit to the indices of abundance. Runs tests were applied to the residual series of each index and length composition in order to quantitatively evaluate the randomness of the overall fit to the different time-series. There was no evidence ( $p \geq 0.05$ ) to reject the hypothesis of randomly distributed residuals for all indices except for Moroccan and Spanish traps (S1), early Spanish bait boats (S3) and the GBYP-western Mediterranean aerial survey (S11). Only one data point fell outside the three-sigma limits for the indices (**Figure 15**). In contrast, there was a systematic lack of fit to several fleet mean length (**Figure 16**), some of which demonstrated evidence of shifting selectivity over time that could not be effectively resolved in the allotted time while maintaining model stability.

A likelihood profile was created on the estimated mean unfished equilibrium recruitment ( $R_0$ , log-scale) across a range of values from 7.5 to 8.5 (**Figure 17**). The profile of  $R_0$  by data component showed a consistent minimum for the equilibrium catch that informed the overall best estimate. There was a less defined profile for the other data source with no clear minimum.

The retrospective analysis (**Figure 18**) indicated that spawning stock biomass and fishing mortality were consistently estimated, with Mohn's rho estimates of -0.15 and 0.03, respectively. However, there was a clear retrospective bias in estimates of recent recruitment. Specifically, recruitment estimates since 2011 showed a high level of uncertainty around the estimated value and varied notably with each year of data removed. This retrospective bias led to the recommendation to patch the estimates of recent recruitment since 2011 at  $R_0$  for any model projections.

### **2.3 Other models**

#### **ASAP**

The Age Structured Assessment Program (ASAP) was applied to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna for the 2022 stock assessment (SCRS/2022/125). ASAP is a statistical catch-at-age model that is fitted to time series of observed catch, age composition, and indices of abundance. Previous single-fleet applications of ASAP for the 2017 and 2020 Atlantic Bluefin tuna assessments were updated and revised, and alternative models with multiple fleets were explored.

Multi-fleet ASAP models were developed to fit catch data and estimate selectivity for each index fleet as well as the Mediterranean purse seine fleet. Multi-fleet-based runs were retrospectively consistent and fit the available data well, with some residual patterns.

The Group realized that the CAA for the multi-fleet approach needed to be revised but there was insufficient time to complete this task during the meeting. The input data will be further verified and, if needed, corrected after the meeting. The discussion below is about the single fleet implementation.

ASAP is in an intermediate class of models between the complexity of Stock Synthesis and the relative simplicity of VPA. Previous implementations of ASAP for E-BFT have not suffered from scale issues, but since recent VPA assessments there have been problems estimating scale, the three class of models considered in 2022 were closely examined for their ability to determine scale. For VPA, this was done by profiling on the initial F ratio and estimating the F ratio in three different periods. For ASAP, this was done by profiling on mean recruitment (**Figure 19**) and initial F and by assuming no deviations in recruitment (**Figure 20**). For ASAP, the exercise showed that the estimate of mean recruitment and initial F had a low CV (10%).

### 3. Assessment results

#### 3.1 VPA

##### 3.1.1 Model fits

The results from Run 385 (**Table 1**, control file in **Appendix 5**) showed a decrease in spawning stock biomass from the 1970s to the 1990s, remaining at low levels before displaying an increase from 2010 (**Figure 21**). Recruitment followed the opposite trend until 2010, when it also started to increase. After remaining at a high level, fishing mortality for ages 2-5 showed a drop in 2007. The level has remained low since then. Fishing mortality for the plus group increased to a high level in the 1990s before decreasing in the late 2000s. It has been increasing since then. The fit to the indices was found to be acceptable for most of them, but the model did not fit the WMED\_LARV, the SP\_BB2 and the JPN\_LL\_NEA2 well (**Figure 22**).

The current assessment has yielded more stable performance than the 2017 assessment (**Figure 23**). The current assessment shows improvement in the SSB and R retrospective analysis (**Figure 24**).

##### 3.1.2 Stock status

The same criteria used since 2017 for the determination of stock status have been used in the 2022 assessment for every model, including VPA. This has been achieved by comparing  $F_{\text{CURRENT}}$  (geometric mean of apical F over years 2017-2019) with the estimated  $F_{0.1}$ . For VPA, the  $F_{0.1}$  estimate is slightly affected by the recruitment assumed for recent years. The Group agreed to use two different scenarios. The first one was similar to 2017 to replace the four last years of recruitment (2017-2020) by the geometric average of recruitment over 2007-2016, and the second was to use the geometric mean over 1968-2016 (see section 6). For both these scenarios,  $F_{\text{CURRENT}}$  was found to be above  $F_{0.1}$ , which indicated overfishing ( $F_{\text{CURRENT}}/F_{0.1}=1.16$ ).

#### 3.2 Stock synthesis

##### 3.2.1 Model fits

The time series of spawning stock biomass (SSB), fishing mortality (biomass exploitation rate was used as a proxy), and recruitment (age 0) estimates for the base run (run 16 reweight, control file in **Appendix 6**) are plotted in **Figure 25**. SSB showed a sharp decline between 1950 and 1970 in response to an increase in harvest, and SSB remained at a lower and relatively stable level until 2010. The SSB showed a steady increase from 2010 to the end of the time series in 2020.

The model estimated distinct periods of low and high recruitments (**Figure 25**). Specifically, the period prior to 1989 showed lower estimates of recruitment compared to the period from 1989 to 2006. Similar levels of recruitment to the earlier period were estimated between 2007 and 2011 and, after that time, the estimates demonstrate high uncertainty, indicating that there is a lack of information in the model to inform of recent recruitment. Notably, strong recruitments were estimated for the years 1994 and 2003, consistent with prior model signals and research observations.

The exploitation rate in biomass was used as a proxy for fishing mortality as the ratio of catch over biomass. In general, exploitation rate estimates (**Figure 25**) were low at the beginning of the time series but increased sharply during the 1980s to reach peak fishing mortality in 1997 and remained high until 2007, when a significant decline in harvest occurred. The estimates of exploitation rates since 2010 have been consistently lower, with a terminal year harvest rate estimate in 2020 of approximately 7% of total biomass.

##### 3.2.2 Stock Status

For Stock Synthesis, the  $F_{0.1}$  estimate (exploitation rate) is 0.091, assuming the recent selectivity pattern (2018-2020). The current F (exploitation rate) calculated as the geometric mean of F for years 2018-2020, was 0.065, and  $F_{\text{CURRENT}}$  relative to the  $F_{0.1}$  reference point was 0.72, indicating that overfishing was not occurring in the stock.

### 3.3 Other models

#### 3.3.1 Model fits

##### ASAP

In contrast to VPA, statistical age or length models, such as ASAP, do not assume that total catch or catch-at-age are known exactly. In the Data Preparatory meeting (Anon., 2022), discussions on uncertainties about the actual value of catches in the inflated period (1998-2007) were noted. The expectation was that actual catches may have been even higher than those estimated in the inflated series. To investigate this, the CV of total catches was increased from 0.1 to 0.20. However, increasing the CV of total catches during 1998-2007 resulted in predicted catches that were noticeably lower than the inflated catches for all years in that period, even less than the catches officially reported in some years. The Group noted that the inflated catches were based on information and were the best information available (Anon., 2017). The Group thought that the officially reported catches were an absolute minimum estimate. Assuming a CV=0.20 (base run 2, control file in **Appendix 7**) resulted in estimated total catches between the officially reported catch and the inflated catch (**Figure 26**). The Group noted that higher CVs for the inflated period and lower estimated catches result in estimated recruitment for the inflated period being lower.

The Group requested that CV = 0.10 and CV = 0.01 be applied for all years for comparison with the other modelling approaches. They were provided to the Group (**Figure 27**, only CV=0.01 was compared with the base run 2). The External Expert suggested trying to estimate catches in excess of the inflated catch in future assessments.

The single-fleet ASAP model generally fit the data well (**Figure 28**) and was retrospectively consistent for SSB and F but not for recruitment (**Figure 29**). However, there were residual patterns in age composition and uncertainty in selectivity parameters, particularly for the recent period (**Figure 30**). Model estimates suggest a substantial change in selectivity in the late 1990s, from full selection of young ages and partial selection of older ages before 1999, then partial selectivity of young ages and full selection of older ages since 1999. That is consistent with changes in regulation as well as increased monitoring, control and surveillance. Model results suggest that the stock decreased from the 1970s to the early 2000s then recovered over the last decade from recent strong recruitment and low fishing mortality (**Figure 31**).

Running ASAP without the western Mediterranean larval index and the French aerial surveys, the only two indices available for the Mediterranean Sea, suggests lower recruitment since the late 1990s (**Figure 32**). While higher than for 1968 to 1990, the average recruitment estimates for 2000 to 2020 are 1.45 times the average for 1968 to 1990 while, during the period of inflated catch, the average recruitment is 2.5 times higher than from 1968 to 1990.

#### 3.3.2 Stock status

For ASAP, the Group agreed to use the ASAP run with 20% CV on the catch series and the  $F_{0.1}$  estimate is 0.160, assuming the recent selectivity pattern (2015-2020). The current F (geometric mean of apical F over years 2018-2020) was 0.087, and  $F_{CURRENT}$  relative to the  $F_{0.1}$  reference point was 0.542, indicating that overfishing was not occurring in the stock.

### 3.4 Synthesis of assessment results

Three assessment model platforms were applied to perform the stock assessment of eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna in 2022. As in previous assessments, a Virtual Population Analysis -2Box was used, and two alternative platforms, Stock Synthesis and the Age Structured Assessment Program (ASAP), were applied in the development of E-BFT stock assessment. This is the first time it has been possible to complete the assessment using three models for E-BFT. This allows us to compare results using platforms that use different approaches to assess the status of E-BFT.

For the stock status comparisons, the Group agreed to include the ASAP run with 20% CV (ASAP base run 2) on the catch series for the period from 1998 to 2007, which was considered the best model by the modelling team. This model estimated a lower catch series (i.e., total removals) for the “inflated period” (1998-2007): 5,649 – 17,304 t lower than the other assessment platforms VPA and Stock Synthesis that have a near-exact fit to the catch (**Figure 26**).

Several factors continue to influence the E-BFT stock assessment. The paucity of indices spanning the time period of fluctuations in catch in the Mediterranean; uncertainties about the true value of catches in the inflated period (1998-2007); the effect of management measures on obtaining juvenile abundance information and changes in fishing strategies and selectivity; and gaps in temporal and spatial coverage for detailed catch size and effort statistics for several fisheries, especially for purse seiners in the Mediterranean and prior to the implementation of stereo video cameras in 2014.

The three models show similar trends in SSB (**Figure 33, Table 9**), with a progressive decrease in SSB from the 1970s until the implementation of the Recovery Plan for this species established in 2007 (**Rec. 07-04**). Since the late 2000s, there has been a sharp increase in SSB though the magnitude and rate differ between the three models, with VPA indicating lower biomass and stock increase and the ASAP model indicating the greatest increase. Uncertainty in the rate and magnitude of increase in SSB can be seen across the three platforms and in sensitivity runs within each platform, especially in recent years (**Figure 33**).

The fishing mortality of the 2-5 age group and of fish older than 10 years (**Figure 33, Table 9**) showed an increasing trend since the 1970s, although the F 2-5 age group shows a marked decrease since the late 1990s, while the adult group (F age 10 plus) shows a drastic decrease in fishing mortality since the establishment of the 2007 Recovery Plan (**Rec. 07-04**). Recent increases in TAC up to the current levels also reflect increasing fishing mortality.

The recruitments estimated by the three assessment platforms (**Figure 33, Table 9**) show considerable variability, particularly in the recent period, but in general there are two periods, one with low recruitments before 1990 and one with higher recruitments thereafter. It is worth noting the identification by all three platforms of the strong 2003 year class. Estimates in the recent years indicate a clear increase in recruitment, although there is uncertainty as to the magnitude of this increase, reflected by the differences between the three models and the variability within each model. Estimates of total biomass (**Figure 34, Table 9**) indicate similarity between Stock Synthesis and VPA in recent years with ASAP indicating higher total biomass. Time series of exploitation rate also indicate broadly similar patterns (**Figure 34, Table 9**).

Stock status shown by the relationship between current fishing mortality and  $F_{0.1}$ , indicates a state of overfishing in the estimate obtained by the VPA ( $F_{CURRENT(2017-2019)}/F_{0.1}$  with 95% confidence intervals= 1.16 (0.73 - 1.62)) across both recruitment scenarios while Stock Synthesis ( $F_{CURRENT(2018-2020)}/F_{0.1} = 0.72$  (0.62 - 0.80) using the exploitation rate proxy) and ASAP ( $F_{CURRENT(2018-2020)}/F_{0.1}=0.54$  (0.48 - 0.60)) indicate that overfishing is not occurring. The different models showed a relatively broad range of stock status relative to the  $F_{0.1}$  benchmark. The Group will take further consideration of strengths and weaknesses of each modelling platform for provision of stock status for the Executive summary.

#### **4. Initial feedback from the independent review**

The external reviewer Dr Ianelli presented his feedback on both the E-BFT stock assessment and the MSE process (SCRS/2022/132), mainly based on progress at the E-BFT Data Preparatory meeting (Anon., 2022), and highlighted issues related to catch data, indices, biological assumptions, and issues with different modelling platforms.

The Group thanked the reviewer for his participation in the process and insights so far, as they helped the Group to discuss the different issues and take decisions in a timely manner in order to improve the final assessment and associated management advice. Direct participation is also an opportunity for the reviewer to clarify any issues with the Group. Several topics were further discussed by the Group, as summarized below.

The Group discussed how best to specify time blocks on selectivity in Stock Synthesis, e.g., in the case of the baitboat fleet or when there is a cohort targeting effect. The reviewer recognized that this is a major topic; he suggested looking at the ASAP analyses and referred to a CAPAM (the Center for the Advancement of Population Assessment Methodology) workshop on this topic. The reviewer noted his preference for more statistical approaches but acknowledged that using different approaches made it possible to learn from their differences.



One of the fundamental problems with the data is related to the absolute scale of the removals during the “inflated catch” period. The Group noted that current ASAP estimates are lower than ICCAT’s best estimates that have been assumed for input to the VPA and Stock Synthesis platforms (these were based on historical capacity estimates) and suggested that the importance or otherwise of the uncertainty around total removals could be checked within the MSE.

In 2021, the West BFT (W-BFT) assessment was strongly criticized by the reviewer at that time because it did not account for mixing (Maunder, 2021). The Group clarified that mixing would also affect this assessment, but the problem was considered to be minor, as suggested by MSE efforts so far and historical VPA runs incorporating mixing. This is so because only a small fraction of the eastern stock is caught in the West area compared to the East area (thus not taken into account in this eastern assessment), and a small/negligible percentage of western-origin individuals are caught in East area (likely not affecting the eastern stock trends).

The Group was reminded that electronic tagging had not revealed substantial migration of western origin individuals into the East area. In addition, when analysing stock of origin in eastern stock samples, the low western stock proportions observed are typically within the assignment error rates for the different assignment methods (genetics and otolith chemistry).

The Group also questioned whether the supposedly negligible effects of mixing for the eastern stock assessment might become more relevant for earlier time periods when the ratio of the catch in the western area was larger compared to the catch in the Eastern area. That might have some influence on the trend in abundance for the eastern stock. However, the Group noted that it could not confidently allocate those catches to any of the stocks, and that the conclusion from the historical mixed-stock VPA was that mixing was not a source of bias in biomass estimates for the eastern stock.

Finally, according to the initial review, although there were different issues to look at and work on in the future, there was no hard impediment to continue with the assessment at this stage. It was noted that the reviewer will provide a final review of the whole process at the September Species Group meeting.

## 5. Topics related to the Management Strategy Evaluation

The Group received SCRS/2022/126 on updates to the BR Candidate Management Procedure (CMP). Slight modifications had been made to the weighting of indices and additional CMP variants had been developed in response to requests made at the Second Intersessional meeting of Panel 2 on BFT MSE (9-10 May 2022) (e.g., alternative tunings, percent TAC change restrictions, including a phase-in period, management cycle length). The Group noted that VarC (Variation in TAC (%)) needs to be recalculated for any variants with a 3-year management cycle since the current VarC values are based on TAC changes every 2 years.

As previously discussed with PA2, the SCRS plans to further tune the performance of each CMP to more directly target the thresholds that PA2 has identified for biomass performance ( $LD^*$ : lowest depletion (i.e., SSB relative to dynamic  $SSB_{MSY}$ ) over years 11-30 in the projection period; current threshold  $LD^*_{15}=0.40$ ) and probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (PGK; current threshold  $PGK=0.60$ ). This performance tuning is conducted to achieve the thresholds that PA2 has established while improving yields. It is expected that CMPs with higher biomass performance ( $LD^*$ ) and higher green Kobe plot probabilities (PGK) during development tuning will be more able to increase their yield results when they are performance tuned.

One CMP developer presented results of BR CMPs tuned only to alternate levels of  $LD^*$  ( $LD^*_{15} = 0.4$ ,  $LD^*_{12}=0.4$ ,  $LD^*_{10}=0.4$ ) as an initial example of the performance tuning process.  $LD^*$  was found to be useful for performance tuning and the target  $LD^*$  percentage would determine how aggressive the CMP would be. However, the analysis did not tune to PGK, another threshold criterion, so it may also be necessary to consider this status objective. Tuning solely to  $LD^*_{15}=0.4$  may not meet PGK at 60% so this should be considered in further performance tuning. It found a relatively linear relationship between western and eastern median Br30 (Br (i.e., biomass ratio, or SSB relative to dynamic  $SSB_{MSY}$ ) after 30 years) values for  $LD^*$  values between  $LD^*_{10}$  and  $LD^*_{15}$ , indicating that the results of tuning to different values of  $LD^*$  could be reasonably estimated through interpolation.

The CMP tuned more aggressively to LD\* experienced higher variability in catches and a wider range for predicted Br30 (i.e., reduced stability and larger risk). The analysis included worm plots for each CMP variant for individual OMs to show potential variability in catch and in biomass trajectories, and the Group agreed that worm plots are an effective way to illustrate why high variability may be undesirable. The Group also noted that the analysis reflected the trade-off between eastern stock safety and West area catch. During the development tuning process, where CMPs were tuned to median Br30 targets, performance was found to improve when the eastern stock Br30 median target was higher than the western stock Br30 median target (1.5, 1.25, respectively). However, in this initial performance tuning to LD\*, median Br30 was higher for the western stock and lower for the eastern stock. This could be countered by using different LD\* probabilities for the East and West areas if this is acceptable to Panel 2.

One of the Co-Chairs presented updated results compiled by the MSE Consultant (SCRS/P/2022/047), including an overview of the current Shiny App tools and new performance statistics. The Group discussed data requirements for finalizing performance statistic calculations, including C1. Catch data for 2021 are due to be submitted to the Secretariat by 31 July 2022, but indices are not usually updated until the Species Group meeting in late September. It was proposed that index developers make every effort to provide their updated indices by 15 August 2022, so they are available for developers sufficiently in advance of the Second Intersessional meeting of the BFT Technical Sub-Group on MSE (5-9 September 2022). If indices are not available in time, CMP developers could use expected index values (i.e., those predicted by the OMs) instead.

The Group noted that catch and biomass trajectory plots should also be presented separately for recruitment levels 1, 2 and 3, so as not to conflate CMP behaviour with recruitment scenario.

In discussing impacts of the +20%/-10% TAC change phase-in, the Group acknowledged that there was little effect on median status, but there was a slight reduction in Br30 tail distribution values as well as a slight penalty for longer-term yield. A participant cautioned that if the phase-in applies for the first 2 management cycles but the MSE is reconditioned in 5 or 6 years, the MP's regular stability provisions will not have been fully implemented before it is revisited and re-evaluated. The decision to adopt the phase-in provision as the default for CMPs should be made by Panel 2 in July to facilitate further CMP development.

There was considerable discussion about whether to use a 2- or 3-year management cycle. A 3-year management cycle was tested for 2 CMPs: BR and TC. The results for the BR CMP variants tuned to a common LD\*<sub>15</sub> are shown in Table 3 of **Appendix 8**. The 3-year cycle was slower to react to signals to decrease TAC and thus had a lower 50<sup>th</sup> percentile biomass status (Br30) and slightly reduced AvC30 (median TAC (t) over years 1-30) coupled with slightly higher variability in TAC changes. To compensate, the SCRS explored greater allowable TAC reductions (+20%/-35% stability) that improved Br30 status slightly for both eastern and western stocks. Performance was only slightly inferior and practical considerations (stability, reduction in administrative burden) may support a 3-year management cycle. This decision should be made by Panel 2 in July to facilitate further CMP development and the SCRS noted that this will be time-consuming for all developers to implement.

A further consideration was raised that the 3-year management cycle may be more robust to missing index data. It was pointed out that missing index data is not necessarily a reason to use a longer management cycle since CMPs have been designed with moving averages to readily handle missing data (e.g., by replacing them with a null value or the prior value) regardless of the management cycle.

The May 2022 PA2 meeting also requested that the SCRS evaluate a symmetrical stability provision of +20%/-20% compared to the default +20%/-30%. The +20%/-20% option was slower to implement necessary TAC decreases and thus had lower yield and biomass performance (i.e., greater risk) (Table 4 of **Appendix 8**). The SCRS has not yet evaluated +20%/-20% with a 3-year cycle but expects performance to be worse, since not even +20%/-30% had satisfactory performance in terms of the agreed B<sub>LIM</sub> (a biomass Limit Reference Point; 40% of dynamic SSB<sub>MSY</sub> for the purposes of the MSE) requirements. Nonetheless, if Panel 2 requires symmetrical stability provisions for practical considerations, the SCRS recommends that this decision be made at the July meeting to facilitate further CMP development.

A CMP developer presented the four FZ-type CMPs, and the Group decided to proceed with FO CMP for the present, based on better performance according to the quilt plots and this CMP's more straightforward structure without a smoother.

The Co-Chair presented the updated 4-page MSE results summary that will be submitted to Panel 2 in the July meeting (**Appendix 8**). It includes background information for each of the PA2 agenda's decision points. It will be critical to get input on these from PA2 at the meeting, anticipating that this Group will need to recommend a manageable number of CMPs with multiple tuning levels in September for presentation to PA2 in October.

The Group received a presentation on a new tool that automatically calculates each CMP's TACs for the first three 2-year management cycles based on user-input index values. The Group agreed that the tool could help CPCs and stakeholders to understand how CMPs work and how the values of indices influence the TAC. If possible, the tool developer will circulate a refined version later in the week so that it can be shared with Panel 2.

The Group discussed potential avenues for receiving additional CPC and stakeholder feedback between the Panel 2 meetings in July and September. A survey was considered but deemed too problematic in various respects. The SCRS Chair agreed that the ambassador meetings have proven to be an effective venue for an exchange of information. Everyone can speak and ask any questions they want, and the dialogue goes both ways – from stakeholder/CPC to SCRS and vice versa. However, ambassador meetings are not an official means of obtaining stakeholder feedback and that remains the purview of each CPC. The Group will aim to convene additional ambassador meetings, in late July and also in early October if possible. Naturally, CPC scientists can engage with their stakeholders at any time.

The Group noted that TAC advice for 2023 will be provided based on the MSE, yet scientific advice will be produced based on the current eastern assessment. Language will be included in the chapeau of the SCRS executive summary, stating that MP adoption is the priority and that the management advice is provided in case an MP is not adopted by the Commission at its meeting later this year. Similarly, backup advice should be provided for W-BFT.

## 6. Projections and management advice

The Group decided to review the preliminary short-term projections by each stock assessment model. The Group recommended that projection settings among models need to be comparable insofar as possible. The projections were conducted for the period between 2021 and 2024 at  $F_{0.1}$  and 36,000 t, by assuming the current TAC 36,000 t for both catches in 2021 and 2022. All projections assumed the same natural mortality, maturity-at-age, and weight-at-age/length as values used in the stock assessments (**Table 10** for VPA, **Table 11** for Stock Synthesis, and **Table 12** for ASAP). To provide the uncertainty of each estimate, VPA used 500 bootstrap iterations, Stock Synthesis used 500 iterations of MVLN (multivariate log normal approach, Walter and Winker, 2019), and ASAP used 500 MCMC iterations.

Key requirements for projections are to address the major sources of uncertainty in each model relative to recent recruitment estimates. This involves two decisions, the first being what recruitment to project forward in time and the second whether model estimated recruitments are reliable or should be replaced or 'patched' back in time with assumed values. The Group reviewed model diagnostics, notably retrospective patterns and confidence intervals on recruitment deviations to determine time periods (noted below for each model) where recruitment appeared reliably estimated to inform the patch time periods.

Time periods for the patch applied for VPA for the years 2017-2020, a similar 4-year patch as in the 2017 stock assessment. The average years for recruitment were a long-term average (1968-2016) and a short-term average (2007-2016) (**Figure 35**, SCRS/P/2022/043). The rationale for the short-term average is an assumption that future recruitment is likely to be similar to 10 recent years, which is estimated to be relatively high, and the current assessment improves results in R retrospective analysis compared to the 2017 stock assessment (Anon., 2017) (**Figure 23**). Nonetheless, recruitment for these years is highly uncertain and the Group considered that an equally plausible hypothesis could be that recruitment would revert to the long-term average (1968-2016), an assumption akin to the 'medium' recruitment scenario often entertained for E-BFT (Anon., 2013 and Anon., 2015). A number of other recruitment scenarios were considered but not chosen by the Group. The Group recommended equally weighting the short- and longer-term recruitments for projections, stock status and management advice.

For Stock Synthesis, the recruitments were replaced for years 2012 to 2020 as the recruitment deviations overlapped zero for nearly the entire time period, indicating that there was substantial uncertainty in estimated recruitment (**Figure 18**). This was achieved by not estimating recruitment deviations for these years and was a rather large intervention in the model. Model runs with and without this recruitment deviation were run and indicate that the model converged on a very similar solution. For projected recruitment, Stock Synthesis used the long-term mean ( $R_0$ ) under the assumption that future recruitment is likely to be similar to the long-term average.

For ASAP, 2 recruitment options were recommended. The first was to use the entire time series (1968-2020) and the second was a truncated time series (1968-2012) for future recruitment. For the truncated series, the average of 1968-2012 was used for years 2006-2020. The rationale for the entire time series was similar to that for the VPA and Stock Synthesis under the assumption that short-term recruitment would be similar to the long-term average. The second was to use the truncated series to avoid using recruitment estimates over the years where the retrospective pattern in recruitment appeared substantial (**Figure 29**). To be comparable with the other two stock assessment models, the ASAP model with catch CV 1% was used for the projection exercises. The Group also reviewed the ASAP projection with CV 20%.

The summary of main projection settings for each model follows below:

Model (number)	Catch (tonnes) for 2021 and 2022	Patch (years)	Selectivity (years)	Recruitment (years)
VPA run 385	36,000 and 36,000	2017-2020	2017-2019	2007-2016
VPA run 385	36,000 and 36,000	2017-2020	2017-2019	1968-2016
SS3 Run 16 reweight	36,000 and 36,000 catch by fleet was obtained by the average catch rate (2018-2020) by fleet	2012-2020	2017-2020	The long-term mean (R0)
ASAP catch CV 1% and 20%	36,000 and 36,000	2017-2020	2015-2020	1968-2020
ASAP catch CV 1% and 20%	36,000 and 36,000	2006-2020	2015-2020	1968-2012

### ***Projection results, stock status and management recommendations***

The Group reviewed short-term projection results for each model (**Figures 36-38**) at  $F_{0.1}$  and 36,000 t. Stock status determinations relative to fishing mortality and management recommendations will be finalized at the September Species Group meeting. For informing stock status, the Group recommends considering the results of all three models with the final determination to be conducted in September. For the purposes of continuity, the Group recommends only projecting the VPA for consideration of quantitative TAC advice for the Kobe 2 Strategy Matrix (K2SM).

Any TAC advice that the SCRS may eventually provide on the basis of this assessment will be highly dependent upon the absolute biomass scale estimated by the models. A primary impediment to estimating the absolute scale of the population is illegal, unreported and unregulated catch which, if it cannot be quantified and considered in the scientific assessment, results in underestimates of the total yield and an inability to estimate reliable MSY-related benchmarks. For example, the scale of the population estimated by the models is highly dependent on the assumed magnitude of the 'inflated catch' during the late 1990s and early 2000s. The Group is aware of ongoing, unquantified IUU that represents a serious impediment to being able to determine the productivity of the stock and provide reliable TAC advice. In response, we encourage the identification and quantification of IUU so that the SCRS can provide more accurate biomass-based catch advice and obtain a more accurate scientific understanding of stock productivity.

### **7. Draft Executive Summary sections**

Due to time constraints, the Group did not revise the Executive Summary. The Co-Chairs will work on the draft intersessionally and it will be discussed during the next Bluefin Tuna Species Group meeting (20-21 September 2022).

## 8. Update on GBYP activities

The GBYP Coordinator gave presentation SCRS/P/2022/049 to inform the Group about the recent GBYP activities, as well as the future plans. Currently, GBYP is running Phase 11 and Phase 12 in parallel (partially). Phase 11 will end on 31 August 2022 and Phase 12 will end in March 2023. The Coordinator also informed the Group that the EU funding system has changed and further modifications are expected, which will affect not only GBYP but also other ICCAT scientific programs.

With respect to data management, joint efforts are ongoing at the Secretariat to develop both an electronic tagging database (ETAGS) and a biological database. The external expert who will provide advice on ETAGS has already been contracted by GBYP and a progress report will be presented in September 2022. In addition, the first steps towards the design of the biological database have been taken.

Electronic tagging deployments have ultimately been achieved through formal collaboration with national teams both in the Atlantic and in the Mediterranean, and this has significantly lowered operational costs. In June a tagging campaign was carried out in Levantine Sea and 13 tags were released. During 2022 the deployment of a further 51 tags is planned, in close collaboration with 11 institutions. It was noted that important improvements have been observed in tag retention times and tag recovery rates, which will allow for improvements in movement matrices used in MSE. The Group was asked again to provide inputs for defining tagging priorities. It was acknowledged that some feedback on electronic tagging issues has already been provided through paper by Aarestrup *et al.* (2022), but further inputs from the BFTSG were required. The Group was also informed that the global workshop on electronic tagging methodologies will be organized soon.

Regarding biological studies, the Phase 11 biological sampling and analyses were completed, and the final report will shortly be available on the GBYP webpage. A new Call for Tenders will be launched soon, and it will be focused on providing sound conclusions on stock structure and mixing, based on all the information gathered during the last decade. The Group was asked for its advice in defining the research priorities for future studies. It was also informed about the workshop for coordination of biological sampling efforts, which will be organized in 2022 or 2023. As for the close-kin related studies, the Coordinator informed the Group about its progress and reminded it about a series of agreed steps and the associated time frame. It was recalled that the immediate goal is to elaborate a concrete and realistic work-plan, including cost analysis, to be presented to the SCRS Plenary and Commission for approval in 2023.

With respect to the fishery independent indices, a larval survey workshop is planned in the second part of the year. Advice has recently been provided to Turkish scientists on BFT larvae identification and once data from the 2018 and 2019 larval survey are available, further advice will be provided so that the national team can generate preliminary larval indices for the eastern Mediterranean. Regarding aerial surveys, the results of the analyses of 2021 survey in the Balearic Sea are available and the value of the 2021 index has been provided to the Group. The campaigns in 2022 have been successfully carried out in the western and central Mediterranean and the analysis will be finished by next year. Work will also continue this year on habitat modelling to allow for a reliable model-based analysis of overall aerial survey results.

Regarding modelling approaches, GBYP has continued to provide considerable support to the MSE process. It has integrated the different survey and research results into a mixed-stock modelling framework that formally addresses the major sources of uncertainty identified by the assessments. In addition, it has funded the external review of the E-BFT stock assessment. Future plans also include support to the development of alternative/improved stock assessment models.

Finally, the Coordinator provided an outline of Phase 12 activities. He also presented possible mid-term activities in order to improve GBYP efficiency and adapt it to a probable future scenario of decreasing funds. They include a progressive shift from basic data provision to data management/analysis and coordination of the activities, in close cooperation with CPCs as the main data providers.

The Group was interested in the new results from the aerial survey in 2021 and the Coordinator explained that they are already available, but should be taken with caution due to some changes in relation to previous surveys, such as the change in professional and scientific observers and the fact that, following recommendations from the external experts that reviewed GBYP aerial surveys, an extended sampling area was also surveyed and an automated system for continuously taking images along the transects was tested, which changed the timing of the survey slightly. Thus, he recommended continuing to pursue habitat modelling efforts, which would take account of environmental effects. By default, scientific data points are retained for use unless it can be empirically

determined that something exceptional happened that would justify removing such a data point. While the Group expressed concern about the changes that may have occurred in overlap of the survey with the distribution of fish in 2021, the decision on how to treat the index will be made at the September Species Group meeting based on a review of empirical information that must be brought to the BFT MSE Technical Sub-group meeting in September for initial consideration.

The Group acknowledged that great progress has been made lately in GBYP, namely in terms of changing priorities from data collection towards consolidating results. The discussion also highlighted that, after 11 years of a dedicated programme, absorbing substantial amounts of financial resources, alternative ways to move forward must be explored to support the truly necessary basic activities, since a budget reduction in future phases has been announced on several occasions by the major sponsor. The Group reiterated the need to ensure funding continuity. It was recognized that support for the GBYP through voluntary contributions is not sustainable due to decreasing overall funds and the disproportionate amount of funding dedicated to bluefin tuna research compared to other SCRS Groups.

It was therefore recommended to pursue other sources of funding, in addition to voluntary contributions, preferably through the regular budget of the Commission. Although the science budget has increased substantially over recent years as a part of the Commission's regular budget, it was suggested that a clear statement should be sent through the SCRS to the Commission to increase it further, to a level closer to the SCRS request. Securing a stable budget over time would allow for better planning of mid- and long-term activities. The need to better define research priorities at the SCRS level was also highlighted, as well as the importance of including it within the new SCRS strategic plan. In addition, funding priorities should be improved, with clearly defined priorities and outcomes. The Group also identified the need to find ways to better communicate with managers in order to show how the funds have been spent, but particularly how they contribute to improving data collection (otherwise not available) and filling knowledge gaps with the aim of providing more reliable/robust scientific management advice.

It was also recognized that CPCs should assume a part of the activities currently carried out through GBYP funding, by incorporating them into their national programs. However, it was stressed that GBYP could have a major role in ensuring that these are well coordinated and follow the same line of priorities previously defined by the SCRS. The possible role of GBYP in coordination was clearly acknowledged, especially with regards to biological sampling.

It was announced that the GBYP workshop on sampling and research planning has already been scheduled for late 2022/early 2023 in order to improve the coordination of sampling activities. In this regard, a special reference was made to the Secretariat engagement with the EU Regional Coordination Group on Large Pelagics (RCGLP), which is the body responsible for coordinating regional/thematic data collection amongst EU Member States, as well as with end-users (i.e., ICCAT and other RFMOs) under the EU data collection framework.

## **9. Recommendations**

The Group raised several recommendations:

- The Group recommends continuing the development of fishery-independent indices of abundance based on acoustic methods taking into consideration the representativeness of the surveys. There are currently several research groups working on the acoustic assessment of Atlantic bluefin tuna. Cooperation between the different initiatives should be developed.
- The Group recommends developing new abundance indices in the Mediterranean Sea (e.g., the Levantine Sea larval index and the Sardinian trap index), as this is where most of bluefin tuna catches are harvested yet there are very few abundance indicators.
- The Group reiterated the need to revise historical size distribution from other purse seine fleets and other areas i.e., southern Mediterranean and Levantine Sea.
- Noting that the collection, processing and ageing of samples could reduce uncertainty in the advice provided to managers, the Group recommends increasing coordination among the different CPC teams working on these issues and GBYP, in order to provide length-at-age data from hard part readings or report on samples in their possession.
- The Group recommends the continuation of pilot studies, including feasibility analysis and planning for close-kin mark recapture for eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna, and the prioritization of a review for operational implementation of close-kin mark recapture as soon as it becomes technically and logistically feasible.

- The Group recommends that unreported historical catch series be re-examined and, more broadly, the uncertainty in these series be determined in order to develop a set of potential catch series that could be used in future assessments.

## 10. Other matters

SCRS/2022/127 presented natural mortality (M) for E-BFT and two similar tuna species, Pacific bluefin tuna and southern bluefin tuna. Three types of natural mortality assumptions were used in the E-BFT stock assessment and/or MSE: the fixed values at all ages, an age-specific vector, and a smooth decreasing curve rescaled with the Lorenzen mortality function. The current natural mortality assumption is more logical compared to the previous assumptions. However, both the parameter M used in Atlantic bluefin tuna and Pacific bluefin tuna was partially based on the M assumptions of southern bluefin tuna (SBT). It is suggested that the recent M assumption be improved through experiments instead of taking the assumptions made for SBT as a reference. Continued biological investigation to estimate natural mortality of the Atlantic bluefin tuna is needed.

The Group acknowledged the comprehensive summary information on M for Atlantic BFT and encourage authors to participate in current research programs on this topic. It was noted that some of the parameters of M included in the summary table of the document, in particular for the early stages of Atlantic BFT MSE (2015/2017) should be removed as they were only preliminary developments of the MSE process, not used for advice or assessment, and may misinform readers. It was further clarified that for SBT and Atlantic BFT MSE, estimates of M included parameter(s) for senescence of older ages to avoid unrealistic estimates of plus group accumulated biomass in population models. The Group notes that the combination of acoustic tags coupled with an array of receivers is exceptionally powerful for obtaining estimates of natural mortality. The current estimates of Atlantic BFT M for older ages come from estimates obtained via acoustic tags (Block *et al.*, 2019).

The Group noted that, for Atlantic BFT, there are relatively very good estimates of M for older ages from current research programs regarding acoustic telemetry from Canada and Stanford University (USA) studies (Block *et al.*, 2019). There is still a need to validate M for younger ages in particular, and genetic tag studies or close kin genetic estimates, together with the acoustic tagging of juveniles, are likely the best research areas to achieve these objectives. It was further noted that estimates of M based on bio-energetic consumption rates and ecological interactions for bluefin tuna would be difficult to achieve due to the limited data available. Finally, the Group also noted the need for scientists to continue research on estimates of M for tuna and other ICCAT species and welcomed the interest of the authors to collaborate on these research projects within the SCRS.

The objective of the work presented in SCRS/2022/103 was to apply marginal increment analysis (MIA) and marginal edge analysis (EA) to determine the timing of band deposition. MIA was also analysed using General Additive Models. The results indicated that the opaque band starts to form in July and finishes forming in November. There is minimal marginal edge growth from the end of the year to the beginning of the following year, and this is when the translucent band begins to form, before reaching its maximum development in June. MIA and EA have shown that the annulus has been formed in November in the Atlantic bluefin tuna otolith.

Considering the conclusions of the work, whereby the current 1 July adjustment criterion would be adjusted to 30 November, the Group discussed how much this could affect the age allocation of BFT in current catch datasets. There was insufficient information to determine if there were any differences between bands formed in fish caught in the Mediterranean and the Atlantic, although the author suggests that differences are not to be expected, but small differences between juveniles and adults are more likely. Whilst the implications of this new analysis must still be understood, it was explained that the marginal edge type related to the catch date and the birth date must be considered to transform the band count into ages.

SCRS/2022/131 described the characteristics of the Balfegó purse seine (PS) fleet from an operational point of view, with the objective to be able to determine alternative ways of understanding how to improve the standardization of the Balfegó PS fleet CPUE. The paper highlighted the factors associated with fishing activity, such as annual variability in size of the fishing fleet, the narrow spatial and temporal window in which the fleet was operational, and the daily catch limitations due to the number of possible daily transfers. Nominal and standardized catch rates were presented along with the rest of the E-BFT indices.

The Group appreciated the operational details provided in this paper. Various factors which might have influenced or influence the capability of the fleet to catch fish were discussed, including past/current regulations, technological changes (e.g., aerial spotting prior to prohibition of use; horizontal sonars). It was pointed out that since approximately 2009, the fleet has been using technological external support based on oceanographic conditions to forecast tuna location on a daily basis. Operationally, there are practical limitations to actual catch rates because there is a maximum size for schools when being surrounded during a set, with big schools often being split to enable net setting on smaller schools. It was clarified that this practice affects the determination of catch rates based on sets but not determination of the daily catch rates where effort is taken into account. Although the size of BFT in the fishing area covered in the paper typically consists of large fish, in 2022 an increase in the incidence of schools of smaller fish (80-90 kg) was observed; the fleet does not set nets around these schools of smaller fish.

The paper showed that the nominal Balfegó CPUE indices are in line with the dynamics of the Japanese longline index in the northeast Atlantic, but not with the Moroccan and Portuguese trap index (the paper did not explore why this occurred). The Group agreed that having a data matrix with all the operational and environmental information greatly assists modelers in understanding how to move forward for alternative CPUE standardization methods.

SCRS/P/2022/048 on the update on the growth of farmed E-BFT was made available to the Group and presented for discussion. Briefly, the results of the individual fish tagging experiment from 3 experiments in Croatia and Portugal indicated an increase of growth in size compared to wild fish growth models. These results are in agreement with the results presented last year from the Mode progression analysis (MPA) for small (< 100 cm SFL) and medium (100 – 180 cm SFL) fish. These results were incorporated into the modelling of growth in farms using the Regional Observer Program (ROP) harvest database. The ROP harvest database was updated and includes data from 2015-2021 with over 250 thousand samples covering all active bluefin tuna farms.

The Group made specific recommendations on the preliminary analysis related to the tagging input data that will be included in the analysis of growth in farms to be presented prior to the next meeting. It was agreed the BFT Technical Sub-group on farm growth will meet intersessionally to update the work to be provided at the September 2022 Species Group meeting, together with a draft of the response to the Commission.

## **11. Adoption of the report and closure**

The Report of the 2022 Eastern Atlantic and Mediterranean Bluefin Tuna Stock Assessment Meeting was adopted. Drs Rodríguez-Marín and Walter and the SCRS Chair thanked participants and the Secretariat for their hard work and collaboration to finalize the report on time. The meeting was adjourned.



## References

- Aarestrup K., Alemany F., Arregui I., Arrizabalaga H., Cabanellas-Reboredo M., Carruthers T., Hanke A., Lauretta M., Pagá A., Rouyer T., Tensek S., Walter J., Rodríguez-Marín E. 2022. Update of electronic tagging data and methodologies for Atlantic bluefin tuna in order to plan future tagging activities. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 79 (3): 196-210.
- Anonymous. 2013. Report of the 2012 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 4-11 September 2012). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 69 (1): 1-198.
- Anonymous. 2015. Report of the 2014 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 22-27 September 2014). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 71 (2): 692-945.
- Anonymous. 2017. Report of the 2017 ICCAT bluefin stock assessment meeting (Madrid, 20-28 July 2017). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 74 (6): 2372-2535
- Anonymous. 2022. Report of the 2022 eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna data preparatory meeting (including BFT MSE) (online, 18-26 April 2022). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 79 (3): 1-140
- Block B.A., Whitlock R., Schallert R.J., Wilson S., Stokesbury M.J., Castleton M., Boustany A. 2019. Estimating natural mortality of Atlantic bluefin tuna using acoustic telemetry. *Scientific reports*, 9(1): 1-14.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1124-1138.
- Maunder M. 2021. Review of the 2021 West Atlantic bluefin tuna assessment. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 78 (3): 1114-1124.
- Sampedro P., Kimoto A., Ortiz M., Sharma R., Fukuda H., Gordo A., Lauretta M., Rouyer T., Sunderlöf A., Tsukahara Y., Walter J., Rodríguez-Marín E. 2022. Data and initial model set-up for the 2022 stock synthesis stock assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 79 (3): 304-326.
- Sharma R., Walter J., Kimoto A., Rouyer T., Lauretta M., Kell L.T., Porch C. 2017. Eastern Atlantic Ocean bluefin tuna stock assessment 1950-2015 using Stock Synthesis. SCRS/2017/175 (withdrawn).
- Walter J., Winker H. 2019. Projections to create Kobe 2 strategy matrix using the multivariate log-normal approximation for Atlantic yellowfin tuna. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 76 (6): 725-739.

# RAPPORT DE LA RÉUNION DE 2022 D'ÉVALUATION DU STOCK DE THON ROUGE DE L'EST DE LA MÉDITERRANÉE DE L'ICCAT

(Madrid, Espagne, réunion hybride, 4-9 juillet 2022)

## 1. Ouverture, adoption de l'ordre du jour, organisation des sessions et désignation des rapporteurs

La réunion a été tenue au Secrétariat de l'ICCAT à Madrid et en ligne du 4 au 9 juillet 2022. Le Dr Enrique Rodríguez-Marín (UE-Espagne) et le Dr John Walter (États-Unis), rapporteurs pour les stocks de thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée et de l'Atlantique Ouest (E-BFT et W-BFT), respectivement, ont ouvert la réunion et ont occupé les fonctions de co-Présidents. Le Secrétaire exécutif et le Président du SCRS, le Dr Gary Melvin (Canada), ont souhaité la bienvenue aux participants. Les Présidents ont procédé à l'examen de l'ordre du jour qui a été adopté avec certaines modifications (**appendice 1**).

La liste des participants se trouve à l'**appendice 2**. La liste des documents et des présentations soumis à la réunion est jointe à l'**appendice 3**. Les personnes suivantes ont exercé les fonctions de rapporteurs :

<i>Points</i>	<i>Rapporteurs</i>
Points 1 et 11	A. Kimoto
Points 2.1 et 3.1	A. Gordo, M. Ortiz, T. Rouyer
Points 2.2 et 3.2	M. Lauretta, P. Sampedro
Points 2.3 et 3.3	J.J. Maguire
Points 3.4 et 6	E. Rodriguez-Marín, J. Walter, A. Kimoto
Point 4	H. Arrizabalaga, E. Andonegi
Point 5	S. Miller, C. Peterson
Points 7 et 9	E. Rodriguez-Marín, J. Walter
Point 8	S. Tensek
Point 10	S. Deguara, M. Ortiz

## 2. Diagnostics des modèles

### 2.1 VPA

Le document SCRS/2022/101 présentait la CAS révisée de la période réajustée à la hausse (1998-2007), préparée par le petit groupe *ad-hoc* à la suite de la recommandation formulée par le Groupe d'espèces sur le thon rouge (BFTSG) à la réunion de préparation des données sur le thon rouge de 2022 (Anon., 2022). Initialement, en 2012, les captures réajustées à la hausse NEI (non incluses ailleurs) avaient été converties en supposant la même distribution par tailles que celle de la flottille de senneurs de la Méditerranée (PS-MED). Cependant, des informations auxiliaires ont indiqué que la plupart de cette capture non-déclarée était de préférence des poissons de taille moyenne ou de grande taille destinés aux marchés internationaux. Par conséquent, le groupe *ad-hoc* a recommandé d'estimer la distribution par tailles des captures NEI non-déclarées et de leurs estimations dérivées de la prise par taille (CAS) et de la prise par âge (CAA) de tous les engins de pêche actifs en 1998 - 2007, en accordant une plus grande importance aux engins capturant des poissons moyens ou grands, et dans le cas des pêcheries de senneurs, il a été recommandé d'utiliser uniquement la distribution par tailles du trimestre 2. La CAS révisée (ver2b) a été considérée être une meilleure estimation de la distribution par tailles pour les captures réajustées à la hausse NEI (1998 - 2007) et a été proposée pour adoption par le BFTSG.

En réponse aux commentaires du Groupe, il a été expliqué que la capture totale en poids n'était pas affectée, contrairement à la capture en nombre.

Le document SCRS/2022/129 faisait état des scénarios d'évaluation de 2022 pour le thon rouge de l'Atlantique utilisant l'analyse de la population virtuelle (VPA). Le document résumait les valeurs d'entrée des données, les postulats, les résultats provisoires, les diagnostics de la VPA ainsi que les estimations de la série temporelle de la biomasse du stock pour la période 1968-2020, et du recrutement pour la période 1968-2019. Le modèle intégrait des révisions des indices clés, notamment un indice pour les petits poissons (l'indice de la prospection larvaire de la Méditerranée occidentale : WMED\_LARV). L'auteur a présenté une application Shiny qui résume tous les résultats de la VPA dans une interface graphique, qui a été mise à la disposition des participants (<https://bfttuna.shinyapps.io/shinyvpa/>).

Le Groupe a accueilli favorablement cette application et a souligné son utilité pour les discussions de la réunion. Les **tableaux 1** et **2** présentent, respectivement, les scénarios de la VPA et les statistiques d'ajustement du modèle pour chaque scénario.

Le scénario de continuité se basait sur le cas de base de 2017, étant donné que ce modèle n'a pas pu être actualisé en 2020 et qu'aucun autre cas de base n'a été accepté depuis lors. Pour le scénario de continuité (Scénario 288), les ratios de F (ratio du taux de mortalité par pêche à l'âge +10 par rapport au taux de mortalité par pêche à l'âge 9) sont estimés par trois blocs temporels (1968-1980 ; 1981-1995 ; 1996-2007) et établis à 1 pour le dernier (2008-2020). Ce scénario posait plusieurs problèmes, le principal étant les forts schémas rétrospectifs et l'instabilité des résultats, notamment dans les estimations de l'échelle absolue de la biomasse (**figure 1**). Le document présentait plusieurs scénarios reposant sur ce scénario afin d'étudier différents aspects dans l'objectif d'améliorer la modélisation qui avait été suggérée lors des réunions en ligne précédentes.

Un premier axe étudié était la possibilité d'utiliser le groupe +16 en tant que groupe plus, ce qui permettrait de simplifier le postulat formulé pour le ratio de F car il pourrait être plus simple de postuler un ratio de F =1. La VPA est sensible à ce paramètre avec le groupe d'âge plus +10 ; cela constituait donc une source d'amélioration potentielle majeure. Les scénarios visant à étudier l'utilisation de +16 en tant que groupe plus (**figure 2**, Scénarios 289 et 290) indiquaient que le postulat d'un ratio de F égal à un dans toute la période (1968-2020) était associé à un manque d'ajustement à deux indices historiques clés (indices Morocco\_Spain Trap (MOR\_SP\_TP) et palangre japonaise dans l'Atlantique Est et la Méditerranée (JPN\_LL\_EastAtl\_MED)). Les résultats de ces scénarios révélaient plusieurs problèmes, parmi lesquels un recrutement très élevé estimé pour ces dernières années, une augmentation continue de la biomasse du stock reproducteur (SSB) dans l'ensemble de la période pour les scénarios postulant un ratio de F égal à 1 et un fort schéma rétrospectif. L'utilisation de la courbe de Richards (**tableau 2**, Scénarios 291 et 292), d'une variance additive pour les indices (et non multiplicative) (**tableau 2**, Scénario 293) ou l'établissement de la sélectivité pour l'indice WMED\_LARV (**tableau 2**, Scénario 294) n'ont pas permis de résoudre ces problèmes. Les scénarios utilisant +16 n'ont généralement pas amélioré les diagnostics du modèle.

Le deuxième axe portait sur l'étude de l'aspect de stabilité du scénario de continuité (Scénario 288). Lors des discussions intersessions précédentes, le Groupe avait sollicité un test sur l'impact des ratios de F sur l'échelle globale de la VPA. Ce test visait à déterminer si l'échelle de la VPA pouvait être résolue de façon statistique. Ce test consistait à fixer le ratio de F pour la première année de la VPA à une valeur donnée puis à estimer les différents blocs temporels pour le ratio de F. Les résultats ont montré qu'aucune différence significative (c.-à-d., >2 unités de la fonction objective) ne pouvait être constatée entre les tests (**tableau 3**). Cela signifiait que les ratios de F ne pouvaient pas être estimés de la façon opportune. Les études suivantes ont donc tenté d'établir les ratios de F à des valeurs a priori, en examinant les statistiques du rho de Mohn pour qu'un biais rétrospectif oriente l'étude. L'établissement de la valeur du ratio de F à 1 pour les blocs temporels du ratio de F au cours de la période 1968-1995 et une légère modification des paramètres de recherche (Scénario 295) ont amélioré la stabilité globale de la VPA (**figure 3**). Une modification a ensuite été apportée à la contrainte de vulnérabilité, de telle sorte qu'elle soit appliquée aux âges 5-9 plutôt qu'aux âges 1-9, le motif étant que les âges 1-4 ne sont pas les âges ciblés par les plus grandes flottilles (senneurs, madragues, palangriers). Cette contrainte de vulnérabilité appliquée sur 6 années ainsi qu'une contrainte sur le recrutement appliquée sur 6 années produisaient un scénario avec un meilleur schéma rétrospectif (Scénario 287, **figure 3**).

Des scénarios supplémentaires visant à profiler le ratio de F pour les deux blocs temporels 1968-1995 et 2008-2020 montraient que le postulat d'un ratio de F de 0,75 pour les deux blocs donnait lieu à la valeur minimale de la fonction objective (**tableau 4**, Scénario 286 : **tableau 2** et **figure 4**). Les tentatives d'intégrer l'indice de prospection aérienne du GBYP de la Méditerranée occidentale (WMED\_GBYAER) (Scénario 303) ne présentaient pas un ajustement à cet indice particulièrement satisfaisant (**figure 5**) et aucun test additionnel n'a été réalisé avec cet indice. Le Groupe a alors considéré que la sélectivité pour l'indice WMED\_LARV devrait être fixée et que la limite supérieure pour les estimations de la F terminale pour les âges 1-5 pourrait être réduite afin d'éviter des solutions dans lesquelles une mortalité par pêche terminale atteignant son maximum aux âges 4-6 était observée (Scénario 367). De plus amples recherches ont montré qu'en modifiant la force de la contrainte de vulnérabilité et de recrutement pour la ramener aux valeurs d'origine, la fonction objective était améliorée (Scénario 385, **tableau 2**). Le Scénario 385 s'est avéré converger correctement et ne montrait pas de schéma rétrospectif problématique.

Les fluctuations de la graine pour le générateur de nombres aléatoires et des valeurs de la F terminale montraient des ajustements du modèle cohérents, et les bootstraps indiquaient que la médiane des bootstraps était proche du scénario déterministe (**figure 6**). Le retrait d'un indice à la fois montrait que l'indice JPN\_LL\_NEAtMed avait un effet sur l'échelle globale de la VPA, tandis que le retrait d'autres flottilles avait un impact réduit sur la tendance globale (**figure 7**).

Plusieurs scénarios de sensibilité ont été exécutés. L'estimation du ratio de F pour le bloc temporel 1996-2007 produisait une solution avec une fonction objective légèrement plus négative mais montrait un fort schéma rétrospectif (Scénario 386, **figure 7**). Un profilage bidimensionnel des ratios de F pour le premier bloc temporel (1968-1995) et le deuxième (2008-2020) pour lesquels le ratio de F est fixé, montrait que tous les scénarios, sauf un, avaient une différence dans la fonction objective qui était supérieure à 2 (**tableau 5**). Ce scénario (0 dans le **tableau 5**, Scénario 418) était très similaire au Scénario 386 en termes de ratios de F et présentait un fort schéma rétrospectif (**figure 8**). Par conséquent, le Groupe a choisi le Scénario 385 comme cas de base pour la VPA.

En ce qui concerne la VPA du thon rouge de l'Est de 2017 (Anon., 2017), les résultats du modèle étaient influencés par l'ajout et la révision de données d'entrée, notamment la révision des postulats de la distribution par tailles pour les « captures réajustées à la hausse » de la période 1998 – 2007 (SCRS/2022/101) et d'autres changements communiqués et discutés lors de la réunion de préparation des données de 2022 (Anon., 2022).

## 2.2 Stock Synthesis

Le BFTSG avait tenté d'appliquer Stock Synthesis au stock de thon rouge de l'Est en 2017 (Sharma *et al.*, 2017) et l'objectif des travaux de cette réunion vise à mettre à jour ce modèle de 2017 pour l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est de 2022. Deux changements majeurs se sont produits par rapport à l'évaluation du stock de 2017 en ce qui concerne la structure des flottilles et les postulats de sélectivité. Sampedro *et al.* (2022) ont présenté les données des valeurs d'entrée et la configuration initiale du modèle d'un scénario préliminaire pour l'évaluation du stock de 2022 utilisant Stock Synthesis à la réunion de préparation des données sur le thon rouge de 2022 (Anon., 2022).

Les scénarios préliminaires de Stock Synthesis présentés à la réunion de préparation des données sur le thon rouge de 2022 (Anon., 2022) démontraient l'incapacité à estimer la croissance ( $L_{inf}$  en particulier) dans le modèle, faute d'informations de taille par âge pour les âges les plus avancés. Le document SCRS/P/2022/046 indiquait que les estimations de la croissance de Stock Synthesis pour le modèle de l'Atlantique Ouest, incluant un grand nombre de poissons originaires de l'Atlantique Est et dont l'âge des otolithes avait été déterminé, donnaient lieu à une  $L_{inf} = 272$  et  $273$  cm, d'après les évaluations de 2020 et de 2021, respectivement. Les flottilles du nord de ligne à main du Canada et de senneurs (PS) de la Norvège semblent capturer les thons rouges les plus grands observés avec des modes supérieurs proches de 270 cm et une  $L_{max}$  proche de 340 cm. Les distributions de la taille par âge et les estimations de la taille moyenne des classes d'âges plus avancés dans les pêcheries de la zone Ouest du stock mixte soutiennent la fonction de croissance de Richards. Faisant suite aux recommandations de cette étude, le Groupe a convenu d'établir  $L_{inf} = 271$  cm, de se baser sur le postulat d'un modèle de croissance de Richards et d'une sélectivité asymptotique pour les senneurs norvégiens au cours de la période 1970 à 1981 dans le modèle Stock Synthesis pour le thon rouge de l'Est.

Le Groupe a examiné le cas de base proposé pour l'évaluation du thon rouge de l'Est utilisant Stock Synthesis (SCRS/2022/128). Le modèle s'étend de 1950 à 2020 et a été ajusté aux données de composition par taille, aux données conditionnelles d'âge par taille (paires de longueur-âge d'otolithes et d'épines), 16 flottilles de pêche et 11 indices d'abondance (**tableau 6**). La croissance est modélisée par une fonction de Richards avec  $L_{inf}$  fixée à 271 cm et le paramètre de forme de Richards est estimé par le modèle. Une relation stock-recrutement de Beverton-Holt a été estimée dans le modèle avec la pente et  $\sigma_R$  fixés à 0,9 et 0,6, respectivement.  $R_0$  est estimé librement.

Le Groupe a étudié plusieurs scénarios (**tableau 7**) afin d'améliorer les diagnostics du modèle et il a été convenu du cas de base du modèle, le scénario 16 repondéré, en apportant les changements suivants au cas de base proposé dans le document SCRS/2022/128 :

- Mise à l'échelle interne de M en utilisant la méthode de Lorenzen (âge 20, M de référence = 0,1).
- La mortalité par pêche initiale des flottilles 13 (madrague de l'UE-Espagne/Maroc/UE-Portugal avant 2011), 15 (autres madragues) et 16 (autres) est estimée par le modèle.
- Le paramètre de croissance K est estimé par le modèle.
- La sélectivité des flottilles est améliorée par le biais d'une meilleure définition initiale des paramètres et l'inclusion de plusieurs priors en tant que de besoin.

- Équilibrage du modèle en repondérant les compositions par tailles à l'aide de la méthode de Francis (Francis 2011).

Le cas de base du modèle Stock Synthesis, le scénario 16 repondéré, présentait une convergence relativement bonne (gradient final =  $5.84607e-05$ ), avec une matrice hessienne positive définitive. Ces estimations comportaient quatre paramètres de croissance du modèle, trois paramètres initiaux de F, 75 écarts du recrutement et les paramètres restants étaient les paramètres de sélectivité basés sur la taille des flottilles. Le **tableau 8** présente les estimations des paramètres, les erreurs types asymptotiques et les priors assignés. Les priors n'ont été assignés qu'aux paramètres de sélectivité qui présentaient de très grands écarts types après l'ajustement initial du modèle en vue d'améliorer sa stabilité globale.

Une analyse de jitter a été conduite pour évaluer si le modèle convergait vers une solution globale, en appliquant un écart aléatoire aux valeurs de départ de 10%. Certains scénarios de jitter indiquaient une vraisemblance logarithmique négative inférieure au cas de base du modèle (**figure 10**), associée à un meilleur ajustement aux données conditionnelles de l'âge par taille, mais présentaient un changement de sélectivité associé de l'autre flottille palangrière. Le Groupe a constaté que l'échelle et la tendance de la biomasse et du recrutement du stock dans le scénario 16 repondéré étaient similaires aux scénarios de jitter avec une vraisemblance plus faible (**figure 11**). Par conséquent, le Groupe a convenu d'utiliser ce modèle en tant que cas de base du modèle Stock Synthesis (scénario 16 repondéré).

Des diagrammes des données observées par opposition aux données ajustées et des diagrammes des valeurs résiduelles ont été examinés afin d'évaluer l'ajustement du modèle aux indices (**figures 12 et 13**) et aux données de composition par tailles (**figure 14**). Dans l'ensemble, le modèle démontrait un ajustement aux indices d'abondance relativement satisfaisant. Des tests des scénarios ont été appliqués aux séries résiduelles de chaque indice et composition par tailles afin d'évaluer quantitativement le caractère aléatoire de l'ajustement global aux différentes séries temporelles. Il n'y avait pas d'éléments de preuve ( $p \geq 0,05$ ) pour rejeter l'hypothèse de valeurs résiduelles distribuées de forme aléatoire pour tous les indices, à l'exception des madragues marocaines et espagnoles (S1), la première partie de la canne espagnole (S3) et la prospection aérienne du GBYP pour la Méditerranée occidentale (S11). Un seul point de données tombait en dehors des limites de sigma trois pour les indices (**figure 15**). En revanche, il y avait un manque d'ajustement systématique à la taille moyenne de plusieurs flottilles (**figure 16**), dont certaines apportaient des preuves d'un changement de sélectivité au fil du temps qui n'a pas pu être résolu efficacement dans le temps imparti tout en maintenant la stabilité du modèle.

Un profil de vraisemblance a été créé en ce qui concerne le recrutement non pêché en conditions d'équilibre moyen estimé (R0, échelle logarithmique) pour une gamme de valeurs comprises entre 7,5 et 8,5 (**figure 17**). Le profil de R0 par composante de données montrait un minimum cohérent pour la capture en conditions d'équilibre qui informait la meilleure estimation globale. Il y avait un profil moins défini pour l'autre source de données sans minimum clair.

L'analyse rétrospective (**figure 18**) indiquait que la biomasse du stock reproducteur et la mortalité par pêche étaient uniformément estimées, avec des estimations du rho de Mohn de -0,15 et 0,03, respectivement. Toutefois, il y avait un biais rétrospectif clair dans les estimations du recrutement récent. Plus précisément, les estimations du recrutement depuis 2011 présentaient un haut niveau d'incertitude quant à la valeur estimée et variaient notamment avec chaque année de donnée supprimée. Ce biais rétrospectif a conduit à la recommandation de corriger les estimations du recrutement récent depuis 2011 à R0 pour toutes projections du modèle.

### 2.3 Autres modèles

#### ASAP

Le programme d'évaluation structuré par âge (ASAP) a été appliqué au thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée pour l'évaluation du stock de 2022 (SCRS/2022/125). ASAP est un modèle statistique de prise par âge qui est ajusté aux séries temporelles des captures observées, de composition par âge et aux indices d'abondance. Les applications précédentes d'ASAP à flottille unique pour les évaluations du thon rouge de l'Atlantique de 2017 et 2020 ont été mises à jour et révisées et des modèles alternatifs pluri-flottilles ont été étudiés.

Des modèles ASAP pluri-flottilles ont été développés pour ajuster les données de captures et estimer la sélectivité de chaque flottille des indices ainsi que pour la flottille des senneurs de la Méditerranée. Les scénarios pluri-flottilles étaient rétrospectivement cohérents et s'ajustaient bien aux données disponibles avec certains schémas résiduels.

Le Groupe a réalisé que la CAA pour l'approche pluri-flottilles devait être révisée mais qu'il manquait de temps pour mener à bien cette tâche lors de la réunion. Les données d'entrée seront ultérieurement vérifiées et corrigées, le cas échéant, à l'issue de la réunion. La discussion ci-dessous porte sur l'application à flottille unique.

ASAP est un type de modèle intermédiaire entre la complexité de Stock Synthesis et la relative simplicité de la VPA. Les applications précédentes d'ASAP pour le thon rouge de l'Est n'ont pas rencontré de problèmes d'échelle mais, étant donné que les récentes évaluations de la VPA ont rencontré des problèmes d'estimation de l'échelle, les trois types de modèles étudiés en 2022 ont été examinés plus avant en ce qui concerne leur capacité à déterminer l'échelle. Pour la VPA, cela a été réalisé par le profilage du ratio initial de F et en estimant le ratio de F au cours de trois périodes différentes. Pour ASAP, cela a été réalisé par le profilage du recrutement moyen (**figure 19**) et de la F initiale et en se basant sur le postulat qu'il n'y avait pas d'écarts du recrutement (**figure 20**). Pour ASAP, l'exercice a montré que l'estimation du recrutement moyen et de la F initiale avait un faible CV (10%).

### 3. Résultats de l'évaluation

#### 3.1 VPA

##### 3.1.1 Ajustements du modèle

Les résultats du Scénario 385 (**tableau 1**, fichier de contrôle à l'**appendice 5**) indiquaient une réduction de la biomasse du stock reproducteur à partir des années 1970 jusqu'aux années 1990, demeurant à de faibles niveaux avant d'afficher une hausse depuis 2010 (**figure 21**). Le recrutement suivait la tendance opposée jusqu'en 2010, année où il a commencé à augmenter. Après être restée à un niveau élevé, la mortalité par pêche pour les âges 2-5 chutait en 2007. Son niveau est resté faible depuis lors. La mortalité par pêche pour le groupe plus augmentait pour atteindre un niveau élevé dans les années 1990, suivi d'une baisse à la fin des années 2000. Elle est en augmentation depuis lors. L'ajustement aux indices s'est avéré acceptable pour la plupart d'entre eux mais le modèle ne s'ajustait pas bien aux indices WMED\_LARV, SP\_BB2 et JPN\_LL\_NEA2 (**figure 22**).

L'évaluation actuelle a produit une performance plus stable que l'évaluation de 2017 (**figure 23**). L'évaluation actuelle montre une amélioration de l'analyse rétrospective de la SSB et de R (**figure 24**).

##### 3.1.2 État du stock

Les mêmes critères utilisés depuis 2017 pour déterminer l'état du stock ont été utilisés dans l'évaluation de 2022 pour chaque modèle, y compris la VPA. Cela a été obtenu en comparant la  $F_{\text{actuelle}}$  (la moyenne géométrique de la F apicale au cours des années 2017-2019) à la  $F_{0,1}$  estimée. Pour la VPA, l'estimation de  $F_{0,1}$  est légèrement affectée par le recrutement postulé pour les dernières années. Le Groupe a convenu d'utiliser deux scénarios différents. Le premier était similaire à 2017, consistant à remplacer les quatre dernières années du recrutement (2017-2020) par la moyenne géométrique du recrutement sur 2007-2016, et le deuxième visait à utiliser la moyenne géométrique sur 1968-2016 (*cf.* point 6). Pour ces deux scénarios,  $F_{\text{actuelle}}$  s'est avérée être supérieure à  $F_{0,1}$ , indiquant une surpêche ( $F_{\text{actuelle}}/F_{0,1}=1,16$ ).

#### 3.2 Stock Synthesis

##### 3.2.1 Ajustements du modèle

La **figure 25** représente la série temporelle des estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB), de la mortalité par pêche (le taux d'exploitation de la biomasse a été utilisé en tant que mesure de substitution) et du recrutement (âge 0) pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré, fichier de contrôle à l'**appendice 6**). La SSB affichait un fort déclin entre 1950 et 1970 en réponse à une augmentation des captures et la SSB demeurait à un niveau plus faible et relativement stable jusqu'en 2010. La SSB présentait une augmentation régulière depuis 2010 jusqu'à la fin de la série temporelle en 2020.

Le modèle estimait des périodes distinctes de recrutements faibles et élevés (**figure 25**). Plus précisément, la période avant 1989 présentait des estimations du recrutement plus faibles par rapport à la période de 1989 à 2006. Des niveaux de recrutement similaires à la première partie de la période ont été estimés entre 2007 et 2011, et après cette date, les estimations révèlent une grande incertitude, indiquant qu'il existe un manque d'informations dans le modèle pour renseigner le recrutement récent. Des recrutements élevés ont notamment été estimés pour les années 1994 et 2003, qui sont cohérents avec les précédents signaux du modèle et les observations de recherche.

Le taux d'exploitation de la biomasse a été utilisé en tant que mesure de substitution de la mortalité par pêche en tant que ratio de la capture par rapport à la biomasse. En général, les estimations du taux d'exploitation (**figure 25**) étaient faibles au début de la série temporelle mais augmentaient nettement au cours des années 1980 pour atteindre une mortalité par pêche maximum en 1997, demeurant élevées jusqu'en 2007 où une importante réduction des captures s'est produite. Les estimations des taux d'exploitation ont été régulièrement plus faibles depuis 2010, avec une estimation du taux de capture de la dernière année en 2020 de près de 7% de la biomasse totale.

### 3.2.2 État du stock

Pour Stock Synthesis, l'estimation de  $F_{0,1}$  (le taux d'exploitation) est de 0,091, en se basant sur le postulat du récent schéma de sélectivité (2018-2020). La  $F$  actuelle (le taux d'exploitation) calculée en tant que moyenne géométrique de  $F$  pour les années 2018-2020, était de 0,065, et la  $F_{\text{actuelle}}$  par rapport au point de référence de  $F_{0,1}$  était de 0,72, indiquant qu'il n'y a pas de surpêche dans le stock.

## 3.3 Autres modèles

### 3.3.1 Ajustements du modèle

#### ASAP

Contrairement à la VPA, les modèles statistiques d'âge ou de taille, comme ASAP, ne se basent pas sur le postulat que la capture totale ou la prise par âge sont connues avec exactitude. Les discussions tenues à la réunion de préparation des données (Anon., 2022) ont relevé les incertitudes quant à la véritable valeur des captures de la période réajustée à la hausse (1998-2007). Les attentes étaient que les captures réelles pourraient être même plus élevées que celles estimées dans la série réajustée à la hausse. Pour étudier cette question, les CV des captures totales ont été accrus, de 0,1 à 0,20. Toutefois, l'augmentation des CV des captures totales en 1998-2007 a donné lieu à des captures prédites qui étaient nettement inférieures aux captures réajustées à la hausse pour toutes les années de la période, voire, pour certaines années, inférieures aux captures officiellement déclarées. Le Groupe a noté que les captures réajustées à la hausse se basaient sur des informations qui étaient les meilleures informations disponibles (Anon., 2017). Le Groupe a estimé que les captures officiellement déclarées constituaient une estimation minimum absolue. Le postulat d'un CV=0,20 (scénario 2 du cas de base, fichier de contrôle à l'**appendice 7**) donnait des captures totales estimées se situant entre les captures officiellement déclarées et les captures réajustées à la hausse (**figure 26**). Le Groupe a noté que des CV plus élevés pour la période réajustée à la hausse et des captures estimées plus faibles donnent lieu, pour la période réajustée à la hausse, à une estimation du recrutement plus faible.

Le Groupe a demandé d'appliquer un CV = 0,10 et un CV = 0,01 pour toutes les années à des fins de comparaison avec les autres approches de modélisation. Ils ont été mis à la disposition du Groupe (**figure 27**, seul le CV=0,01 a été comparé au scénario 2 du cas de base). L'expert externe a suggéré de tenter d'estimer les captures excessives des captures réajustées à la hausse dans les futures évaluations.

Le modèle ASAP à flottille unique s'ajustait généralement bien aux données (**figure 28**) et était rétrospectivement cohérent pour la SSB et la  $F$  mais pas pour le recrutement (**figure 29**). Toutefois, il existait des schémas résiduels dans la composition par âge et des incertitudes dans les paramètres de sélectivité, en particulier pour la période récente (**figure 30**). Les estimations du modèle semblent indiquer un important changement de sélectivité à la fin des années 1990, passant d'une sélection totale des jeunes âges et d'une sélection partielle des âges plus avancés avant 1999, à une sélectivité partielle des jeunes âges et à une sélection totale des âges plus avancés depuis 1999. Cela coïncide avec les changements de réglementation et avec le renforcement du suivi, contrôle et surveillance. Les résultats du modèle suggèrent que le stock s'est réduit depuis les années 1970 jusqu'au début des années 2000, puis s'est rétabli au cours de la dernière décennie à partir d'un fort recrutement récent et d'une faible mortalité par pêche (**figure 31**).

L'exécution d'ASAP sans l'indice larvaire de la Méditerranée occidentale et sans les prospections aériennes françaises, les deux seuls indices disponibles pour la Méditerranée, donne à penser à un recrutement plus faible depuis la fin des années 1990 (**Figure 32**). Même si elles sont plus élevées que pour la période de 1968 à 1990, les estimations du recrutement moyen pour 2000 à 2020 sont 1,45 fois la moyenne de la période 1968 à 1990, tandis que pendant la période des captures réajustées à la hausse, le recrutement moyen est de 2,5 fois plus élevé que pendant la période 1968-1990.

### 3.3.2 État du stock

Pour ASAP, le Groupe a convenu d'utiliser le scénario ASAP avec un CV de 20% sur la série de captures et l'estimation de  $F_{0,1}$  est de 0,160, en se basant sur le postulat du récent schéma de sélectivité (2015-2020). La  $F$  actuelle (la moyenne géométrique de la  $F$  apicale pour les années 2018-2020) était de 0,087, et la  $F_{\text{actuelle}}$  par rapport au point de référence de  $F_{0,1}$  était de 0,542, indiquant qu'il n'y avait pas surpêche dans le stock.

### 3.4 Synthèse des résultats de l'évaluation

Trois plateformes de modèles d'évaluation ont été appliquées pour réaliser l'évaluation du stock de thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée en 2022. Comme dans les évaluations précédentes, une analyse de la population virtuelle VPA-2Box a été utilisée, et deux autres plateformes, Stock Synthesis et le programme d'évaluation structuré par âge (ASAP), ont été appliquées dans le développement de l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est. Pour la première fois, il a été possible de mener à bien l'évaluation à l'aide de trois modèles pour le thon rouge de l'Est. Cela nous permet de comparer les résultats à l'aide de plateformes qui utilisent différentes approches pour évaluer l'état du thon rouge de l'Est.

À des fins de comparaison de l'état du stock, le Groupe a convenu d'inclure le scénario ASAP avec un CV de 20% (scénario 2 du cas de base d'ASAP) sur la série de captures pour la période 1998 à 2007, qui a été considéré comme étant le meilleur modèle par l'équipe de modélisation. Ce modèle estimait une série de captures plus faibles (c.-à-d. ponctions totales) pour la « période réajustée à la hausse » (1998-2007) : 5.649 – 17.304 t de moins que les autres plateformes d'évaluation VPA et Stock Synthesis qui ont un ajustement presque exact à la capture (**figure 26**).

Plusieurs facteurs continuent d'influencer l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est : la pénurie d'indices couvrant la période des fluctuations des captures en Méditerranée ; les incertitudes quant à la véritable valeur des captures réalisées pendant la période réajustée à la hausse (1998-2007) ; l'effet des mesures de gestion sur l'obtention d'informations sur l'abondance des juvéniles et les changements de stratégies de pêche et de sélectivité ; et des lacunes dans la couverture spatio-temporelle des statistiques détaillées de captures, de tailles et d'effort pour plusieurs pêcheries, en particulier pour les senneurs de la Méditerranée et avant la mise en œuvre des caméras stéréoscopiques en 2014.

Les trois modèles présentent des tendances similaires de la SSB (**figure 33, tableau 9**), avec une diminution progressive de la SSB à partir des années 1970 jusqu'à la mise en œuvre du plan de rétablissement pour cette espèce mis en place en 2007 ([Rec. 07-04](#)). Depuis la fin des années 2000, la SSB a nettement augmenté bien que l'ampleur et le taux d'augmentation diffèrent entre les trois modèles, la VPA indiquant une augmentation de la biomasse et du stock plus faible et le modèle ASAP indiquant la plus forte augmentation. L'incertitude quant au taux et à l'ampleur de l'augmentation de la SSB peut être constatée dans les trois plateformes et dans les scénarios de sensibilité de chaque plateforme, notamment ces dernières années (**figure 33**).

La mortalité par pêche du groupe d'âge 2-5 et des poissons de plus de 10 ans (**figure 33, tableau 9**) affichait une tendance à la hausse depuis les années 1970, même si la  $F$  du groupe d'âge 2-5 présente une nette diminution depuis la fin des années 1990, tandis que la mortalité par pêche du groupe adulte ( $F$  de l'âge +10) présente une très forte réduction depuis l'établissement du plan de rétablissement de 2007 ([Rec. 07-04](#)). Les récentes augmentations du TAC jusqu'aux niveaux actuels reflètent également l'augmentation de la mortalité par pêche.

Les recrutements estimés par les trois plateformes d'évaluation (**figure 33, tableau 9**) indiquent une forte variabilité, particulièrement dans la période récente, mais en général il y a deux périodes : une avec de faibles recrutements avant 1990 et l'autre avec des recrutements plus élevés par la suite. Il est à noter que les trois plateformes ont toutes identifié la forte classe d'âge de 2003. Les estimations des dernières années indiquent une nette augmentation du recrutement bien qu'il existe des incertitudes quant à son ampleur, tel que reflété par les différences entre les trois modèles et la variabilité au sein de chaque modèle. Les estimations de la biomasse totale (**figure 34, tableau 9**) indiquent une similitude entre Stock Synthesis et la VPA ces dernières années, ASAP indiquant une biomasse totale plus élevée. Les séries temporelles du taux d'exploitation indiquent également des schémas largement similaires (**figure 34, tableau 9**).

L'état du stock indiqué par la relation entre la mortalité par pêche actuelle et  $F_{0,1}$ , indique un état de surpêche dans l'estimation obtenue par la VPA ( $F_{\text{actuelle}(2017-2019)}/F_{0,1}$  avec des intervalles de confiance de 95% = 1,16 (0,73 - 1,62)) dans les deux scénarios de recrutement tandis que Stock Synthesis ( $F_{\text{actuelle}(2018-2020)}/F_{0,1}$  = 0,72 (0,62 - 0,80) utilisant la mesure de substitution du taux d'exploitation) et ASAP ( $F_{\text{actuelle}(2018-2020)}/F_{0,1}$  = 0,54 (0,48 - 0,60)) indiquent qu'il



n'y a pas de surprise. Les différents modèles indiquaient une fourchette d'état du stock relativement vaste par rapport au point de référence  $F_{0,1}$ . Le Groupe tiendra dûment compte des forces et des faiblesses de chaque plateforme de modélisation pour la formulation de l'état du stock pour le Résumé exécutif.

#### 4. Premier retour d'information de l'examen indépendant

Le réviseur externe, Dr Ianelli, a présenté ses commentaires tant sur l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est que sur le processus de MSE (Anon., 2022), basés pour la plupart sur les avancées réalisées à la réunion de préparation des données sur le thon rouge de l'Est (Anon., 2022), et en mettant en avant les questions en lien avec les données de captures, les indices, les postulats biologiques et les problèmes posés par les différentes plateformes de modélisation.

Le Groupe a remercié le réviseur pour sa participation au processus et ses observations soumises jusqu'à présent qui ont permis au Groupe de discuter de différentes questions et à prendre des décisions en temps opportun afin d'améliorer l'évaluation finale et l'avis de gestion associé. Une participation directe est également l'occasion pour le réviseur de clarifier toute question avec le Groupe. Le Groupe a discuté de manière approfondie de plusieurs questions, comme résumé ci-après.

Le Groupe a discuté de la meilleure façon de spécifier les blocs temporels en ce qui concerne la sélectivité dans Stock Synthesis, dans le cas des canneurs par exemple, ou lorsqu'il existe un effet de ciblage de cohortes. Le réviseur a reconnu qu'il s'agit d'une question essentielle. Il a suggéré de se pencher sur les analyses ASAP et a fait référence à un atelier du CAPAM (*Center for the Advancement of Population Assessment Methodology* (Centre pour l'avancement de la méthodologie d'évaluation des populations)) portant sur cette question. Le réviseur a indiqué qu'il préférerait des approches plus statistiques mais a reconnu que l'utilisation de différentes approches permettait de tirer des enseignements de leurs différences.

L'un des problèmes fondamentaux en lien avec les données concerne l'échelle absolue des ponctions pendant la période des « captures réajustées à la hausse ». Le Groupe a noté que les estimations actuelles ASAP sont inférieures aux meilleures estimations de l'ICCAT qui ont été postulées comme valeurs d'entrée des plateformes de VPA et de Stock Synthesis (qui se basaient sur les estimations de la capacité historique), et a suggéré que l'importance ou l'incertitude quant aux ponctions totales pourrait être vérifiée dans la MSE.

En 2021, l'évaluation du thon rouge de l'Ouest avait été vivement critiquée par le réviseur à ce moment-là, compte tenu du fait qu'elle ne tenait pas compte du mélange (Maunder, 2021). Le Groupe a expliqué que le mélange affecterait également cette évaluation mais que ce problème était considéré mineur, comme le suggèrent les efforts de MSE déployés jusqu'ici et les scénarios historiques de la VPA intégrant le mélange. En effet, seule une petite fraction du stock Est est capturée dans la zone Ouest par rapport à la zone Est (et donc non prise en compte dans cette évaluation de l'Est), et qu'un pourcentage faible/négligeable de spécimens originaires de l'Ouest est capturé dans la zone Est (n'affectant pas non plus les tendances du stock de l'Est).

Il a été rappelé au Groupe que le marquage électronique n'avait pas révélé de migration importante de spécimens originaires de l'Ouest dans la zone Est. En outre, lors de l'analyse du stock d'origine dans les échantillons du stock de l'Est, les faibles proportions du stock de l'Ouest observées s'inscrivent généralement dans la gamme des taux d'erreur d'attribution pour les différentes méthodes d'attribution (génétique et chimie des otolithes).

Le Groupe s'est également demandé si les effets prétendument négligeables du mélange pour l'évaluation du stock de l'Est pourraient devenir plus pertinents pour les premières parties de la période, lorsque le ratio de captures dans la zone Ouest était plus élevé que la capture dans la zone Est. Cela pourrait avoir une influence sur la tendance de l'abondance pour le stock de l'Est. Toutefois, le Groupe a noté qu'il ne pouvait pas attribuer ces captures, de manière fiable, à l'un des stocks et que la VPA historique du stock mixte avait conclu que le mélange n'était pas une source de biais dans les estimations de la biomasse du stock de l'Est.

Finalement, d'après la révision initiale, même si plusieurs questions méritent d'être étudiées et de faire l'objet de travaux futurs, il n'y avait pas d'obstacle majeur à la poursuite de l'évaluation à ce stade. Il a été noté que le réviseur soumettra une révision finale de l'ensemble du processus à la réunion du Groupe d'espèces de septembre.

## 5. Thèmes liés à l'évaluation de la stratégie de gestion

Le Groupe a reçu le document SCRS/2022/126 sur les mises à jour de la procédure de gestion possible (CMP) BR. De légères modifications ont été apportées à la pondération des indices, et des variantes supplémentaires de la CMP ont été développées en réponse aux demandes formulées lors de la deuxième réunion intersessions de la Sous-commission 2 sur la MSE pour le thon rouge (9-10 mai 2022) (par exemple, calibrages alternatifs, restrictions sur les changements de pourcentage de TAC, y compris période d'introduction progressive, durée du cycle de gestion). Le Groupe a noté que la VarC (variation du TAC (%)) doit être recalculée pour toutes les variantes ayant un cycle de gestion de trois ans, car les valeurs actuelles de la VarC sont basées sur des changements de TAC tous les deux ans.

Comme discuté précédemment avec la Sous-commission 2, le SCRS prévoit de calibrer la performance de chaque CMP afin de cibler plus directement les seuils que la Sous-commission 2 a identifiés pour la performance de la biomasse ( $LD^*$  : épuisement le plus faible (c.-à-d. SSB par rapport à la  $SSB_{PME}$  dynamique) sur les années 11-30 de la période de projection ; seuil actuel de  $LD^*_{15}=0,40$ ) et la probabilité de se trouver dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (PGK ; seuil actuel de  $PGK=0,60$ ). Ce calibrage des performances est effectué pour atteindre les seuils que la Sous-commission 2 a établis tout en améliorant les productions. On s'attend à ce que les CMP qui ont des performances plus élevées en matière de biomasse ( $LD^*$ ) et des probabilités plus élevées de se trouver dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (PGK) pendant le calibrage du développement soient plus à même d'augmenter leurs résultats de production lorsqu'elles sont calibrées sur la performance.

Un développeur de CMP a présenté les résultats de CMP de BR calibrés uniquement pour des niveaux alternatifs de  $LD^*$  ( $LD^*_{15} = 0,4$ ,  $LD^*_{12}=0,4$ ,  $LD^*_{10}=0,4$ ) comme un premier exemple du processus de calibrage des performances. Le  $LD^*$  s'est avéré utile pour le calibrage des performances, et le pourcentage de  $LD^*$  cible déterminerait l'agressivité de la CMP. Toutefois, l'analyse n'a pas calibré le PGK, un autre critère de seuil, de sorte qu'il pourrait également être nécessaire de considérer cet objectif de statut. Si l'on se contente de calibrer  $LD^*_{15}=0,4$ , on risque de ne pas atteindre le PGK à 60%, ce qui devrait être pris en compte dans le calibrage ultérieur des performances. L'analyse a trouvé une relation relativement linéaire entre les valeurs de la médiane occidentale et orientale de Br30 (Br (c'est-à-dire ratio de biomasse, ou SSB par rapport à la  $SSB_{PME}$  dynamique) après 30 ans) pour les valeurs de  $LD^*$  entre  $LD^*_{10}$  et  $LD^*_{15}$ , ce qui indique que les résultats du calibrage à différentes valeurs de  $LD^*$  pourraient être raisonnablement estimés par interpolation.

La CMP calibrée plus agressivement pour  $LD^*$  a connu une plus grande variabilité des captures et une gamme plus large pour les Br30 prévus (c'est-à-dire une stabilité réduite et un risque plus important). L'analyse comprenait des diagrammes en forme de vers pour chaque variante de la CMP et pour chaque OM, afin de montrer la variabilité potentielle des captures et des trajectoires de la biomasse. Le Groupe a convenu que les diagrammes en forme de vers sont un moyen efficace d'illustrer pourquoi une variabilité élevée pourrait être indésirable. Le Groupe a également noté que l'analyse reflétait le compromis entre la sécurité des stocks de l'Est et les prises de la zone Ouest. Au cours du processus de calibrage du développement, où les CMP ont été calibrées sur des cibles de la médiane Br30, on a constaté que les performances s'amélioraient lorsque la cible de la médiane de Br30 du stock oriental était supérieure à la cible de la médiane de Br30 du stock occidental (1,5, 1,25, respectivement). Cependant, lors de ce calibrage initial des performances sur  $LD^*$ , la médiane de Br30 était plus élevée pour le stock occidental et plus basse pour le stock oriental. Ceci pourrait être contré en utilisant des probabilités de  $LD^*$  différentes pour les zones Est et Ouest si cela est acceptable pour la Sous-commission 2.

L'un des Coprésidents a présenté les résultats actualisés et compilés par le consultant sur la MSE (SCRS/P/2022/047), y compris un aperçu des outils actuels de Shiny App et de nouvelles statistiques de performance. Le Groupe a discuté des exigences en matière de données pour finaliser les calculs de statistiques de performance, y compris C1. Les données de capture pour 2021 doivent être soumises au Secrétariat avant le 31 juillet 2022, mais les indices ne sont généralement pas mis à jour avant la réunion du Groupe d'espèces de fin septembre. Il a été proposé que les développeurs d'indices fassent tout leur possible pour fournir leurs indices mis à jour avant le 15 août 2022, afin que les développeurs les aient suffisamment à l'avance pour la deuxième réunion intersessions du sous-Groupe technique sur la MSE pour le thon rouge (5-9 septembre 2022). Si les indices ne sont pas disponibles à temps, les développeurs de CMP pourraient à la place utiliser les valeurs d'indice attendues (c'est-à-dire celles prédites par les OM).

Le Groupe a noté que les diagrammes de trajectoire de capture et de biomasse devraient également être présentés séparément pour les niveaux de recrutement 1, 2 et 3, afin de ne pas confondre le comportement de la CMP avec le scénario de recrutement.

En discutant des impacts de l'introduction progressive du changement de TAC de +20%/-10%, le Groupe a reconnu qu'il n'y avait pas beaucoup d'effet sur l'état de la médiane, mais qu'il y avait une légère réduction des valeurs de distribution finales de Br30 ainsi qu'une légère pénalité pour la production à long terme. Un participant a mis en garde contre le fait que si l'introduction progressive s'applique aux deux premiers cycles de gestion, mais que la MSE est reconditionnée dans cinq ou six ans, les dispositions de stabilité régulière de la MP n'auront pas été pleinement mises en œuvre avant de la réexaminer et de la réévaluer. La décision d'adopter la disposition d'introduction progressive comme valeur par défaut pour les CMP devrait être prise par la Sous-commission 2 en juillet afin de faciliter la poursuite du développement des CMP.

La question de savoir s'il faut utiliser un cycle de gestion de deux ou trois ans a été longuement débattue. Un cycle de gestion de trois ans a été testé pour 2 CMP : BR et TC. Les résultats des variantes BR de la CMP calibrées sur une valeur commune de  $LD^*_{15}$  sont présentés dans le tableau 3 de l'**appendice 8**. Le cycle de trois ans a été plus lent à réagir aux signaux de réduction du TAC et a donc présenté un état de la biomasse inférieur au percentile 50 (Br30) et une AvC30 légèrement réduite (médiane du TAC (t) sur les années 1-30), associés à une variabilité légèrement plus élevée des changements de TAC. Pour compenser, le SCRS a exploré des réductions de TAC admissibles plus importantes (stabilité de +20%/-35%) qui ont légèrement amélioré l'état de Br30 pour les stocks de l'Est et de l'Ouest. Les performances n'étaient que légèrement inférieures et des considérations pratiques (stabilité, réduction de la charge administrative) pourraient justifier un cycle de gestion de trois ans. Cette décision devrait être prise par la Sous-commission 2 en juillet afin de faciliter la poursuite du développement des CMP et le SCRS note que la mise en œuvre prendra du temps pour tous les développeurs.

Une autre considération a été soulevée, à savoir que le cycle de gestion de trois ans pourrait être plus robuste face aux données d'indice manquantes. Il a été souligné que les données d'indice manquantes ne sont pas nécessairement une raison d'utiliser un cycle de gestion plus long puisque les CMP ont été conçues avec des moyennes mobiles pour traiter facilement les données manquantes (par exemple, en les remplaçant par une valeur nulle ou la valeur prior) indépendamment du cycle de gestion.

Lors de la réunion de la Sous-commission 2 de mai 2022, il a été demandé au SCRS d'évaluer une disposition de stabilité symétrique de +20%/-20% par rapport à la disposition par défaut +20%/-30%. L'option +20%/-20% mettait plus lentement en œuvre les diminutions de TAC nécessaires et présentait donc une performance de la production et de la biomasse inférieure (c'est-à-dire un risque plus élevé) (tableau 4 de l'**appendice 8**). Le SCRS n'a pas encore évalué les +20%/-20% avec un cycle de trois ans mais s'attend à une détérioration des performances, puisque même les +20%/-30% n'ont pas eu une performance satisfaisante en termes d'exigences convenues pour le  $B_{LIM}$  (un point de référence limite de la biomasse ; 40% de la  $SSB_{PME}$  dynamique pour les besoins de la MSE). Néanmoins, si la Sous-commission 2 exige des dispositions de stabilité symétrique pour des considérations pratiques, le SCRS recommande que cette décision soit prise lors de la réunion de juillet afin de faciliter le développement ultérieur de la CMP.

Un développeur de CMP a présenté les quatre CMP de type FZ, et le Groupe a décidé de poursuivre avec la CMP FO pour le moment, en se basant sur les meilleures performances selon les diagrammes de type patchwork et la structure plus simple de cette CMP sans lissage.

Le Coprésident a présenté un résumé actualisé des résultats de la MSE de 4 pages qui sera soumis à la réunion de la Sous-commission 2 de juillet (**appendice 8**). Il comprend des informations générales pour chacun des points de décision de l'ordre du jour de la Sous-commission 2. Il sera essentiel d'obtenir les commentaires à cet égard de la Sous-commission 2 lors de la réunion, en anticipant qu'en septembre, ce Groupe devra recommander un nombre raisonnable de CMP avec plusieurs niveaux de calibrage pour les présenter à la Sous-commission 2 en octobre.

Le Groupe a reçu une présentation sur un nouvel outil qui calcule automatiquement les TAC de chaque CMP pour les trois premiers cycles de gestion de deux ans, en fonction des valeurs d'indice saisies par l'utilisateur. Le Groupe a convenu que l'outil pourrait aider les CPC et les parties prenantes à comprendre comment les CMP fonctionnent et comment les valeurs des indices influencent le TAC. Si possible, le développeur de l'outil fera circuler une version affinée plus tard dans la semaine afin qu'elle puisse être partagée avec la Sous-commission 2.

Le Groupe a discuté des possibilités de recevoir des commentaires supplémentaires des CPC et des parties prenantes entre la réunion de la Sous-commission 2 de juillet 2022 et celle de septembre 2022. Une enquête a été envisagée mais jugée trop problématique à divers égards. Le Président du SCRS a convenu que les réunions des ambassadeurs se sont avérées être un lieu efficace pour l'échange d'informations. Chacun peut s'exprimer et poser toutes les questions qu'il souhaite, et le dialogue va dans les deux sens - de la partie prenante/CPC au SCRS et vice versa. Toutefois, les réunions des ambassadeurs ne sont pas un moyen officiel d'obtenir les commentaires des

parties prenantes, et cela reste du ressort de chaque CPC. Le Groupe s'efforcera de convoquer d'autres réunions d'ambassadeurs, vers la fin du mois de juillet et certainement aussi au début du mois d'octobre si possible. Naturellement, les scientifiques des CPC peuvent engager des discussions avec leurs parties prenantes à tout moment.

Le Groupe a pris note de la situation dans laquelle l'avis sur le TAC de 2023 sera fourni sur la base de la MSE, alors que c'est l'évaluation de l'Est actuelle qui produira l'avis scientifique. Un libellé sera inclus dans le chapeau du résumé exécutif du SCRS, indiquant que l'adoption des MP est la priorité et que l'avis de gestion est fourni au cas où une MP ne serait pas adoptée par la Commission lors de sa réunion plus tard dans l'année. Un avis de contexte devrait être fourni de la même manière pour le thon rouge de l'Ouest.

## 6. Projections et avis de gestion

Le Groupe a décidé d'examiner les projections préliminaires à court terme de chaque modèle d'évaluation des stocks. Le Groupe a recommandé que les configurations des projections entre les modèles soient comparables autant que possible. Les projections ont été réalisées pour la période entre 2021 et 2024 à  $F_{0,1}$  et 36.000 t, en supposant le TAC actuel de 36.000 t pour les deux captures en 2021 et 2022. Toutes les projections ont supposé la même mortalité naturelle, la même maturité à l'âge et le même poids à l'âge/longueur que les valeurs utilisées dans les évaluations des stocks (**tableau 10** pour la VPA, **tableau 11** pour Stock Synthesis et **tableau 12** pour ASAP). Pour fournir l'incertitude de chaque estimation, la VPA a utilisé 500 itérations de bootstrap, Stock Synthesis a utilisé 500 itérations de MVLN (approche log normale multivariée, Walter et Winker 2019), et ASAP a utilisé 500 itérations de MCMC.

Les exigences clés pour les projections sont d'aborder les principales sources d'incertitude dans chaque modèle par rapport aux estimations récentes du recrutement. Cela implique deux décisions : la première est de savoir quel recrutement projeter dans le temps et la seconde est de savoir si les recrutements estimés par le modèle sont fiables ou s'ils devraient être remplacés ou "réparés" dans le passé par des valeurs supposées. Le Groupe a examiné les diagnostics des modèles, notamment les schémas rétrospectifs et les intervalles de confiance sur les écarts de recrutement pour déterminer les périodes (notées ci-dessous pour chaque modèle) où le recrutement semblait être estimé de manière fiable pour alimenter les périodes de réparation.

Périodes de réparation appliquées pour la VPA pour les années 2017-2020, une réparation de quatre ans similaire à celle de l'évaluation du stock de 2017. Les années moyennes pour le recrutement étaient une moyenne à long terme (1968-2016) et une moyenne à court terme (2007-2016) (**figure 35**, SCRS/P/2022/043). La justification de la moyenne à court terme est une hypothèse selon laquelle le recrutement futur sera probablement similaire à celui des 10 dernières années, qui est estimé comme étant relativement élevé, et l'évaluation actuelle améliore les résultats de l'analyse rétrospective R par rapport à l'évaluation du stock de 2017 (Anon. 2017) (**figure 23**). Néanmoins, le recrutement pour ces années est très incertain et le Groupe a considéré qu'une hypothèse tout aussi plausible pourrait être que le recrutement revienne à la moyenne à long terme (1968-2016), une hypothèse qui s'apparente au scénario de recrutement "moyen" souvent envisagé pour le thon rouge de l'Est (Anon. 2013 et 2015). Un certain nombre d'autres scénarios de recrutement ont été envisagés mais n'ont pas été retenus par le Groupe. Le Groupe a recommandé de pondérer de manière égale les recrutements à court et à long terme pour les projections, l'état des stocks et l'avis de gestion.

Pour Stock Synthesis, les recrutements ont été remplacés pour les années 2012 à 2020, car les écarts de recrutement chevauchaient zéro pour la quasi-totalité de la période, ce qui indiquait que le recrutement estimé était très incertain (**figure 18**). Ceci a été réalisé en n'estimant pas les écarts de recrutement pour ces années et a constitué une intervention assez importante dans le modèle. Les sorties du modèle avec et sans cet écart de recrutement ont été effectuées, ce qui indique que le modèle a convergé vers une solution très similaire. Pour le recrutement projeté, Stock Synthesis a utilisé la moyenne à long terme (R0) en supposant que le recrutement futur sera probablement similaire à la moyenne à long terme.

Pour l'ASAP, deux options de recrutement ont été recommandées. La première consistait à utiliser la série temporelle complète (1968-2020) et la seconde une série temporelle tronquée (1968-2012) pour le recrutement futur. Pour la série tronquée, la moyenne de 1968-2012 a été utilisée pour les années 2006-2020. Le raisonnement pour l'ensemble de la série temporelle était similaire à celui de la VPA et de Stock Synthesis, en supposant que le recrutement à court terme serait similaire à la moyenne à long terme. La seconde était d'utiliser la série tronquée pour éviter d'utiliser les estimations de recrutement sur les années où le schéma rétrospectif du recrutement semblait important (**figure 29**). Pour être comparable aux deux autres modèles d'évaluation des stocks, le modèle ASAP avec un CV de capture de 1% a été utilisé pour les exercices de projection. Le Groupe a également examiné la projection d'ASAP avec un CV de 20%.

Le résumé des principales configurations de projection pour chaque modèle est présenté ci-dessous :

Modèle (numéro)	Captures (tonnes) pour 2021 et 2022	Réparation (années)	Sélectivité (années)	Recrutement (années)
Scénario 385 de la VPA	36.000 et 36.000	2017-2020	2017-2019	2007-2016
Scénario de VPA 385	36.000 et 36.000	2017-2020	2017-2019	1968-2016
Scénario 16 repondéré de SS3	36.000 et 36.000 Les captures par flottille ont été obtenues par le taux de capture moyen (2018-2020) par flottille	2012-2020	2017-2020	Moyenne à long terme (R0)
CV de 1% et 20% de la capture par ASAP	36.000 et 36.000	2017-2020	2015-2020	1968-2020
CV de 1% et 20% de la capture par ASAP	36.000 et 36.000	2006-2020	2015-2020	1968-2012

#### *Résultats des projections, état des stocks et recommandations de gestion*

Le Groupe a examiné les résultats des projections à court terme pour chaque modèle (**figures 36-38**) à  $F_{0,1}$  et 36.000 t. Les déterminations de l'état des stocks par rapport à la mortalité par pêche et les recommandations de gestion seront finalisées lors de la réunion du Groupe d'espèces de septembre. Pour informer sur l'état des stocks, le Groupe recommande de prendre en compte les résultats des trois modèles, la décision finale devant être prise en septembre. À des fins de continuité, le Groupe recommande de ne projeter que la VPA pour l'examen de l'avis quantitatif sur le TAC pour la matrice de stratégie de Kobe 2 (K2SM).

Tout avis sur le TAC que le SCRS pourrait éventuellement fournir sur la base de cette évaluation dépendra fortement de l'échelle de biomasse absolue estimée par les modèles. L'un des principaux obstacles à l'estimation de l'échelle absolue de la population est la capture illégale, non déclarée et non réglementée qui, si elle ne peut être quantifiée et prise en compte dans l'évaluation scientifique, entraîne une sous-estimation de la production totale et une incapacité à estimer des points de référence fiables liés à la PME. Par exemple, l'échelle de la population estimée par les modèles dépend fortement de l'ampleur supposée des "captures gonflées" de la fin des années 1990 et du début des années 2000. Le Groupe est conscient de la persistance de la pêche IUU, non quantifiée, qui constitue un obstacle sérieux à la détermination de la productivité du stock et à la formulation d'un avis fiable sur le TAC. En réponse, nous demandons instamment l'identification et la quantification de l'IUU afin que le SCRS puisse fournir un avis sur les captures plus précis basé sur la biomasse et obtenir une compréhension scientifique plus exacte de la productivité des stocks.

## 7. Sections du projet de résumé exécutif

En raison des contraintes de temps, le Groupe n'a pas révisé le résumé exécutif. Les Coprésidents travailleront sur le projet entre les sessions, qui sera discuté lors de la prochaine réunion du Groupe d'espèces sur le thon rouge (20-21 septembre 2022).

## 8. Mise à jour des activités du GBYP

Le Coordinateur du GBYP a fait une présentation (SCRS/P/2022/049) pour informer le Groupe des récentes activités du GBYP, ainsi que des plans futurs. Actuellement, le GBYP mène la phase 11 et la phase 12 en parallèle (partiellement). La phase 11 se terminera le 31 août 2022, et la phase 12 en mars 2023. Le Coordinateur a également informé le Groupe que le système de financement de l'UE a changé et que d'autres changements sont attendus, ce qui affectera non seulement le GBYP, mais aussi d'autres programmes scientifiques de l'ICCAT.

En ce qui concerne la gestion des données, des efforts conjoints ont été déployés au sein du Secrétariat pour développer une base de données de marquage électronique (ETAGS) et une base de données biologiques. L'expert externe chargé de fournir un avis sur l'ETAGS a déjà été engagé par le GBYP et un rapport d'avancement sera présenté en septembre 2022. Les premières étapes de la conception de la base de données biologiques ont commencé.

Les déploiements de marques électroniques ont finalement été réalisés grâce à une collaboration formelle avec des équipes nationales, tant dans l'Atlantique qu'en Méditerranée, ce qui a permis de réduire considérablement les coûts opérationnels. En juin, une campagne de marquage a été menée en mer Levantine et 13 marques ont été libérées. En 2022, il est prévu de déployer 51 autres marques, en étroite collaboration avec 11 institutions. Il a été noté que des améliorations importantes ont été observées dans les temps de rétention des marques et les taux de récupération des marques, ce qui permettra d'améliorer les matrices de mouvement utilisées dans la MSE. Le Groupe a été invité une nouvelle fois à contribuer à la définition des priorités en matière de marquage. Il a été reconnu qu'un certain retour d'information sur les questions de marquage électronique a déjà été fourni dans le document Aarestrup *et al.* (2022), mais d'autres contributions du BFTSG étaient nécessaires. Le Groupe a également été informé qu'un atelier mondial sur les méthodologies de marquage électronique sera organisé prochainement.

En ce qui concerne les études biologiques, l'échantillonnage et les analyses biologiques de la phase 11 ont été achevés, et le rapport final sera bientôt disponible sur la page web du GBYP. Un nouvel appel d'offres sera lancé prochainement et il visera à fournir des conclusions solides sur la structure et le mélange des stocks, sur la base de toutes les informations recueillies au cours de la dernière décennie. Il a été demandé au Groupe de donner son avis sur la définition des priorités de recherche pour les études futures. Il a également été informé de l'atelier de coordination des efforts en matière d'échantillonnage biologique, qui sera organisé en 2022 ou 2023. En ce qui concerne les études relatives aux spécimens étroitement apparentés (close-kin), le Coordinateur a fait part au Groupe de leur état d'avancement et lui a rappelé une série d'étapes convenues et le calendrier correspondant. Il a été rappelé que l'objectif immédiat est d'élaborer un plan de travail concret et réaliste, y compris une analyse des coûts, qui sera présenté à la séance plénière du SCRS et à la Commission pour approbation en 2023.

En ce qui concerne les indices indépendants des pêcheries, un atelier sur les prospections larvaires est prévu dans la deuxième partie de l'année. Un avis a récemment été fourni aux scientifiques turcs sur l'identification des larves de thon rouge et une fois que les données des prospections larvaires de 2018 et 2019 seront disponibles, de nouveaux avis seront fournis pour que l'équipe nationale génère des indices larvaires préliminaires pour la Méditerranée orientale. En ce qui concerne les prospections aériennes, les résultats des analyses de la prospection de 2021 dans la mer des Baléares sont disponibles et la valeur de l'indice de 2021 a été fournie au Groupe. Les campagnes de 2022 ont été menées avec succès en Méditerranée occidentale et centrale et l'analyse sera terminée l'année prochaine. Le travail sur la modélisation de l'habitat pour permettre une analyse fiable basée sur un modèle des résultats globaux des prospections aériennes se poursuivra également cette année.

En ce qui concerne les approches de modélisation, le GBYP a continué à apporter un soutien considérable au processus de MSE. Il a intégré les différents résultats des prospections et des recherches dans un cadre de modélisation de stocks mixtes qui aborde formellement les principales sources d'incertitude identifiées par les évaluations. En outre, il a financé l'examen externe de l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est. Les plans futurs comprennent également le soutien au développement de modèles d'évaluation alternatifs/améliorés des stocks.

Enfin, le Coordinateur a donné un aperçu des activités de la phase 12. Il a également présenté un aperçu des activités possibles à moyen terme, afin d'améliorer l'efficacité du GBYP et de l'adapter à un scénario futur probable de diminution du financement. Elles comprennent un passage progressif de la fourniture de données de base à la gestion/analyse des données et à la coordination des activités, en étroite collaboration avec les CPC en tant que principaux fournisseurs de données.

Le Groupe s'est intéressé aux nouveaux résultats de la prospection aérienne de 2021 et le Coordinateur a expliqué qu'ils sont déjà disponibles, mais qu'ils doivent être pris avec précaution en raison de certains changements par rapport aux prospections précédentes, comme le changement des observateurs professionnels et scientifiques, et le fait que, suite aux recommandations des experts externes qui ont examiné les prospections aériennes du GBYP, une zone d'échantillonnage étendue a également été étudiée et un système automatisé pour prendre des images en continu le long des transects a été testé, ce qui a légèrement modifié le calendrier de la prospection. C'est pourquoi il a recommandé de poursuivre les efforts de modélisation de l'habitat, qui tiendraient compte des effets environnementaux. Par défaut, les points de données scientifiques sont conservés pour être utilisés, sauf s'il est possible de déterminer empiriquement que quelque chose d'exceptionnel s'est produit qui justifierait la suppression d'un tel point de données. Bien que le Groupe se soit inquiété des changements qui ont pu se produire dans le chevauchement de la prospection avec la distribution des poissons en 2021, la décision sur la façon de traiter l'indice sera prise lors de la réunion du Groupe d'espèces de septembre sur la base d'un examen des informations empiriques qui doivent être apportées à la réunion du sous-Groupe technique sur la MSE pour le thon rouge en septembre pour un examen initial.

Le Groupe a reconnu que de grands progrès ont été réalisés récemment dans le cadre du GBYP, notamment en ce qui concerne le changement de priorités de la collecte de données vers la consolidation des résultats. La discussion a également mis en évidence le fait qu'après 11 ans d'un programme dédié, absorbant des ressources financières substantielles, il est nécessaire d'explorer d'autres voies pour soutenir les activités de base réellement nécessaires, puisqu'une réduction du budget dans les phases futures a été annoncée à plusieurs reprises par le principal sponsor. Le Groupe a réitéré la nécessité d'assurer la continuité du financement. Il a été reconnu que le soutien au GBYP par le biais de contributions volontaires n'est pas soutenable en raison de la diminution des fonds globaux et du montant disproportionné du financement consacré à la recherche sur le thon rouge par rapport aux autres groupes du SCRS.

Il a donc été recommandé de rechercher d'autres sources de financement, en plus des contributions volontaires, de préférence par le biais du budget ordinaire de la Commission. Bien que le budget scientifique ait considérablement augmenté au cours des dernières années dans le cadre du budget ordinaire de la Commission, il a été suggéré qu'une déclaration claire soit envoyée par le SCRS à la Commission pour qu'elle l'augmente davantage afin de se rapprocher de la demande du SCRS. La garantie d'un budget stable dans le temps permettrait de mieux planifier les activités à moyen et long terme. La nécessité de mieux définir les priorités de recherche au niveau du SCRS a également été soulignée, ainsi que l'importance de l'inclure dans le nouveau plan stratégique du SCRS. En outre, les propositions de financement devraient être améliorées, avec des priorités et des résultats clairement définis. Le Groupe a également identifié la nécessité de trouver des moyens de mieux communiquer avec les gestionnaires, afin de montrer comment les fonds ont été dépensés, mais surtout comment ils contribuent à améliorer la collecte de données (autrement non disponibles) et à combler les lacunes dans les connaissances afin de fournir des avis de gestion scientifique plus fiables et plus solides.

Il a également été reconnu que les CPC devraient assumer une partie des activités actuellement réalisées grâce au financement du GBYP, en les incorporant dans leurs programmes nationaux. Toutefois, il a été souligné que le GBYP pourrait jouer un rôle majeur en veillant à ce que ceux-ci soient bien coordonnés et suivent la même ligne de priorités, précédemment définie par le SCRS. Le rôle possible du GBYP dans la coordination a été clairement reconnu, notamment en ce qui concerne l'échantillonnage biologique.

Il a été annoncé que l'atelier du GBYP sur l'échantillonnage et la planification de la recherche a déjà été programmé pour fin 2022/début 2023, afin d'améliorer la coordination des activités d'échantillonnage. À cet égard, une référence particulière a été faite à l'engagement du Secrétariat avec le Groupe de coordination régional de l'UE sur les grands pélagiques (RCGLP), qui est l'organe, dans le cadre de la collecte de données de l'UE, responsable de la coordination de la collecte de données régionales/thématiques parmi les États membres de l'UE, ainsi qu'avec les utilisateurs finaux (c'est-à-dire l'ICCAT et les autres ORGP).

## 9. Recommandations

Le Groupe a formulé plusieurs recommandations :

- Le Groupe a recommandé de poursuivre le développement d'indices d'abondance indépendants des pêcheries basés sur des méthodes acoustiques, en tenant compte de la représentativité des prospections. Plusieurs groupes de recherche travaillent actuellement à l'évaluation acoustique du thon rouge de l'Atlantique. La coopération entre les différentes initiatives doit être développée.
- Le Groupe recommande de développer de nouveaux indices d'abondance en Méditerranée (par exemple, l'indice larvaire de la mer Levantine et l'indice des madragues de la mer de Sardaigne), car c'est là que la plupart des captures de thon rouge sont effectuées et pourtant il existe très peu d'indicateurs d'abondance.
- Le Groupe a réitéré la nécessité de réviser la distribution historique des tailles provenant d'autres flottilles de senneurs et d'autres zones, à savoir le Sud de la Méditerranée et la mer Levantine.
- Notant que la collecte, le traitement et la détermination de l'âge des échantillons pourraient réduire l'incertitude de l'avis fourni aux gestionnaires, le Groupe recommande de renforcer la coordination entre les différentes équipes des CPC et le GBYP travaillant sur ces questions, afin de fournir des données de longueur à l'âge à partir de lectures de pièces dures, ou de déclarer les échantillons en leur possession.
- Le Groupe recommande la poursuite des études pilotes, y compris l'analyse de faisabilité et la planification du marquage et de la récupération des marques apposées à des spécimens de thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée étroitement apparentés, ainsi que l'examen à titre de priorité de la mise en œuvre opérationnelle du marquage et de la récupération des marques apposées à des spécimens étroitement apparentés, dès qu'elle sera techniquement et logistiquement réalisable.
- Le Groupe recommande que les séries de captures historiques non déclarées soient réexaminées et, plus largement, que l'incertitude de ces séries soit déterminée afin de développer un jeu de séries de captures potentielles qui pourraient être utilisées dans les évaluations futures.

## 10. Autres questions

Le SCRS/2022/127 a présenté la mortalité naturelle ( $M$ ) du thon rouge de l'Est et deux espèces de thon similaires, le thon rouge du Pacifique et le thon rouge du Sud. Trois types d'hypothèses de mortalité naturelle ont été utilisés dans l'évaluation du stock de thon rouge de l'Est et/ou de la MSE, à savoir : les valeurs fixes à tous les âges, un vecteur spécifique à l'âge et une courbe décroissante lisse rééchelonnée avec la fonction de mortalité de Lorenzen. L'hypothèse actuelle de mortalité naturelle est plus logique par rapport aux hypothèses précédentes. Cependant, le paramètre  $M$  utilisé pour le thon rouge de l'Atlantique et le thon rouge du Pacifique était partiellement basé sur les hypothèses de  $M$  du thon rouge du Sud (SBT). Il est suggéré d'améliorer l'hypothèse récente de  $M$  par des expériences au lieu de prendre comme référence les hypothèses faites pour le SBT. Il est nécessaire de poursuivre les recherches biologiques pour estimer la mortalité naturelle du thon rouge de l'Atlantique.

Le Groupe a pris acte de la synthèse complète des informations sur le  $M$  pour le thon rouge de l'Atlantique et encourage la participation des auteurs aux programmes de recherche actuels sur ce sujet. Il a été noté que certains des paramètres de  $M$  inclus dans le tableau récapitulatif du document, en particulier pour les premières étapes de la MSE pour le thon rouge de l'Atlantique (2015/2017) devraient être supprimés car ils ne sont que des développements préliminaires du processus de MSE, ne sont pas utilisés pour l'avis ou l'évaluation et pourraient désinformer les lecteurs. Il a été précisé que pour la MSE pour le thon rouge du Sud et le thon rouge de l'Atlantique, les estimations de  $M$  incluaient le(s) paramètre(s) pour la sénescence des âges plus élevés afin d'éviter des estimations irréalistes de la biomasse cumulée du groupe plus dans les modèles de population. Le Groupe note que la combinaison des marques acoustiques et d'un réseau de récepteurs est exceptionnellement puissante pour obtenir des estimations de la mortalité naturelle. Les estimations actuelles de  $M$  du thon rouge de l'Atlantique pour les âges plus élevés proviennent des estimations obtenues par les marques acoustiques (Block *et al.*, 2019).



Le Groupe a noté que pour le thon rouge de l'Atlantique, il existe des estimations relativement très bonnes de  $M$  pour les âges plus élevés provenant des programmes de recherche actuels de télémétrie acoustique du Canada et des études de l'Université de Stanford (Etats-Unis) (Block *et al.* 2019). Il est encore nécessaire de valider  $M$  pour les jeunes âges en particulier, et les études de marquage génétique ou les estimations génétiques des spécimens étroitement apparentés, ainsi que le marquage acoustique des juvéniles sont probablement les meilleurs domaines de recherche pour atteindre ces objectifs. Il a également été noté que les estimations de  $M$  basées sur les taux de consommation bioénergétique et les interactions écologiques du thon rouge seraient difficiles à réaliser en raison des données limitées disponibles. Enfin, le Groupe a également noté la nécessité pour les scientifiques de poursuivre la recherche sur les estimations de  $M$  pour les thonidés et les autres espèces de l'ICCAT et a salué l'intérêt des auteurs à collaborer à ces projets de recherche au sein du SCRS.

L'objectif du travail présenté dans le SCRS/2022/103 était d'appliquer l'analyse de l'incrément marginal (MIA) et l'analyse du bord marginal (EA) pour déterminer le moment du dépôt des bandes. La MIA a également été analysée à l'aide de modèles additifs généralisés. Les résultats ont indiqué que la bande opaque commençait à se former en juillet pour terminer de se former en novembre. À partir de la fin de l'année et du début de l'année suivante, la croissance du bord marginal est minime et c'est à ce moment que la bande translucide commence à se former et elle atteint son développement maximum en juin. La MIA et l'EA ont montré que l'anneau s'est formé en novembre dans l'otolithe du thon rouge de l'Atlantique.

Compte tenu des conclusions de ces travaux, selon lesquelles le critère d'ajustement actuel du 1er juillet doit être ajusté au 30 novembre, le Groupe a discuté de la mesure dans laquelle cela pourrait affecter l'allocation d'âge du thon rouge dans les jeux de données de capture actuels. Il n'y avait pas suffisamment d'informations pour déterminer s'il y avait des différences entre les bandes formées dans les poissons capturés en Méditerranée et dans l'Atlantique, bien que l'auteur suggère qu'il ne faut pas s'attendre à des différences mais que de petites différences entre les juvéniles et les adultes sont plus probables. Bien que les implications de cette nouvelle analyse doivent encore être comprises, il a été expliqué que pour transformer le nombre de bandes en âges, il est nécessaire de considérer le type de bord marginal lié à la date de capture et à la date de naissance.

Le SCRS/2022/131 décrivait les caractéristiques de la flottille de senneurs de Balfegó (PS) d'un point de vue opérationnel, dans le but de pouvoir déterminer des voies alternatives pour comprendre comment améliorer la standardisation de la CPUE de la flottille de senneurs de Balfegó. Le document a mis en évidence les facteurs associés à l'activité de pêche, tels que la variabilité annuelle de la taille de la flottille de pêche, l'étroite fenêtre spatiale et temporelle dans laquelle la flottille était opérationnelle, et les limitations des captures quotidiennes dues au nombre de transferts journaliers possibles. Les taux de capture nominaux et standardisés ont été présentés avec le reste des indices sur l'E-BFT.

Le Groupe a apprécié les détails opérationnels fournis dans ce document. Divers facteurs susceptibles d'avoir influencé ou d'influencer la capacité de la flottille à capturer du poisson ont été discutés, notamment les réglementations passées/actuelles, les changements technologiques (par exemple, le repérage aérien avant l'interdiction de son utilisation ; les sonars horizontaux) ; il a été souligné que depuis environ 2009, la flottille utilise un support technologique externe basé sur les conditions océanographiques pour prévoir quotidiennement la localisation des thons. D'un point de vue opérationnel, il existe des limites pratiques aux taux de capture réels car il existe une taille maximale des bancs qui peuvent être entourés au cours d'une opération, ces grands bancs étant souvent divisés pour permettre de poser le filet sur les plus petits bancs ; il a été précisé que cette pratique affecte la détermination des taux de capture basés sur les opérations mais pas la détermination des taux de capture quotidiens où l'effort est pris en compte. Bien que la taille du thon rouge dans la zone de pêche couverte par le document soit généralement constituée de gros poissons, on a observé en 2022 une augmentation de l'incidence des bancs de poissons plus petits (80-90 kg) ; la flottille ne pose pas de filets autour de ces bancs de poissons plus petits.

Le document a montré que les indices de CPUE nominale de Balfegó sont conformes à la dynamique de l'indice de la palangre japonaise dans l'Atlantique Nord-Est, mais pas à celle de l'indice de la madrague marocaine et portugaise (le document n'a pas exploré les raisons de ce phénomène). Le Groupe a convenu que le fait de disposer d'une matrice de données contenant toutes les informations opérationnelles et environnementales aide grandement les modélisateurs à comprendre comment aller de l'avant avec d'autres méthodes de standardisation de la CPUE.

Le SCRS/P/2022/048 sur la mise à jour de la croissance des thons rouges d'élevage a été mise à la disposition du Groupe et présentée pour discussion. En bref, les résultats de l'essai de marquage de poissons individuels dans le cadre de trois expériences en Croatie et au Portugal ont indiqué une augmentation de la croissance en taille par rapport aux modèles de croissance des poissons sauvages. Ces résultats sont en accord avec les résultats présentés l'année dernière de l'analyse de la progression des modes (MPA) pour les poissons de petite taille (< 100 cm SFL) et de taille moyenne (100 - 180 cm SFL). Ces résultats ont été intégrés dans la modélisation de la croissance dans les fermes à l'aide de la base de données de mise à mort du programme d'observateurs régionaux (ROP). La base de données de mise à mort du ROP a été mise à jour et comprend des données de 2015 à 2021 avec plus de 250.000 échantillons couvrant toutes les fermes actives de thon rouge.

Au cours de l'analyse préliminaire, le Groupe a formulé des recommandations spécifiques relatives aux données d'entrée du marquage qui seront incluses dans l'analyse de la croissance dans les fermes qui sera présentée avant la prochaine réunion. Il a été convenu que le sous-groupe technique sur la croissance du thon rouge dans les fermes se réunira entre les sessions pour permettre une mise à jour du travail à fournir lors de la réunion du Groupe d'espèces de septembre 2022, ainsi qu'un projet de réponse à la Commission.

## **11. Adoption du rapport et clôture**

Le rapport de la réunion de 2022 d'évaluation du stock de thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée a été adopté. Dr Rodríguez-Marín et Dr Walter, ainsi que le Président du SCRS ont remercié les participants et le Secrétariat pour leur travail intense et leur collaboration afin de finaliser le rapport dans les délais. La réunion a été levée.

## Bibliographie

- Aarestrup K., F. Alemany, I. Arregui, H. Arrizabalaga, M. Cabanellas-Reboredo, T. Carruthers, A. Hanke, M. Laretta, A. Pagá, T. Rouyer, S. Tensek, J. Walter and E. Rodriguez-Marin 2022. Update of electronic tagging data and methodologies for Atlantic bluefin tuna in order to plan future tagging activities. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 196-210.
- Anonymous. 2013. Report of the 2012 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 4-11 September 2012). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 69 (1): 1-198.
- Anonymous. 2015. Report of the 2014 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 22-27 September 2014). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 71 (2): 692-945.
- Anonymous. 2017. Report of the 2017 ICCAT bluefin stock assessment meeting (Madrid, 20-28 July 2017). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 74 (6): 2372-2535
- Anonymous. 2022. Report of the 2022 eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna Data Preparatory meeting (including BFT MSE) (online, 18-26 April 2022). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 1-140
- Block, B.A., Whitlock, R., Schallert, R.J., Wilson, S., Stokesbury, M.J., Castleton, M. and Boustany, A. 2019. Estimating natural mortality of Atlantic bluefin tuna using acoustic telemetry. *Scientific reports*, 9(1): 1-14.
- Francis, R.I.C.C. (2011). Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1124-1138.
- Maunder M. 2021. Review of the 2021 West Atlantic bluefin tuna assessment. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78 (3): 1114-1124.
- Sampedro P., Kimoto A., Ortiz M., Sharma R., Fukuda H., Gordo A., Laretta M., Rouyer T., Sunderlöf A., Tsukahara Y., Walter J., and Rodríguez-Marín E. 2022. Data and initial model set-up for the 2022 stock synthesis stock assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 304-326.
- Sharma R., Walter J., Kimoto A., Rouyer T., Laretta M., Kell L.T., and Porch C. 2017. Eastern Atlantic Ocean bluefin tuna stock assessment 1950-2015 using Stock Synthesis. SCRS/2017/175 (supprimé).
- Walter J., and Winker H. 2019. Projections to create Kobe 2 strategy matrix using the multivariate log-normal approximation for Atlantic yellowfin tuna. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76 (6): 725-739.

# INFORME DE LA REUNIÓN ICCAT DE 2022 DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE ATÚN ROJO DEL ATLÁNTICO ESTE Y MEDITERRÁNEO

(Madrid, España, reunión híbrida, 4-9 de julio de 2022)

## 1. Apertura de la reunión, adopción del orden del día, disposiciones para la reunión y designación de relatores

La reunión se celebró en la Secretaría de ICCAT, en Madrid, y en línea del 4 al 9 de julio de 2022. Los Dres. Enrique Rodríguez-Marín (UE-España) y John Walter (Estados Unidos), relatores de para el stock de atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo, y del Atlántico occidental (E-BFT y W-BFT) respectivamente, inauguraron la reunión y ejercieron la función de copresidentes. El secretario ejecutivo y el presidente del SCRS, Dr. Gary Melvin (Canadá), dieron la bienvenida a los participantes. Los copresidentes procedieron a examinar el orden del día, que fue adoptado con algunos cambios (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se adjunta como **Apéndice 2**. La lista de documentos y presentaciones de la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1 y 11	A. Kimoto
Puntos 2.1 and 3.1	A. Gordo, M. Ortiz, T. Rouyer
Puntos 2.2 and 3.2	M. Laretta, P. Sampedro
Punto 2.3 y 3.3	J.J. Maguire
Puntos 3.4 and 6	E. Rodriguez-Marin, J. Walter, A. Kimoto
Punto 4	H. Arrizabalaga, E. Andonegi
Punto 5	S. Miller, C. Peterson
Puntos 7 and 9	E. Rodriguez-Marin, J. Walter
Punto 8	S. Tensek
Punto 10	S. Deguara, M. Ortiz

## 2. Diagnósticos del modelo

### 2.1 VPA

En el documento SCRS/2022/101 se presentaba la CAS revisada del periodo inflado (1998-2007) preparada por el pequeño grupo *ad-hoc* siguiendo la recomendación del Grupo de especies de atún rojo (BFTSG) en la reunión de preparación de datos sobre atún rojo de 2022 (Anón., 2022). Inicialmente, en 2012 las capturas infladas-NEI (no incluidas en otra parte) se convirtieron asumiendo la misma distribución por tallas que la de la flota de cerco en el Mediterráneo (PS-MED), pero la información auxiliar indicaba que la mayor parte de estas capturas no comunicadas eran preferentemente peces de talla media y grande destinados a los mercados internacionales. De este modo, el grupo *ad-hoc* recomendó que se estimara la distribución por tallas NEI de las capturas no declaradas y sus estimaciones derivadas de la captura por talla (CAS) y la captura por edad (CAA) de todos los artes de pesca activos durante 1998 - 2007, dando mayor importancia a los artes con capturas de peces medianos y grandes y, en el caso de las pesquerías de cerco, se recomendó utilizar únicamente la distribución por tallas del trimestre 2. La CAS revisada (ver2b) se consideró una mejor estimación de la distribución por tallas para las capturas infladas NEI (1998-2007) y se propuso su adopción por el BFTSG.

En respuesta a los comentarios del Grupo, se aclaró que el total de capturas en peso no se veía afectado, pero sí las capturas en número.

En el documento SCRS/2022/129 se documentaban los ensayos de evaluación de 2022 del atún rojo del Atlántico occidental que utilizaron análisis de población virtual (VPA). Este documento resume los datos de entrada, los supuestos, los resultados provisionales, los diagnósticos y las estimaciones de la serie temporal de la biomasa del stock reproductor para el periodo de 1968 a 2020, y el reclutamiento para el periodo 1968 a 2019 del VPA. El modelo incorporaba revisiones de los índices clave, particularmente un índice de peces pequeños (índice de prospección larvaria del Mediterráneo occidental: WMED\_LARV). El autor presentó una aplicación Shiny que resume todos los resultados del VPA en una interfaz gráfica, que se puso a disposición de los participantes (<https://bfttuna.shinyapps.io/shinyvpa/>).

El Grupo acogió con satisfacción esta aplicación y destacó su utilidad para los debates de la reunión. La lista de ensayos del VPA y las estadísticas de ajuste del modelo para cada ensayo están disponibles en las **Tablas 1 y 2**, respectivamente.

El ensayo de continuidad se basó en el caso base de 2017, ya que este modelo no pudo actualizarse en 2020 y que no se ha aceptado ningún otro caso base desde entonces. Para el ensayo de continuidad (ensayo 288), las ratios de F (ratio entre la tasa de mortalidad por pesca a partir de los 10 años y la tasa de mortalidad por pesca a partir de los 9 años) se estima en tres bloques temporales (1968-1980; 1981-1995; 1996-2007) y se fija en 1 para el último (2008-2020). Este ensayo planteó varios problemas, siendo los principales los fuertes patrones retrospectivos y la inestabilidad de los resultados, particularmente en las estimaciones de la escala absoluta de la biomasa (**Figura 1**). El documento presentaba varios ensayos basados en ese ensayo para explorar diferentes aspectos con el objetivo de mejorar el modelado que se ha sugerido durante las anteriores reuniones en línea.

Un primer eje explorado fue la posibilidad de utilizar el grupo 16+ como grupo plus, lo que permitiría simplificar el supuesto planteado para la ratio de F, ya que podría ser más fácil asumir una ratio de  $F=1$ . El VPA es sensible a ese parámetro con el grupo plus de edad 10+, por lo que esta era una fuente importante de mejora potencial. Los ensayos para explorar la utilización del grupo 16+ como grupo plus (**Figura 2**, ensayos 289 y 290) mostraron que asumir un ratio de F igual a uno durante todo el periodo de tiempo (1968-2020) se asociaba con una falta de ajuste a dos índices históricos clave (los índices de las pesquerías de almadrabas Marruecos-España MOR\_SP\_TP) y de palangre de Japón en el Atlántico este y Mediterráneo (JPN\_LL\_EastAtl\_MED)). Los resultados de estos ensayos plantearon varios problemas, entre ellos un reclutamiento muy elevado estimado para los últimos años, un aumento continuo de la biomasa del stock reproductor (SSB) a lo largo de todo el periodo para los ensayos en los que se asumía un ratio de F igual a uno y un fuerte patrón retrospectivo. El uso de la curva de Richards (**Tabla 2**, ensayos 291 y 292), la varianza aditiva para los índices (en lugar de la multiplicativa) (**Tabla 2**, ensayo 293) o la fijación de la selectividad para el índice WMED\_LARV (**Tabla 2**, ensayo 294) no resolvieron estos problemas. En general, los ensayos que usaron 16+ no mejoraron los diagnósticos del modelo.

El segundo eje se centró en explorar el aspecto de la estabilidad del ensayo de continuidad (ensayo 288). El Grupo solicitó una prueba sobre el efecto de las ratios de F en la escala global del VPA durante los debates anteriores intersesiones. Esta prueba pretendía establecer si la escala del VPA podía resolverse estadísticamente. Esta prueba consistió en fijar la ratio F para el primer año del VPA en un valor determinado y, a continuación, estimar los distintos bloques temporales de la ratio de F. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas (es decir,  $>2$  unidades de la función objetivo) en todas las pruebas (**Tabla 3**). Esto significó que las ratios F no pudieron ser estimadas adecuadamente. Por lo tanto, en las siguientes exploraciones se intentó fijar las ratios de F en valores a priori, observando la estadística rho de Mohn para el sesgo retrospectivo para guiar la exploración. Si se fija el valor de la ratio de F en 1 para los bloques de tiempo de la ratio de F durante 1968-1995 y se modifican ligeramente las configuraciones de la búsqueda (Ensayo 295), se mejora la estabilidad general del VPA (**Figura 3**). A continuación, se modificó la restricción de la vulnerabilidad para que se aplicara a las edades de 5 a 9 años en lugar de las edades de 1 a 9 años, con la justificación de que las edades de 1 a 4 años no son las edades a las que se dirigen las flotas más grandes (es decir, los cerqueros, las almadrabas y los palangreros). Esta restricción de vulnerabilidad aplicada a lo largo de seis años, más una restricción de reclutamiento a lo largo de seis años produjo un ensayo con un patrón retrospectivo mejorado (Ensayo 287, **Figura 3**).

Otros ensayos para perfilar la ratio de F para los bloques temporales 1968-1995 y 2008-2020 mostraron que asumir una ratio de F de 0,75 para ambos bloques conducía al valor mínimo de la función objetivo (**Tabla 4**, Ensayo 286: **Tabla 2** y **Figura 4**). Los intentos de integrar el índice de prospección aérea del GBYP del Mediterráneo occidental (WMED\_GBYP\_AER) (Ensayo 303) no mostraron un ajuste especialmente bueno a este índice (**Figura 5**) y no se realizaron más pruebas con este índice. A continuación, el Grupo consideró que la selectividad para el índice WMED\_LARV debía fijarse y que el límite superior de las estimaciones de F terminal para las edades 1-5 podía reducirse para evitar soluciones en las que la mortalidad por pesca terminal alcanzara un máximo en las edades 4-6 (Ensayo 367). Otras investigaciones mostraron que la modificación de la vulnerabilidad y fuerza de la restricción de reclutamiento para llevarla a los valores originales mejoraba la función objetivo (Ensayo 385, **Tabla 2**). El ensayo 385 convergió correctamente y no mostró ningún patrón retrospectivo problemático.

La fluctuación de la semilla para el generador de números aleatorios y los valores terminales de F mostraron un ajuste coherente del modelo, y los bootstraps mostraron que la mediana de los bootstraps se situaba cerca del ensayo determinista (**Figura 6**). La eliminación de un índice cada vez mostró que el índice JPN\_LL\_NEAtlMed tuvo un efecto en la escala general del VPA, mientras que la eliminación de otras flotas tuvo un impacto reducido en la tendencia general (**Figura 7**).

Se realizaron varios ensayos de sensibilidad. La estimación de la ratio de F para el bloque temporal 1996-2007 produjo una solución con una función objetivo ligeramente más negativa, pero que mostraba un fuerte patrón retrospectivo (Ensayo 386, **Figura 7**). Un perfil bidimensional de las ratios de F para los bloques de tiempo primero (1968-1995) y segundo (2008-2020) para los que la ratio de F es fija, mostró que todos los ensayos, excepto uno, tenían una diferencia en la función objetivo que era superior a 2 (**Tabla 5**). Ese ensayo (0 en la **Tabla 5**, Ensayo 418) fue muy similar al Ensayo 386 en términos de ratios de F y exhibía un fuerte patrón retrospectivo (**Figura 8**). Por lo tanto, el Grupo eligió el Ensayo 385 como caso base para el VPA.

En relación con el VPA del atún rojo del este de 2017 (Anón., 2017), los resultados del modelo se vieron influenciados por la adición y la revisión de los datos de entrada, en particular la revisión de los supuestos de la distribución de tallas para la "captura inflada" del período 1998 -2007 (SCRS/2022/101) y otros cambios comunicados y discutidos durante la reunión de preparación de datos de 2022 (Anón., 2022).

## 2.2 Stock Synthesis

El BFTSG había intentado aplicar Stock Synthesis al stock de atún rojo del este en 2017 (Sharma et al., 2017), y el objetivo de este trabajo de reunión es actualizar este modelo de 2017 para la evaluación del stock de atún rojo del este de 2022. Hay dos cambios importantes con respecto a la evaluación de stock de 2017 en relación con la estructura de la flota y los supuestos de selectividad. Sampedro *et al.* (2022) presentó los datos de entrada y la configuración inicial del modelo de un ensayo preliminar para la evaluación de stock de 2022 utilizando Stock Synthesis en la reunión de preparación de datos sobre atún rojo de 2022 (Anón., 2022).

Los ensayos preliminares de Stock Synthesis presentados en la Reunión de preparación de datos de atún rojo de 2022 (Anón., 2022) demostraron la incapacidad de estimar el crecimiento ( $L_{inf}$  en particular) dentro del modelo, debido a la falta de información sobre talla por edad para las edades más avanzadas. En el documento SCRS/P/2022/046 se mostraba que las estimaciones de crecimiento de Stock Synthesis para el modelo del Atlántico occidental, que incluye un gran número de peces de origen del Atlántico oriental y cuya edad se determinó mediante otolitos, tuvieron como resultado  $L_{inf} = 272$  y  $273$  cm en las evaluaciones de 2020 y 2021, respectivamente. Las flotas del norte de Canadá, con línea de mano, y de Noruega, con red de cerco, parecen capturar los mayores ejemplares de atún rojo observados con modas superiores cercanas a los 270 cm y  $L_{max}$  cerca de los 340 cm. Las distribuciones de la talla por edad y las estimaciones de la talla media de las clases de mayor edad en las pesquerías de stocks mixtos de la zona occidental respaldan la función de crecimiento de Richards. Siguiendo las recomendaciones de este estudio, el Grupo acordó fijar  $L_{inf} = 271$  cm, asumir un modelo de crecimiento de Richards y partir del supuesto de una selectividad asintótica para la pesquería de cerco de Noruega durante el periodo de 1970 a 1981 en el modelo Stock Synthesis para el atún rojo del este.

El Grupo revisó el caso base propuesto para la evaluación de atún rojo del este utilizando Stock Synthesis (SCRS/2022/128). El modelo abarca desde 1950 hasta 2020 y se ha ajustado a los datos de composición por tallas, a la talla por edad condicional (pares de talla-edad-talla de otolitos y espinas), 16 flotas pesqueras y 11 índices de abundancia (**Tabla 6**). El crecimiento se modela mediante una función de Richards con  $L_{inf}$  fijado en 271 cm y el parámetro de forma de Richards es estimado por el modelo. Se estimó en el modelo una relación stock reclutamiento de Beverton y Holt con la inclinación, y SigmaR fijos en 0,9 y 0,6, respectivamente. R0 se estimó libremente.

El Grupo investigó varios ensayos (**Tabla 7**) para mejorar el diagnóstico del modelo, y se acordó el caso base del modelo, Ensayo 16 reponderado, siguiendo los cambios en el caso base propuestos en el documento SCRS/2022/128:

- Escalar M internamente utilizando el método de Lorenzen (edad 20 años, M de referencia = 0,1).
- Estimar mediante el modelo la mortalidad por pesca inicial para las flotas 13 (pesquería de almadra de UE-España/Marruecos/UE-Portugal antes de 2011), 15 (otras pesquerías de almadras) y 16 (otros).
- Estimar mediante el modelo el parámetro de crecimiento K.
- Mejorar la selectividad de la flota mediante una definición inicial más adecuada de los parámetros y la inclusión de varias distribuciones previas cuando es necesario.
- Equilibrar el modelo mediante la reponderación de las composiciones por tallas utilizando el método de Francis (Francis 2011).

El caso base del modelo Stock Synthesis, ensayo16 reponderado, mostró una convergencia relativamente buena (gradiente final =  $5,84607e-05$ ), con una matriz hessiana positiva definitiva. En esas estimaciones se incluyeron cuatro parámetros del modelo de crecimiento, tres parámetros de F inicial, 75 desviaciones de reclutamiento, y los parámetros restantes fueron parámetros de selectividad basados en el tamaño de la flota. Las estimaciones de los parámetros, los errores estándar asintóticos y las distribuciones previas asignadas se proporcionan en la **Tabla 8**. Se asignaron distribuciones previas sólo a los parámetros de selectividad que mostraban desviaciones estándar muy grandes tras el ajuste inicial del modelo para mejorar su estabilidad general.

Se realizó un análisis de fluctuación para evaluar si el modelo convergía en una solución global, aplicando una desviación aleatoria de los valores iniciales del 10 %. Algunos ensayos de fluctuación indicaron una verosimilitud logarítmica negativa inferior a la del caso base del modelo (**Figura 10**), asociada a un mejor ajuste a los datos condicionales de talla por edad, pero mostraron un cambio asociado en la selectividad de la otra flota de palangre. El Grupo observó que la escala y la tendencia de la biomasa y el reclutamiento del stock en el Ensayo 16 reponderado eran similares a los ensayos de fluctuación con menor verosimilitud (**Figura 11**). Por ello, el Grupo acordó utilizar este modelo como caso de base de Stock Synthesis (Ensayo 16 reponderados).

Se examinaron los gráficos de los datos observados frente a los ajustados y los gráficos de residuos para evaluar el ajuste del modelo a los índices (**Figuras 12 y 13**) y a los datos de composición por tallas (**Figura 14**). En general, el modelo mostró un ajuste relativamente bueno a los índices de abundancia. Se aplicaron pruebas de ensayo a las series de residuos de cada índice y a la composición por tallas con el fin de evaluar cuantitativamente la aleatoriedad del ajuste global a las diferentes series temporales. No hubo evidencia ( $p \geq 0,05$ ) para rechazar la hipótesis de residuos distribuidos aleatoriamente para todos los índices, excepto para las pesquerías de almadras marroquíes y españolas (S1), la fase temprana de las pesquerías de cebo vivo españolas (S3) y la prospección aérea del GBYP en el Mediterráneo occidental (S11). Sólo un punto de datos quedó fuera de los límites de sigma 3 para los índices (**Figura 15**). Por el contrario, hubo una falta de ajuste sistemática para la talla media de varias flotas (**Figura 16**), algunas de las cuales mostraron evidencias de cambios en la selectividad a lo largo del tiempo que no pudieron resolverse eficazmente en el tiempo asignado manteniendo la estabilidad del modelo.

Se creó un perfil de verosimilitud para el reclutamiento medio estimado en equilibrio sin pesca ( $R_0$ , escala logarítmica) en un rango de valores de 7,5 a 8,5 (**Figura 17**). El perfil de  $R_0$  por componente de datos mostró un mínimo coherente para la captura en equilibrio que aportó información a la mejor estimación global. El perfil de la otra fuente de datos estaba menos definido, sin un mínimo claro.

El análisis retrospectivo (**Figura 18**) indica a que la biomasa reproductora y la mortalidad por pesca del stock se estimaron de forma coherente, con estimaciones de rho de Mohn de -0,15 y 0,03, respectivamente. Sin embargo, hubo un claro sesgo retrospectivo en las estimaciones del reclutamiento reciente. En concreto, las estimaciones de reclutamiento desde 2011 mostraron un alto nivel de incertidumbre en torno al valor estimado y variaron notablemente con cada año de datos eliminados. Este sesgo retrospectivo llevó a la recomendación de parchear las estimaciones del reclutamiento reciente desde 2011 en  $R_0$  para cualquier proyección del modelo.

## 2.3 Otros modelos

### ASAP

Se aplicó el programa de evaluación estructurado por edad (ASAP) para la evaluación de stock del atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo de 2022 (SCRS/2022/125). ASAP es un modelo estadístico de captura por edad ajustado a la serie temporal de captura observada, composición por edad e índices de abundancia. Se actualizaron y revisaron las aplicaciones anteriores de ASAP para una sola flota en las evaluaciones de atún rojo del Atlántico de 2017 y 2020 y se examinaron modelos alternativos con varias flotas.

Se han desarrollado modelos ASAP multiflota para ajustar los datos de captura y estimar la selectividad de cada flota de los índices así como la flota de cerco del Mediterráneo. Los ensayos basados en flotas múltiples eran coherentes de forma retrospectiva y se ajustaban bien a los datos disponibles, con algunos patrones residuales.

El Grupo observó que debía revisarse la CAA para un enfoque multiflota pero no había tiempo suficiente para finalizar esta tarea durante la reunión. Los datos de entrada se verificarán posteriormente y, en caso necesario, se corregirán después de la reunión. El debate a continuación se refiere a la implementación de una sola flota.

ASAP se encuentra en una clase intermedia de modelos entre la complejidad de Stock Synthesis y la relativa simplicidad de VPA. Las anteriores implementaciones de ASAP para el atún rojo del este no han tenido problemas de escala, pero desde que las recientes evaluaciones de VPA han tenido problemas en la estimación de la escala, las tres clases de modelos considerados en 2022 se examinaron atentamente para ver su capacidad de determinar la escala. En el caso de VPA, se realizó mediante un perfil de la ratio de F inicial y estimando la ratio de F en tres periodos distintos. En el caso de ASAP, se realizó mediante un perfil del reclutamiento medio (**Figura 19**) y F inicial y asumiendo que no había desviaciones en el reclutamiento (**Figura 20**). Respecto a ASAP, el ejercicio demostró que la estimación del reclutamiento medio y la F inicial tenían un CV bajo (10 %).

## 3. Resultados de la evaluación

### 3.1 VPA

#### 3.1.1 Ajustes del modelo

Los resultados del ensayo 385 (**Tabla 1**, archivo de control en **Apéndice 5**) mostraron un descenso en la biomasa del stock reproductor desde la década de 1970 hasta la de 1990, permaneciendo a niveles bajos antes de mostrar un incremento desde 2010 (**Figura 21**). El reclutamiento siguió la tendencia contraria hasta 2010, cuando también comenzó a incrementarse. Tras permanecer a un nivel alto, la mortalidad por pesca para las edades 2-5 mostró una caída en 2007. Desde entonces, el nivel ha permanecido bajo. La mortalidad por pesca del grupo plus aumentó a un nivel alto en la década de 1990, antes de disminuir a finales de la década de 2000. Desde entonces, ha ido aumentando. El ajuste a los índices se consideró aceptable para la mayoría, aunque el modelo no ajustó bien WMED\_LARV, SP\_BB2 y JPN\_LL\_NEA2 (**Figura 22**).

La evaluación actual ha tenido un desempeño más estable que en la evaluación de 2017 (**Figura 23**). La evaluación actual muestra una mejora en el análisis retrospectivo de SSB y R (**Figura 24**).

#### 3.1.2 Estado del stock

Los mismos criterios que se utilizan desde 2017 para la determinación del estado del stock se han utilizado en la evaluación de 2022 para cada modelo, incluido el VPA. Esto se ha conseguido al comparar  $F_{\text{actual}}$  (media geométrica de F apical en los años 2017-2019) con estimación de  $F_{0,1}$ . En el caso de VPA, la estimación de  $F_{0,1}$  se ve ligeramente afectada por el reclutamiento asumido en los últimos años. El Grupo acordó utilizar dos escenarios diferentes. El primero era similar a 2017, para sustituir los últimos cuatro años de reclutamiento (2017-2020) con la media geométrica de reclutamiento en 2007-2016 y el segundo consistía en utilizar la media geométrica en 1968-2016 (véase la sección 6). En ambos escenarios se halló que  $F_{\text{actual}}$  estaba por encima de  $F_{0,1}$ , lo que indicaba sobrepesca ( $F_{\text{actual}}/F_{0,1}=1,16$ ).



## 3.2 Stock Synthesis

### 3.2.1 Ajustes del modelo

Las series temporales de estimaciones de biomasa del stock reproductor (SSB), mortalidad por pesca (se ha utilizado la tasa de explotación en biomasa como una aproximación) y reclutamiento (edad 0) para el ensayo del caso base (ensayo 16 reponderado, archivo de control en **Apéndice 6**) aparecen representadas en la **Figura 25**. La SSB mostró un marcado descenso entre 1950 y 1970 en respuesta a un aumento de la captura y la SSB se mantuvo a un nivel más bajo y relativamente estable hasta 2010. La SSB mostró un aumento constante desde 2010 hasta el final de la serie temporal en 2020.

El modelo estimaba distintos periodos de reclutamientos bajos y elevados (**Figura 25**). En concreto, el periodo anterior a 1989 mostró estimaciones más bajas de reclutamiento en comparación con el periodo 1989 - 2006. Se estimaron niveles similares de reclutamiento respecto al periodo anterior entre 2007 y 2011 y, con posterioridad, las estimaciones demostraron un alto nivel de incertidumbre, lo que indica que falta información en el modelo para comunicar el reclutamiento reciente. En particular, se estimaron fuertes reclutamientos para los años 1994 y 2003, coherentes con las señales del modelo anterior y las observaciones de investigación.

Se utilizó la tasa de explotación en biomasa como aproximación para la mortalidad en pesca como porcentaje de captura sobre biomasa. Por lo general, las estimaciones de la tasa de explotación (**Figura 25**) fueron bajas al principio de la serie temporal, pero aumentaron de forma marcada durante la década de 1980 hasta un punto máximo de mortalidad en pesca en 1997, y permanecieron elevadas hasta 2007 cuando se produjo un descenso significativo en la captura. Las estimaciones de las tasas de explotación desde 2010 han sido sistemáticamente inferiores, con una estimación de tasa de captura de año terminal en 2020 de aproximadamente el 7 % de la biomasa total.

### 3.2.2 Estado del stock

En el caso de Stock Synthesis, la estimación de  $F_{0,1}$  (tasa de explotación) es de 0,091, asumiendo el patrón de selectividad reciente (2018-2020). La  $F$  actual (tasa de explotación) calculada como media geométrica de  $F$  durante los años 2018-2020, fue de 0,065, y la  $F_{\text{actual}}$  relativa al punto de referencia de  $F_{0,1}$  fue de 0,72, lo que indica que no se estaba produciendo sobrepesca en el stock.

## 3.3 Otros modelos

### 3.3.1 Ajustes del modelo

#### ASAP

A diferencia del VPA, los modelos estadísticos por edad o talla, como ASAP, no asumen que la captura total o la captura por edad se conozcan con exactitud. En los debates de la reunión de preparación de datos (Anón., 2022) se observaron incertidumbres acerca del valor real de las capturas del periodo inflado (1998-2007). Se esperaba que las capturas reales pudieran ser incluso mayores que las estimadas en la serie inflada. Con el fin de investigarlo, el CV de las capturas totales se incrementó del 0,1 al 0,20. En cualquier caso, el aumento del CV de las capturas totales en 1998-2007 dio como resultado capturas previstas significativamente inferiores a las capturas infladas de todos los años de dicho periodo, y, en algunos años, incluso menores que las capturas comunicadas oficialmente. El Grupo señaló que las capturas infladas se basaban en datos y eran la mejor información disponible (Anon., 2017). El Grupo consideró que las capturas comunicadas oficialmente eran una estimación mínima absoluta. Si se supone un CV=0,20 (ensayo del caso base 2, archivo de control en **Apéndice 7**) dio como resultado unas capturas totales estimadas entre la captura comunicada oficialmente y la captura inflada (**Figura 26**). El Grupo señaló que CV más elevados para el periodo inflado y capturas estimadas más bajas dan como resultado un reclutamiento para el periodo inflado que se estima inferior.

El Grupo solicitó que CV = 0,10 y CV = 0,01 para todos los años para su comparación con el resto de enfoques de modelación. Estos se proporcionaron al Grupo (**Figura 27**, únicamente CV=0,01 se comparó con el ensayo del caso base 2). El experto externo sugirió que se intentaran estimar las capturas que superen la captura inflada en futuras evaluaciones.

El modelo ASAP de una sola flota, por lo general, se ajustó bien a los datos (**Figura 28**) y fue coherente, de manera retrospectiva, para SSB y F, aunque no para reclutamiento (**Figura 29**), si bien había patrones residuales en la composición por edad e incertidumbre en los parámetros de selectividad, en particular para el periodo reciente (**Figura 30**). Las estimaciones del modelo sugieren un cambio importante en la selectividad a finales de la década de 1990, desde la selección total de edades jóvenes y la selección parcial de edades mayores antes de 1999, y, posteriormente, la selectividad parcial de edades jóvenes y la selección total de edades mayores desde 1999. Esto resulta coherente con los cambios en la normativa así como un mayor seguimiento, control y vigilancia. Los resultados del modelo sugieren que el stock disminuyó desde la década de 1970 hasta principios de la década de 2000 para posteriormente recuperarse en la última década debido a un fuerte reclutamiento y una baja mortalidad por pesca recientemente (**Figura 31**).

Al ensayar ASAP sin el índice de larvas del Mediterráneo occidental y sin prospecciones aéreas francesas, los únicos dos índices disponibles para el mar Mediterráneo, se sugería un reclutamiento más bajo desde finales de la década de 1990, (**Figura 32**). Aunque es superior a la cifra de 1968 a 1990, las estimaciones de reclutamiento medio de 2000 a 2020 son 1,45 veces el promedio de 1968 a 1990 mientras que durante el periodo de la captura inflada, el reclutamiento medio es 2,5 veces superior al producido de 1968 a 1990.

### 3.3.2 Estado del stock

Respecto a ASAP, el Grupo acordó utilizar el ensayo ASAP con un CV del 20 % en las series de captura y la estimación de  $F_{0,1}$  es de 0,160, asumiendo el patrón de selectividad reciente (2015-2020). La F actual (media geométrica de F apical en los años 2018-2020) era de 0,087, y la  $F_{\text{actual}}$  relativa al punto de referencia de  $F_{0,1}$  era de 0,542, lo que indica que no se estaba produciendo sobrepesca en el stock.

### 3.4 Síntesis de los resultados de la evaluación

Se han aplicado tres plataformas de modelos de evaluación para realizar la evaluación del stock de atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo en 2022. Al igual que en evaluaciones anteriores, se utilizó un análisis de población virtual (VPA 2 Box), y se aplicaron dos plataformas alternativas, Stock Synthesis y el programa de evaluación estructurado por edad (ASAP) en el desarrollo de la evaluación de stock de atún rojo del este. Es la primera vez que se ha podido finalizar la evaluación utilizando tres modelos para el atún rojo del este. De esta forma nos permite comparar los resultados con plataformas que utilizan distintos enfoques para evaluar el estado del atún rojo del este.

Respecto a las comparaciones del estado del stock, el Grupo acordó que se incluyera el ensayo ASAP con un CV del 20 % (ensayo del caso base 2 de ASAP) en la serie de capturas del periodo de 1998 a 2007, que el equipo de modelación consideró el mejor modelo. Este modelo estimaba una serie de captura inferior (es decir, extracciones totales) para el "periodo inflado" (1998-2007): 5649 – 17 304 t inferior al resto de plataformas de evaluación, VPA y Stock Synthesis, que tenían un ajuste casi exacto a la captura (**Figura 26**).

Varios factores siguen influyendo en la evaluación de stock de atún rojo del este. La escasez de índices que abarquen el periodo de fluctuaciones en la captura en el Mediterráneo; incertidumbres sobre el valor real de las capturas en el periodo inflado (1998-2007); el efecto de las medidas de ordenación para obtener información sobre abundancia de juveniles y los cambios en las estrategias de pesca y la selectividad; y lagunas en la cobertura temporal y espacial de las tallas de las capturas detalladas así como estadísticas de esfuerzo de varias pesquerías, especialmente para cerqueros en el Mediterráneo y antes de la implementación de cámaras estereoscópicas en 2014.

Los tres modelos muestran tendencias similares en la SSB (**Figura 33, Tabla 9**), con un descenso progresivo en la SSB desde la década de 1970 hasta la implementación de un plan de recuperación para esta especie establecido en 2007 ([Rec. 07-04](#)). Desde finales de la década de 2000 ha habido un fuerte aumento en la SSB aunque la magnitud y la tasa difieren en los tres modelos, ya que VPA indica una menor biomasa y un aumento del stock mientras que el modelo ASAP indica el mayor aumento. La incertidumbre en la tasa y la magnitud del aumento en la SSB pueden observarse en las tres plataformas y en los ensayos de sensibilidad en cada plataforma, especialmente en los últimos años (**Figura 33**).

La mortalidad por pesca del grupo de edad 2-5 y de peces mayores de 10 años (**Figura 33, Tabla 9**) mostraba una tendencia en aumento desde la década de 1970, aunque la  $F$  del grupo de edad 2-5 muestra un marcado descenso desde finales de la década de 1990, mientras que el grupo adulto ( $F$  de edad 10 plus) muestra un drástico descenso en la mortalidad por pesca desde el establecimiento del plan de recuperación de 2007 ([Rec. 07-04](#)). Los aumentos recientes en el TAC hasta los niveles actuales también reflejan un incremento en la mortalidad por pesca.

Los reclutamientos estimados por las tres plataformas de evaluación (**Figura 33, Tabla 9**) muestran una variabilidad considerable, sobre todo en el periodo reciente, pero, en general, hay dos periodos, uno con reclutamientos bajos antes de 1990 y uno con reclutamientos más elevados posteriormente. Cabe señalar la identificación por parte de las tres plataformas de la fuerte clase anual de 2003. Las estimaciones en los últimos años indican un claro aumento en el reclutamiento, aunque hay incertidumbre respecto a la magnitud de tal aumento, reflejada por las diferencias entre los tres modelos y la variabilidad de cada modelo. Las estimaciones de la biomasa total (**Figura 34, Tabla 9**) indican una semejanza entre Stock Synthesis y VPA en los últimos años, mientras que ASAP indica una biomasa total superior. Las series temporales de la tasa de explotación también indican, por lo general, patrones similares (**Figura 34, Tabla 9**).

El estado del stock mostrado por la relación entre la mortalidad por pesca actual y  $F_{0,1}$  indica un estado de sobrepesca en la estimación obtenido por el VPA ( $F_{\text{actual}(2017-2019)}/F_{0,1}$  con intervalos de confianza del 95 % = 1,16 (0,73 - 1,62)) en ambos escenarios de reclutamiento, mientras que Stock Synthesis ( $F_{\text{actual}(2018-2020)}/F_{0,1} = 0,72$  (0,62 - 0,80)) usando la aproximación de tasa de explotación) y ASAP ( $F_{\text{actual}(2018-2020)}/F_{0,1} = 0,54$  (0,48 - 0,60)) indican que no se está produciendo la sobrepesca. Los distintos modelos mostraban una relativamente amplia gama de estado del stock en relación con el nivel de referencia  $F_{0,1}$ . El Grupo tendrá en cuenta las fortalezas y las debilidades de cada plataforma de modelación al presentar el estado del stock para el Resumen ejecutivo.

#### 4. Primeros comentarios de la revisión independiente

El revisor externo, Dr. Ianelli, expuso sus comentarios tanto sobre la evaluación de stock del atún rojo del este como del proceso de la MSE (SCRS/2022/132), basados principalmente en el progreso en la reunión de preparación de datos sobre atún rojo del este (Anón., 2022), y destacó los problemas relacionados con los datos de captura, los índices, los supuestos biológicos y otros problemas con otras plataformas de modelación.

El Grupo agradeció al revisor su participación en el proceso y sus perspectivas hasta ahora, ya que servirán para que el Grupo debata los distintos problemas y tome decisiones de manera oportuna con el fin de mejorar la evaluación final y el asesoramiento de ordenación asociado. La participación directa también representa una oportunidad para que el revisor aclare cualquier punto con el Grupo. Como se resume a continuación, el Grupo debatió varios temas.

El Grupo también debatió cómo se podrían especificar mejor los bloques temporales en la selectividad en Stock Synthesis, por ejemplo, en el caso de las flotas de cebo vivo, o si hay un efecto de objetivo de cohortes. El revisor reconoció que es un tema fundamental; sugirió examinar los análisis ASAP e hizo mención a un taller de CAPAM (Centro para el Avance de la Metodología de Evaluación de Poblaciones) sobre este tema. El revisor afirmó su preferencia por enfoques más estadísticos, aunque reconoció que si se usan distintos enfoques se puede aprender de sus diferencias.

Uno de los problemas fundamentales con los datos está relacionado con la escala absoluta de las extracciones durante el periodo de "captura inflada". El Grupo señaló que las estimaciones actuales de ASAP son inferiores a las mejores estimaciones de ICCAT que se han asumido para su introducción en las plataformas VPA y Stock Synthesis (basadas en estimaciones de capacidad históricas), y sugirió que la importancia o no de la incertidumbre en torno al total de extracciones podría comprobarse en la MSE.

En 2021, la evaluación de atún rojo del oeste fue fuertemente criticada por el revisor en ese momento porque no se estaba teniendo en cuenta la mezcla (Maunder, 2021). El Grupo aclaró que la mezcla también afectaría a esta evaluación, pero se consideró un problema menor, como sugieren los esfuerzos de la MSE hasta ahora y los ensayos históricos de VPA que incluyen la mezcla. Esto se debe a que solo una pequeña parte del stock oriental se captura en la zona occidental en comparación con la zona oriental (por lo que no se tiene en cuenta en esta evaluación oriental), y un porcentaje bajo/insignificante de ejemplares originarios del oeste se capturan en la zona oriental (que parecen no afectar a las tendencias de stock orientales).

Se recordó al Grupo que el mercado electrónico no ha revelado una migración importante de ejemplares originarios del oeste a la zona oriental. Además, al analizar el stock de origen en las muestras del stock oriental, las bajas proporciones de stock occidental observadas están por lo general dentro de las tasas de error de asignación para los distintos métodos de asignación (genética y química de otolitos).

El Grupo también se preguntó si los supuestos efectos insignificantes de la mezcla para la evaluación del stock oriental podrían ser más importantes en periodos anteriores, cuando la proporción de capturas en la zona occidental era superior en comparación con la captura en la zona oriental. Esto podría tener alguna influencia en la tendencia de la abundancia del stock oriental. No obstante, el Grupo señaló que no se podría asignar de manera fiable dichas capturas a ninguno de los stocks, y que la conclusión del VPA histórico de stock mezclado fue que la mezcla no era una fuente de sesgo en las estimaciones de biomasa para el stock oriental.

Por último, según la revisión inicial, aunque hay distintos problemas en los que estudiar y trabajar en el futuro, no hay ningún impedimento serio para continuar con la evaluación en esta fase. Se señaló que el revisor proporcionará una revisión final de todo el proceso en el grupo de especies de septiembre.

## **5. Temas relacionados con la evaluación de estrategias de ordenación**

El Grupo recibió el documento SCRS/2022/126 sobre las actualizaciones en el procedimiento de ordenación de candidatos (CMP) de BR. Se han realizado ligeras modificaciones en la ponderación de los índices, y se han desarrollado variantes adicionales de la CMP en respuesta a las peticiones realizadas durante la segunda reunión intersesiones de la Subcomisión 2 sobre la MSE para el atún rojo (9-10 de mayo de 2022) (por ejemplo, calibraciones alternativas, restricciones del cambio de % de TAC, incluyendo un periodo de introducción, duración del ciclo de ordenación). El Grupo señaló que VarC (variación en el TAC (%)) debe recalcularse para cualquier variante con un ciclo de ordenación de 3 años, ya que los valores actuales de VarC se basan en los cambios en el TAC cada dos años.

Tal y como se debatió anteriormente con la Subcomisión 2, el SCRS tiene previsto seguir ajustando el desempeño de cada CMP para dirigirse directamente a los umbrales que la Subcomisión 2 ha identificado para el desempeño de la biomasa ( $LD^*$ : merma más baja (es decir, la SSB relativa a la  $SSB_{RMS}$  dinámica) en los años 11-30 del periodo de proyección; umbral actual de  $LD^*_{15}=0,40$ ) y la probabilidad de situarse en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (PGK; umbral actual de  $PGK=0,60$ ). Esta calibración del desempeño se realiza para conseguir los umbrales que la Subcomisión 2 ha establecido a la vez que se mejora el rendimiento. Se prevé que los CMP que tengan un desempeño de la biomasa más alto ( $LD^*$ ) y unas probabilidades más altas en la zona verde del diagrama de Kobe (PGK) durante la calibración del desarrollo serán capaces de aumentar sus resultados de rendimiento cuando se calibre su desempeño.

Un desarrollador de CMP presentó los resultados de los CMP de BR calibrados únicamente para niveles alternativos de  $LD^*$  ( $LD^*_{15} = 0,4$ ,  $LD^*_{12}=0,4$ ,  $LD^*_{10}=0,4$ ) como ejemplo inicial del proceso de calibración del desempeño. Se consideró que  $LD^*$  era útil para la calibración del desempeño y el porcentaje de objetivo de  $LD^*$  determinaría en qué medida el CMP debería ser agresivo. No obstante, el análisis no calibró PGK, otro criterio de umbral, por lo que podría ser necesario también considerar este objetivo de estado. Si se calibra únicamente a  $LD^*_{15}=0,4$  podría no llegarse al PGK a un 60 % por lo que esto debería considerarse en una calibración del desempeño posterior. Se encontró una relación relativamente lineal entre los valores de la mediana occidental y oriental de Br30 (Br (es decir, ratio de la biomasa, o SSB relativa a la  $SSB_{RMS}$  dinámica) después de 30 años) para los valores de  $LD^*$  entre  $LD^*_{10}$  y  $LD^*_{15}$ , lo que indica que los resultados de calibración a los distintos valores de  $LD^*$  podrían estimarse de manera razonable mediante interpolación.

El CMP calibrado de manera más agresiva para  $LD^*$  experimentó una mayor variabilidad en las capturas y un rango más amplio para el Br30 previsto (es decir, estabilidad reducida y un mayor riesgo). El análisis incluía diagramas de gusano para cada variante del CMP para OM individuales con el fin de mostrar la posible variabilidad en la captura y en las trayectorias de la biomasa, y el Grupo acordó que los diagramas de gusano son una manera eficaz de ilustrar por qué la variabilidad elevada puede ser indeseable. El Grupo también señaló que el análisis reflejaba la compensación entre la seguridad del stock oriental y la captura de la zona occidental. Durante el desarrollo del proceso de calibración, donde los CMP se calibraron con objetivos en la mediana de Br30, se consideró que el desempeño mejoraba cuando el objetivo de la mediana de Br30 del stock oriental era superior al objetivo de la mediana de Br30 del stock occidental (1,5, 1,25, respectivamente). No obstante, en esta calibración del desempeño inicial para  $LD^*$ , la mediana de Br30 fue superior para el stock occidental e inferior para el stock oriental. Esto podría contrarrestarse utilizando distintas probabilidades de  $LD^*$  para las zonas oriental y occidental si esto resulta aceptable para la Subcomisión 2.

Uno de los copresidentes-presentó resultados actualizados y compilados por el consultor de la MSE (SCRS/P/2022/047), entre los que se incluía una visión general de las herramientas Shiny App actuales y nuevas estadísticas de desempeño. El Grupo debatió los requisitos en cuanto a datos para finalizar los cálculos estadísticos de desempeño, incluido C1. Los datos de captura para 2021 deben enviarse a la Secretaría antes del 31 de julio de 2022, pero, por lo general, los índices no se actualizan hasta la reunión del grupo de especies de finales de septiembre. Se propuso que los desarrolladores de índices hagan todo lo posible para proporcionar sus índices actualizados antes del 15 de agosto de 2022, de forma que los desarrolladores cuenten con ellos antes de la segunda reunión intersesiones del Subgrupo técnico sobre MSE para el atún rojo (5-9 de septiembre de 2022). Si los índices no están disponibles a tiempo, los desarrolladores del CMP podrían utilizar en su lugar los valores de índice previstos (es decir, los predichos por los OM).

El Grupo señaló que los diagramas de trayectoria de biomasa y captura deberían presentarse también por separado para los niveles de reclutamiento 1, 2 y 3, de forma que no se mezcle el comportamiento del CMP con el escenario de reclutamiento.

Al debatir los impactos de la introducción progresiva del cambio de TAC del +20 %/-10 %, el Grupo reconoció que no había un gran efecto sobre el estado de la mediana, pero sí una ligera reducción de los valores de la distribución de cola de Br30, así como una ligera penalización del rendimiento a largo plazo. Un participante advirtió que si la introducción se aplica durante los dos primeros ciclos de ordenación, pero la MSE se recondiciona en cinco o seis años, las disposiciones de estabilidad regular del MP no se habrán aplicado plenamente antes de volver a examinarlo y evaluarlo. La decisión de adoptar la disposición de introducción progresiva por defecto para los CMP debería ser tomada por la Subcomisión 2 en julio para facilitar el desarrollo de los CMP.

Tuvo lugar un largo debate sobre la conveniencia de utilizar un ciclo de ordenación de dos o de tres años. Se probó un ciclo de ordenación de tres años para dos CMP: BR y TC. Los resultados de las variantes del CMP BR calibrados a un valor común de LD\*15 se muestran en la Tabla 3 del **Apéndice 8**. El ciclo de tres años fue más lento a la hora de reaccionar a las señales de disminución del TAC y, por lo tanto, tuvo un estado de biomasa inferior al percentil 50 (Br30) y una AvC30 (mediana del TAC (t) en los años 1 a 30) ligeramente reducida, junto con una variabilidad ligeramente mayor en los cambios del TAC. Para compensar, el SCRS exploró mayores reducciones de TAC admisible (+20 %/-35 % de estabilidad) que mejoraron ligeramente el estado de Br30 para los stocks del este y del oeste. El desempeño fue solo ligeramente inferior y las consideraciones prácticas (estabilidad, reducción de la carga administrativa) podrían respaldar un ciclo de ordenación de tres años. Esta decisión debería ser tomada por la Subcomisión 2 en julio para facilitar el desarrollo del CMP y el SCRS señala que la aplicación de esta medida llevará mucho tiempo a todos los desarrolladores.

También se planteó que el ciclo de ordenación de tres años puede ser más robusto ante la falta de datos del índice. Se señaló que la falta de datos del índice no es necesariamente una razón para utilizar un ciclo de ordenación más largo, ya que los CMP se han diseñado con medias móviles para manejar fácilmente los datos que faltan (por ejemplo, sustituyéndolos por un valor nulo o el valor anterior) independientemente del ciclo de ordenación.

En la reunión de mayo de 2022 de la Subcomisión 2 se pidió al SCRS que evaluara una disposición de estabilidad simétrica del +20 %/-20 %, frente a los valores +20 %/-30 % por defecto. La opción +20 %/-20 % tardó más en implementar las disminuciones de TAC necesarias y, por tanto, presentaba un rendimiento y un desempeño de la biomasa inferiores (es decir, un mayor riesgo) (Tabla 4 del **Apéndice 8**). El SCRS aún no ha evaluado el +20 %/-20 % con un ciclo de tres años, pero espera que el rendimiento sea peor, ya que ni siquiera el +20 %/-30 % tuvo un rendimiento satisfactorio en términos de los requisitos acordados para  $B_{LIM}$  (un punto de referencia límite de la biomasa; el 40% de la  $SSB_{RMS}$  dinámica a efectos de la MSE). No obstante, si la Subcomisión 2 requiere disposiciones de estabilidad simétricas por consideraciones prácticas, el SCRS recomienda que esta decisión se tome en la reunión de julio para facilitar el desarrollo posterior del CMP.

Un desarrollador de CMP presentó los cuatro CMP de tipo FZ, y el Grupo decidió proceder con el CMP FO por el momento, basándose en el mejor desempeño según los diagramas de tipo *patchwork* y la estructura más sencilla de este CMP sin alisador.

El copresidente presentó el resumen actualizado de cuatro páginas de los resultados de la MSE que se presentará en la reunión de la Subcomisión 2 de julio (**Apéndice 8**). Este resumen incluye información de contexto para cada uno de los puntos de decisión del orden del día de la Subcomisión 2. Será fundamental obtener aportaciones de la Subcomisión 2 en la reunión, previendo que en septiembre este Grupo deberá recomendar un número gestionable de CMP con múltiples niveles de calibración para presentarlos a la Subcomisión 2 en octubre.

El Grupo recibió una presentación sobre una nueva herramienta que calcula automáticamente los TAC de cada CMP para los tres primeros ciclos de ordenación de dos años basándose en los valores de índice introducidos por el usuario. El Grupo estuvo de acuerdo en que la herramienta podría ayudar a las CPC y a las partes interesadas a entender cómo funcionan los CMP y cómo influyen en el TAC los valores de los índices. Si es posible, el desarrollador de la herramienta hará circular una versión perfeccionada a lo largo de la semana para que pueda ser compartida con la Subcomisión 2.

El Grupo debatió sobre las posibles vías para recibir comentarios adicionales de las CPC y de las partes interesadas entre la reunión de la Subcomisión 2 de julio y septiembre de 2022. Se consideró la posibilidad de realizar una encuesta, pero se consideró demasiado problemático en varios aspectos. El presidente del SCRS manifestó su acuerdo en que las reuniones de embajadores han demostrado ser un lugar eficaz para el intercambio de información. Todo el mundo puede expresarse y hacer las preguntas que quiera, y el diálogo va en ambas direcciones: de las partes interesadas/CPC al SCRS y viceversa. Sin embargo, las reuniones de embajadores no son un medio oficial para obtener los comentarios de las partes interesadas y eso sigue siendo competencia de cada CPC. El Grupo intentará convocar más reuniones de embajadores, en torno a finales de julio y seguramente también a principios de octubre, si es posible. Naturalmente, los científicos de las CPC pueden iniciar debates con las partes interesadas en cualquier momento.

El Grupo tomó nota de que, el asesoramiento sobre el TAC para 2023 se proporcionará sobre la base de la MSE, aunque la evaluación actual del atún rojo del este será la que formule el asesoramiento científico. Se incluirá un texto en el encabezamiento del resumen ejecutivo del SCRS, en el que se indicará que la adopción de un MP es la prioridad, y que el asesoramiento en materia de ordenación se ofrece en caso de que la Comisión no adopte un MP en su reunión de este año. Se proporcionará un asesoramiento de contexto similar para el atún rojo del oeste.

## 6. Proyecciones y asesoramiento en materia de ordenación

El Grupo decidió revisar las proyecciones preliminares a corto plazo de cada modelo de evaluación de stock. El Grupo recomendó que las configuraciones de las proyecciones de los diferentes modelos deben ser comparables en la medida de lo posible. Las proyecciones se realizaron para el periodo comprendido entre 2021 y 2024 con  $F_{0,1}$  en 36.000 t, asumiendo el TAC actual de 36.000 t para ambas capturas en 2021 y 2022. En todas las proyecciones se asumieron los mismos valores para la mortalidad natural, la madurez por edad y peso por edad/talla que los utilizados en las evaluaciones de stock (**Tabla 10** para VPA, **Tabla 11** para Stock Synthesis y **Tabla 12** para ASAP). Para proporcionar la incertidumbre de cada estimación, VPA utilizó 500 iteraciones de bootstrap, Stock Synthesis utilizó 500 iteraciones de MVLN (enfoque lognormal multivariado Walter y Winker 2019), y ASAP utilizó 500 iteraciones de MCMC.

Los requisitos clave para las proyecciones son abordar las principales fuentes de incertidumbre de cada modelo en relación con las estimaciones recientes de reclutamiento. Esto implica dos decisiones: la primera es qué reclutamiento proyectar hacia adelante en el tiempo y la segunda si los reclutamientos estimados por el modelo son fiables o deben ser sustituidos o "parcheados" para el pasado con valores supuestos. El Grupo revisó los diagnósticos de los modelos, especialmente los patrones retrospectivos y los intervalos de confianza sobre las desviaciones del reclutamiento para determinar los períodos de tiempo (señalados a continuación para cada modelo) en los que el reclutamiento parecía estimarse de forma fiable para informar sobre los períodos de tiempo parcheados.

Períodos de tiempo para el parche aplicado para el VPA para los años 2017-2020, un parche de cuatro años similar al de la evaluación de stock de 2017. Los años para los promedios de reclutamiento fueron un promedio para un periodo largo (1968-2016) y un promedio para un periodo corto (2007-2016) (**Figura 35**, SCRS/P/2022/043). La justificación del promedio para un periodo corto se basa en el supuesto de que es probable que el reclutamiento futuro sea similar al de los 10 años recientes, que se estima relativamente alto, y de que la evaluación actual mejora los resultados en el análisis retrospectivo de R en comparación con la evaluación de stock de 2017 (Anón., 2017) (**Figura 23**). No obstante, el reclutamiento para estos años es muy incierto y el Grupo consideró que una hipótesis igualmente plausible podría ser que el reclutamiento volviera al promedio para un periodo largo (1968-2016), un supuesto similar al escenario de reclutamiento "medio" que se suele plantear para el atún rojo del este (Anón. 2013 y 2015). Se consideraron otros escenarios de reclutamiento, pero el Grupo no los eligió. El Grupo recomendó ponderar por igual los reclutamientos para un periodo largo que los reclutamientos para un periodo corto en las proyecciones, el estado del stock y el asesoramiento de ordenación.

Para Stock Synthesis, se sustituyeron los reclutamientos para los años 2012 a 2020, ya que las desviaciones del reclutamiento se superponían en cero durante casi todo el período, lo que indicaba que había una incertidumbre sustancial en el reclutamiento estimado (**Figura 18**). Esto se logró al no estimar las desviaciones de reclutamiento para estos años y fue una intervención bastante grande en el modelo. Se realizaron ensayos del modelo con y sin esta desviación del reclutamiento que indicaron que el modelo convergía en una solución muy similar. Para el reclutamiento proyectado, Stock Synthesis utilizó la media a largo plazo (R0) bajo el supuesto de que es probable que el reclutamiento futuro sea similar a la media a largo plazo.

Para ASAP, se recomendaron dos opciones de reclutamiento. La primera fue utilizar la serie temporal completa (1968-2020) y la segunda una serie temporal truncada (1968-2012) para el reclutamiento futuro. Para la serie truncada se utilizó la media de 1968-2012 para los años 2006-2020. La justificación de toda la serie temporal fue similar a la del VPA y a la de Stock Synthesis bajo el supuesto de que el reclutamiento a corto plazo sería similar a la media a largo plazo. La segunda fue utilizar la serie truncada para evitar el uso de las estimaciones de reclutamiento en los años en los que el patrón retrospectivo en el reclutamiento parecía sustancial (**Figura 29**). Para ser comparable con los otros dos modelos de evaluación de stock, se utilizó el modelo ASAP con un CV de capturas del 1 % para los ejercicios de proyección. El Grupo también revisó la proyección de ASAP con un CV del 20 %.

A continuación, se resumen las principales configuraciones de proyección de cada modelo:

Modelo (número)	Capturas (t) para 2021 y 2022	Parche (años)	Selectividad (años)	Reclutamiento (años)
Ensayo 385 del VPA	36.000 y 36.000	2017-2020	2017-2019	2007-2016
Ensayo 385 del VPA	36.000 y 36.000	2017-2020	2017-2019	1968-2016
Ensayo 16 reponderado de SS3	36.000 y 36.000 Las capturas por flota se obtuvieron mediante la tasa media de capturas (2018-2020) por flota	2012-2020	2017-2020	Media a largo plazo (R0)
Captura ASAP; CV 1 % y 20 %	36.000 y 36.000	2017-2020	2015-2020	1968-2020
Captura ASAP; CV 1 % y 20 %	36.000 y 36.000	2006-2020	2015-2020	1968-2012

### **Resultados de las proyecciones, estado del stock y recomendaciones de ordenación**

El Grupo revisó los resultados de las proyecciones a corto plazo para cada modelo (**Figuras 36-38**) en  $F_{0,1}$  y 36.000 t. Las determinaciones del estado del stock con respecto a la mortalidad por pesca y las recomendaciones de ordenación se finalizarán en la reunión del Grupo de especies de septiembre. Para aportar información al estado del stock, el Grupo recomienda que se consideren los resultados de los tres modelos y que la decisión final se tome en septiembre. En aras de la continuidad, el Grupo recomienda que se proyecte únicamente el VPA para considerar el asesoramiento cuantitativo sobre el TAC para la matriz de estrategia de Kobe 2 (K2SM).

Cualquier recomendación sobre el TAC que el SCRS pueda proporcionar finalmente sobre la base de esta evaluación dependerá en gran medida de la escala de biomasa absoluta estimada por los modelos. Uno de los principales impedimentos para estimar la escala absoluta de la población son las capturas ilegales, no declaradas y no reglamentadas que, si no se pueden cuantificar y tener en cuenta en la evaluación científica, dan lugar a subestimaciones del rendimiento total y a la incapacidad de estimar puntos de referencia fiables relacionados con el RMS. Por ejemplo, la escala de la población estimada por los modelos depende en gran medida de la magnitud supuesta de las "capturas infladas" a finales de la década de 1990 y principios de la de 2000. El Grupo es consciente de que la pesca IUU, no cuantificada, que se está produciendo actualmente, representa un serio impedimento para poder determinar la productividad del stock y proporcionar un asesoramiento fiable sobre el TAC. Como respuesta

a esto, se insta a que se identifique y cuantifique la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (IUU) para que el SCRS pueda proporcionar un asesoramiento más preciso sobre las capturas basadas en la biomasa y obtener una comprensión científica más exacta de la productividad del stock.

## **7. Secciones del proyecto de resumen ejecutivo**

Debido a la falta de tiempo, el Grupo no revisó el Resumen ejecutivo. Los copresidentes trabajarán en el proyecto en el periodo entre sesiones, y dicho proyecto se debatirá durante la próxima reunión del Grupo de especies de atún rojo (20-21 de septiembre de 2022).

## **8. Actualización sobre las actividades del GBYP**

El coordinador del GBYP realizó una presentación (SCRS/P/2022/049) para informar al Grupo sobre las recientes actividades y resultados del GBYP, así como sobre sus planes futuros. Actualmente, el GBYP está desarrollando sus fases 11 y 12 en paralelo (parcialmente). La fase 11 finalizará el 31 de agosto de 2022, y la fase 12, en marzo de 2023. El coordinador también informó al Grupo de que el sistema de financiación de la UE ha cambiado, de que se esperan nuevos cambios, lo que no sólo afectará al GBYP, sino también a otros programas científicos de ICCAT.

Con respecto a la gestión de datos, se han realizado esfuerzos conjuntos en la Secretaría para desarrollar tanto una base de datos de marcado electrónico (ETAGS) como una base de datos biológicos. El experto externo que asesorará sobre la ETAGS ya ha sido contratado por el GBYP y en septiembre de 2022 se presentará un informe de situación. Ya se han iniciado los primeros pasos para el diseño de la base de datos biológica.

Los despliegues de marcado electrónico se han logrado en última instancia gracias a la colaboración formal con los equipos nacionales, tanto en el Atlántico como en el Mediterráneo, lo que ha reducido considerablemente los costes operativos. En junio se llevó a cabo una campaña de marcado en el mar de Levante y se colocaron 13 marcas. A lo largo de 2022 está previsto desplegar otras 51 marcas, en estrecha colaboración con 11 instituciones. Se señaló que se han observado importantes mejoras en los tiempos de retención de las marcas y en las tasas de recuperación de estas, lo que permitirá mejorar las matrices de movimiento utilizadas en la MSE. Se pidió de nuevo al Grupo que hiciera aportaciones para definir las prioridades de marcado. Se reconoció que ya se han proporcionado algunos comentarios sobre cuestiones de marcado electrónico a través del documento Aarestrup et al., (2022), pero se solicitaron más aportaciones del BFTSG. Se informó al Grupo de que pronto se organizará un taller global sobre metodologías de marcado electrónico.

En cuanto a los estudios biológicos, se han completado los muestreos y análisis biológicos de la fase 11, y el informe final estará disponible en breve en la página web del GBYP. Pronto se lanzará una nueva convocatoria de ofertas, que se centrará en la provisión de conclusiones sólidas sobre la estructura y la mezcla de stocks, basadas en toda la información recopilada durante la última década. Se pidió al Grupo su asesoramiento para definir las prioridades de investigación para futuros estudios. También se informó sobre el taller de coordinación de esfuerzos en materia de muestreo biológico, que se organizará en 2022 o 2023. En cuanto a los estudios relacionados con el parentesco estrecho, el coordinador informó al Grupo sobre sus progresos y le recordó una serie de pasos acordados y sus plazos asociados. Se recordó que el objetivo inmediato es elaborar un plan de trabajo concreto y realista, que incluya un análisis de costes, para presentarlo en las sesiones plenarias del SCRS y a la Comisión para su aprobación en 2023.

En cuanto a los índices independientes de las pesquerías, está previsto realizar un taller de prospección larvaria en la segunda parte del año. Recientemente se ha proporcionado asesoramiento a los científicos turcos sobre la identificación de las larvas de atún rojo y, una vez que se disponga de los datos de la prospección de larvas de 2018 y 2019, se proporcionará más asesoramiento para el equipo nacional genere índices preliminares de larvas para el Mediterráneo oriental. En cuanto a las prospecciones aéreas, se dispone de los resultados de los análisis de la prospección de 2021 en el mar Balear y se ha facilitado al Grupo el valor del índice de 2021. Las campañas de 2022 se han llevado a cabo con éxito en el Mediterráneo occidental y central y el análisis estará terminado para el próximo año. El trabajo sobre modelación del hábitat para permitir un análisis fiable basado en el modelo de los resultados globales de las prospecciones aéreas continuará también este año.



En cuanto a los enfoques de modelación, el GBYP ha seguido prestando un apoyo considerable al proceso de la MSE. Ha integrado los resultados de las diferentes prospecciones y de la investigación en un marco de modelación de stock mixtos que aborda formalmente las principales fuentes de incertidumbre identificadas por las evaluaciones. Además, ha financiado la revisión externa de la evaluación de stock de atún rojo del este. Los planes futuros también incluyen el apoyo para el desarrollo de modelos alternativos/mejorados de evaluación de stock.

Por último, el coordinador presentó un resumen de las actividades de la fase 12. Además, presentó un resumen de posibles actividades a medio plazo, con el fin de mejorar la eficacia del GBYP y adaptarlo a un posible escenario futuro de fondos decrecientes. Estas actividades incluyen un cambio progresivo del suministro de datos básicos a la gestión/análisis de datos y la coordinación de las actividades, en estrecha colaboración con las CPC como principales proveedoras de datos.

El Grupo se interesó por los nuevos resultados de la prospección aérea de 2021 y el coordinador explicó que ya están disponibles, pero que deben tomarse con cautela debido a algunos cambios en relación con las prospecciones anteriores, como el cambio de los observadores profesionales y científicos, y el hecho de que, siguiendo las recomendaciones de los expertos externos que revisaron las prospecciones aéreas del GBYP, la prospección cubrió una zona de muestreo ampliada y se probó un sistema automatizado para la toma continua de imágenes a lo largo de los transectos, lo que cambió un poco las fechas de la prospección. Por eso recomendó seguir trabajando en la modelación del hábitat, que tendría en cuenta los efectos medioambientales. Por defecto, los puntos de datos científicos se conservan para su uso, a menos que se pueda determinar empíricamente que ha ocurrido algo excepcional que justifique la eliminación de dicho punto de datos. Si bien el Grupo expresó su preocupación por los cambios que pueden haber ocurrido en la superposición de la prospección con la distribución de los peces en 2021, la decisión sobre cómo tratar el índice se tomará en la reunión del Grupo de especies de septiembre sobre la base de una revisión de la información empírica que debe presentarse a la reunión del subgrupo técnico sobre la MSE para el atún rojo en septiembre para su consideración inicial.

El Grupo reconoció que últimamente se ha producido un gran avance en el GBYP, concretamente en lo que se refiere al cambio de prioridades desde la recopilación de datos hacia la consolidación de resultados. El debate también puso de manifiesto que, tras 11 años de un programa dedicado, que absorbe una cantidad sustancial de recursos financieros, es necesario explorar vías alternativas para apoyar las actividades básicas realmente necesarias, ya que el principal patrocinador ha anunciado en varias ocasiones una reducción del presupuesto en las fases futuras. El Grupo reiteró la necesidad de garantizar la continuidad de la financiación. Se reconoció que el apoyo al GBYP a través de la contribución voluntaria no es sostenible debido a la disminución de los fondos globales y a la cantidad desproporcionada de fondos dedicados a la investigación del atún rojo en comparación con otros Grupos del SCRS.

Por ello, se recomendó buscar otras fuentes de financiación, además de las contribuciones voluntarias, preferiblemente a través del presupuesto ordinario de la Comisión. Aunque el presupuesto científico ha aumentado considerablemente en los últimos años como parte del presupuesto ordinario de la Comisión, se sugirió que se enviara una declaración clara a través del SCRS a la Comisión para que lo aumente aún más hasta un nivel más cercano a la solicitud del SCRS. Garantizar un presupuesto estable en el tiempo permitiría planificar mejor las actividades a medio y largo plazo. También se destacó la necesidad de definir mejor las prioridades de investigación a nivel del SCRS, así como la importancia de incluirlas dentro del nuevo plan estratégico del SCRS. Además, hay que mejorar las propuestas de financiación, con prioridades y resultados claramente definidos. El Grupo también identificó la necesidad de encontrar formas de comunicar mejor con los gestores, con el fin de mostrar cómo se han gastado los fondos, pero sobre todo cómo contribuyen a mejorar la recopilación de datos (que de otro modo no estarían disponibles) y a llenar las lagunas de conocimiento con el objetivo de proporcionar un asesoramiento de ordenación científico más fiable y sólido.

También se reconoció que las CPC deberían asumir una parte de las actividades que actualmente se realizan a través de la financiación del GBYP, incorporándolas a sus programas nacionales. Sin embargo, se hizo hincapié en que el GBYP podría tener un papel importante a la hora de garantizar que éstas estén bien coordinadas y sigan la misma línea de prioridades, previamente definida por el SCRS. Se reconoció claramente el posible papel de GBYP en la coordinación, especialmente en lo que respecta al muestreo biológico.

Se anunció que el taller del GBYP sobre planificación de la investigación y muestreo ya se ha programado para finales de 2022/principios de 2023, con el fin de mejorar la coordinación de las actividades de muestreo. A este respecto, se hizo una referencia especial al compromiso de la Secretaría con el Grupo de coordinación regional de grandes pelágicos de la UE (RCGLP), que es el organismo, dentro del marco de recopilación de datos de la UE, responsable de coordinar la recopilación de datos regionales/temáticos entre los Estados miembros de la UE, así como con los usuarios finales (es decir, ICCAT y otras OROP).

## 9. Recomendaciones

El Grupo formuló varias recomendaciones:

- El Grupo recomendó que se sigan desarrollando índices de abundancia independientes de la pesquería y basados en métodos acústicos, teniendo en cuenta la representatividad de las prospecciones. Actualmente hay varios grupos de investigación que trabajan en la evaluación acústica del atún rojo del Atlántico. Debería desarrollarse la cooperación entre las distintas iniciativas.
- El Grupo recomienda que se desarrollen nuevos índices de abundancia en el mar Mediterráneo (por ejemplo, el índice de larvas del mar de Levante y el índice de las pesquerías de almadrabas de Cerdeña), ya que es allí donde se realiza la mayor parte de las capturas de atún rojo y, sin embargo, existen muy pocos indicadores de abundancia.
- El Grupo reiteró la necesidad de revisar la distribución histórica de tallas de otras flotas de cerco y de otras zonas, como el sur del Mediterráneo y el mar de Levante.
- Observando que la recogida, el tratamiento y determinación de la edad de las muestras podrían reducir la incertidumbre en el asesoramiento proporcionado a los gestores, el Grupo recomienda que se refuerce la coordinación entre los diferentes equipos de los CPC que trabajan en estas cuestiones y el GBYP, con el fin de proporcionar datos sobre talla por edad a partir de las lecturas de las partes duras, o de informar sobre las muestras que poseen.
- El Grupo recomienda que continúen los estudios piloto, lo que incluye el análisis de viabilidad y la planificación de la recuperación de marcas para estudios sobre parentesco estrecho para el atún rojo del Atlántico este y del Mediterráneo, y que se priorice una revisión para la implementación operativa de la recuperación de marcas para parentesco estrecho tan pronto como sea técnica y logísticamente viable.
- El Grupo recomienda que se vuelvan a examinar las series de capturas históricas no declaradas y, a nivel más general, que se determine la incertidumbre de estas series para desarrollar un conjunto de series de capturas potenciales que puedan utilizarse en futuras evaluaciones.

## 10. Otros asuntos

En el documento SCRS/2022/127 se presentaba la mortalidad natural (M) del atún rojo del este y de dos especies de atún similares, el atún rojo del Pacífico y el atún rojo del sur. En la evaluación de stock de atún rojo del este y/o en la evaluación de la estrategia de ordenación (MSE) se utilizaron tres tipos de supuestos de mortalidad natural: valores fijos en todas las edades, un vector específico por edad y una curva suavizada decreciente reescalada con la función de mortalidad de Lorenzen. El actual supuesto de mortalidad natural es más lógico que los anteriores. Sin embargo, tanto el parámetro M utilizado para el atún rojo del Atlántico como para el atún rojo del Pacífico se basó parcialmente en los supuestos de M del atún rojo del sur (SBT). Se sugiere mejorar el reciente supuesto de M mediante experimentos en lugar de tomar como referencia los supuestos planteados para el SBT. Es necesario continuar la investigación biológica para estimar la mortalidad natural del atún rojo del Atlántico.

El Grupo agradeció la amplia información resumida sobre M para el atún rojo del Atlántico, y alentó a la participación de los autores en los programas de investigación actuales sobre este tema. Se observó que algunos de los parámetros de M incluidos en la tabla resumen del documento, en particular para las primeras fases de la MSE para el atún rojo del Atlántico (2015/2017), deberían eliminarse, ya que sólo eran desarrollos preliminares del proceso de MSE, no se utilizaban para el asesoramiento o la evaluación y podían informar erróneamente a los lectores. Además, se aclaró que para el SBT y el BFT del Atlántico las estimaciones de M incluían el parámetro o los parámetros de senescencia de las edades más avanzadas para evitar estimaciones poco realistas de la biomasa acumulada del grupo plus en los modelos de población. El Grupo señaló que el valor de la combinación de las marcas acústicas junto con un conjunto de receptores es excepcionalmente potente para obtener estimaciones de la mortalidad natural. Las estimaciones actuales de M de atún rojo del Atlántico para las edades más avanzadas provienen de estimaciones obtenidas mediante marcas acústicas (Block et al., 2019).

El Grupo observó que para el atún rojo del Atlántico existen estimaciones relativamente muy buenas de  $M$  para las edades más avanzadas a partir de los programas actuales de investigación de telemetría acústica de Canadá y de los estudios de la Universidad de Stanford (Estados Unidos) (Block et al. 2019). Todavía es necesario validar  $M$  para las edades más jóvenes en particular; y los estudios de marcas o las estimaciones genéticas de parentesco cercano, junto con el marcado acústico de los juveniles son probablemente las mejores áreas de investigación para lograr estos objetivos. Además, se señaló que las estimaciones de  $M$  basadas en las tasas de consumo bioenergético y las interacciones ecológicas para el atún rojo serían difíciles de conseguir debido a los limitados datos disponibles. Por último, el Grupo también señaló la necesidad de que los científicos continúen con la investigación sobre las estimaciones de  $M$  para los túnidos y otras especies de ICCAT y acogió con satisfacción el interés de los autores por colaborar en estos proyectos de investigación dentro del SCRS.

El objetivo del trabajo presentado en SCRS/2022/103 era aplicar el análisis de incrementos marginales (MIA) y el análisis de bordes marginales (EA) para determinar el momento de la deposición de las bandas. El MIA también se realizó mediante modelos aditivos generales. Los resultados indicaron que la banda opaca comienza a formarse en julio y termina de formarse en noviembre. A partir de finales de año y principios del siguiente hay un mínimo crecimiento del borde marginal, y es cuando se empieza a formar la banda translúcida que alcanza su máximo desarrollo en junio. Los MIA y EA mostraron que el anillo se forma en noviembre en el otolito del atún rojo del Atlántico.

Teniendo en cuenta las conclusiones del trabajo, según las cuales el actual criterio de ajuste del 1 de julio se ajustará al 30 de noviembre, el Grupo debatió en qué medida esto podría afectar a la asignación de edades del atún rojo en los actuales conjuntos de datos de capturas. No había suficiente información para determinar si había diferencias entre las bandas formadas en los peces capturados en el Mediterráneo y en el Atlántico, aunque el autor sugiere que no es de esperar que haya diferencias, sino que es más probable que haya pequeñas diferencias entre los juveniles y los adultos. Aunque todavía hay que entender las implicaciones de este nuevo análisis, se explicó que para transformar el recuento de bandas en edades, es necesario considerar el tipo de borde marginal relacionado con la fecha de captura y la fecha de nacimiento.

En el documento SCRS/2022/131 se describían las características de la flota de cerco (PS) de Balfegó desde un punto de vista operativo, con el objetivo de poder determinar alternativas para entender cómo mejorar la estandarización de la CPUE de la flota cerco de Balfegó. El documento destacaba los factores asociados a la actividad pesquera, como la variabilidad anual del tamaño de la flota pesquera, la estrecha ventana espacial y temporal en la que la flota estaba operativa y las limitaciones de las capturas diarias debidas al número de transferencias diarias posibles. Las tasas de captura nominales y estandarizadas se presentaron junto con el resto de los índices de atún rojo del este.

El Grupo aprecia los detalles operativos que se ofrecen en este documento. Se debatieron diversos factores que podrían haber influido o influenciado en la capacidad de la flota para capturar peces, como la normativa pasada/actual, los cambios tecnológicos (por ejemplo, el avistamiento aéreo antes de la prohibición de su uso; los sonares horizontales); se señaló que, desde aproximadamente 2009, la flota utiliza un apoyo tecnológico externo basado en las condiciones oceanográficas para prever diariamente la localización de los atunes. Desde el punto de vista operativo, existen limitaciones prácticas a las tasas de captura reales, ya que existe un tamaño máximo de los cardúmenes que pueden rodearse durante un lance, y esos cardúmenes grandes suelen dividirse para permitir el lance de la red en los cardúmenes más pequeños; se aclaró que esta práctica afecta a la determinación de las tasas de captura basadas en los lances, pero no a la determinación de las tasas de captura diarias cuando se considera el esfuerzo. Aunque la talla de los atunes rojos en la zona de pesca abarcada en el documento suele ser grande, en 2022 se observó un aumento de la incidencia de los bancos de peces más pequeños (80-90 kg); la flota no lanza las redes alrededor de estos bancos de peces más pequeños.

El documento mostraba que los índices de CPUE nominales de Balfegó coinciden con la dinámica del índice del palangre japonés en el Atlántico nororiental, mientras que no lo hacen con el índice de las almadrabas marroquíes y portuguesas (el documento no exploró por qué se produjo esto). El Grupo estuvo de acuerdo en que disponer de una matriz de datos con toda la información operativa y medioambiental ayuda en gran medida a los modeladores a comprender ciertos aspectos que permiten progresar en los métodos alternativos de estandarización de la CPUE.

Se puso a disposición del Grupo el documento SCRS/P/2022/048 sobre la actualización del crecimiento del atún rojo del este en granjas y se presentó para su discusión. Brevemente, los resultados del experimento de marcado de peces individuales de tres experimentos en Croacia y Portugal indicaron un aumento de talla en comparación con los modelos de crecimiento de los peces en estado salvaje. Estos resultados concuerdan con los resultados

presentados el año pasado del análisis de progresión modal (MPA) para los peces pequeños (< 100 cm SFL) y medianos (100-180 cm SFL). Estos resultados se incorporaron a la modelación del crecimiento en las granjas que utilizan la base de datos de sacrificio del programa regional de observadores (ROP). La base de datos de sacrificios del ROP se actualizó e incluyó datos de 2015 a 2021 con más de 250.000 muestras que abarcan todas las granjas de atún rojo activas.

Tras el análisis preliminar, el Grupo formuló recomendaciones específicas relacionadas con los datos de entrada del marcado que se incluirán en el análisis para el crecimiento de las granjas que se presentará antes de la próxima reunión. Se acordó que el subgrupo técnico sobre crecimiento de atún rojo en las granjas se reunirá entre sesiones para poder ofrecer una actualización del trabajo en la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2022, junto con un borrador de la respuesta a la Comisión.

## **11. Adopción del informe y clausura**

El informe de evaluación de stock del atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo de 2022 fue adoptado. Los Dres. Walter, Rodríguez-Marín y el presidente del SCRS agradecieron a los participantes y a la Secretaría el duro trabajo realizado y su colaboración para finalizar el informe a tiempo. La reunión fue clausurada.

## Referencias

- Aarestrup K., F. Alemany, I. Arregui, H. Arrizabalaga, M. Cabanellas-Reboredo, T. Carruthers, A. Hanke, M. Lauretta, A. Pagá, T. Rouyer, S. Tensek, J. Walter and E. Rodríguez-Marín 2022. Update of electronic tagging data and methodologies for Atlantic bluefin tuna in order to plan future tagging activities. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 196-210.
- Anonymous. 2013. Report of the 2012 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 4-11 September 2012). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 69 (1): 1-198.
- Anonymous. 2015. Report of the 2014 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain – 22-27 September 2014). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 71 (2): 692-945.
- Anonymous. 2017. Report of the 2017 ICCAT bluefin stock assessment meeting (Madrid, 20-28 July 2017). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 74 (6): 2372-2535
- Anonymous. 2022. Report of the 2022 eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna Data Preparatory meeting (including BFT MSE) (online, 18-26 April 2022). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 1-140
- Block, B.A., Whitlock, R., Schallert, R.J., Wilson, S., Stokesbury, M.J., Castleton, M. and Boustany, A. 2019. Estimating natural mortality of Atlantic bluefin tuna using acoustic telemetry. *Scientific reports*, 9(1): 1-14.
- Francis, R.I.C.C. (2011). Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1124-1138.
- Maunder M. 2021. Review of the 2021 West Atlantic bluefin tuna assessment. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78 (3): 1114-1124.
- Sampedro P., Kimoto A., Ortiz M., Sharma R., Fukuda H., Gordo A., Lauretta M., Rouyer T., Sunderlöf A., Tsukahara Y., Walter J., and Rodríguez-Marín E. 2022. Data and initial model set-up for the 2022 stock synthesis stock assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (3): 304-326.
- Sharma R., Walter J., Kimoto A., Rouyer T., Lauretta M., Kell L.T., and Porch C. 2017. Eastern Atlantic Ocean bluefin tuna stock assessment 1950-2015 using Stock Synthesis. SCRS/2017/175 (withdrawn).
- Walter J., and Winker H. 2019. Projections to create Kobe 2 strategy matrix using the multivariate log-normal approximation for Atlantic yellowfin tuna. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76 (6): 725-739.

## TABLEAUX

**Tableau 1.** Liste des descriptions de scénarios de VPA effectués pendant la réunion.

**Tableau 2.** Liste des statistiques d'ajustement du modèle pour les scénarios de VPA effectués pendant la réunion.

**Tableau 3.** Test sur l'effet des F-ratios sur l'échelle globale de la VPA basé sur le scénario de continuité (scénario 288).

**Tableau 4.** Profil du F-ratio pour les deux blocs temporels 1968-1995 (panneau supérieur), 2008-2020 (panneau central) et les deux blocs temporels (panneau inférieur) sur la base du scénario de continuité (scénario 288).

**Tableau 5.** Profilage bidimensionnel des F-ratios pour le premier (1968-1995) et le second (2008-2020) blocs temporels pour lesquels le F-ratio est fixe. Les valeurs en vert et en bleu montrent les scénarios 385 et 418, respectivement.

**Tableau 6.** Noms et définitions des pêcheries de flottilles utilisées pour le cas de base proposé par Stock Synthesis (scénario 8, SCRS/2022/128). Sélectivité : CS : spline cubique ; DN : double normale ; LG : logistique.\* Indices non inclus dans l'ajustement du scénario 8.

**Tableau 7.** Liste des scénarios explorés pour le modèle Stock Synthesis basé sur le cas de base proposé (scénario 8, SCRS/2022/128).

**Tableau 8.** Estimations des paramètres, erreurs standard asymptotiques, et priors assignés pour le modèle de base Stock Synthesis (scénario 16 repondéré).

**Tableau 9.** Estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB), de la biomasse, des recrutements (âge 1), du taux d'exploitation, des mortalités par pêche pour les âges 2 à 5 et les âges supérieurs à 10 de la VPA (scénario 385), de Stock Synthesis (scénario 16 repondéré) et d'ASAP (scénario du cas de base 2) pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée avec des intervalles de confiance de 95%.

**Tableau 10.** Configurations de la projection pour la sélectivité, le poids à l'âge et la mortalité naturelle (M) à l'âge pour la VPA.

**Tableau 11.** Configurations de la projection pour la sélectivité, le poids à l'âge et la mortalité naturelle (M) à l'âge pour Stock Synthesis.

**Tableau 12.** Paramètres de projection pour la sélectivité, le poids à l'âge et la mortalité naturelle (M) à l'âge pour ASAP.

## TABLAS

**Tabla 1.** Lista de las descripciones de los ensayos del VPA realizados durante la reunión.

**Tabla 2.** Lista de estadísticas de ajuste del modelo para los ensayos del VPA realizados durante la reunión.

**Tabla 3.** Prueba sobre el efecto de las ratios de F en la escala global del VPA basada en el ensayo de continuidad (Ensayo 288).

**Tabla 4.** Perfil de la ratio de F para los bloques de tiempo 1968-1995 (panel superior), 2008-2020 (panel central) y ambos (panel inferior) basados en el ensayo de continuidad (Ensayo 288).

**Tabla 5.** Perfil bidimensional de las ratios de F para el primer (1968-1995) y el segundo (2008-2020) bloques de tiempo para los que la ratio de F es fija. Los valores en verde y azul muestran los ensayos 385 y 418, respectivamente.

**Tabla 6.** Nombres y definiciones de pesquerías de las flotas utilizadas para el caso base propuesto por Stock Synthesis (Ensayo 8, SCRS/2022/128). Selectividad: CS: spline cúbica; DN: doble normal; LG: logística.\* Los índices no se incluyen en el ajuste del Ensayo 8.

**Tabla 7.** Lista de ensayos explorados para el modelo de Stock Synthesis basados en el caso base propuesto (Ensayo 8, SCRS/2022/128).

**Tabla 8.** Estimaciones de los parámetros, errores estándar asintóticos y distribuciones previas asignadas para el caso base del Modelo Stock Synthesis (Ensayo 16 reponderado).

**Table 9.** Estimaciones de la biomasa del stock reproductor (SSB), de la biomasa, de los reclutamientos (edad 1), de la tasa de explotación de las mortalidades por pesca para las edades 2 a 5 y para las edades superiores a 10 años del VPA (Ensayo 385), de Stock Synthesis (Ensayo 16 reponderado) y de ASAP (Ensayo del caso base 2) para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo con intervalos de confianza del 95 %.

**Table 10.** Configuraciones de la proyección para la selectividad, el peso por edad y la mortalidad natural (M) por edad para el VPA.

**Table 11.** Configuraciones de la proyección para la selectividad, el peso por edad y la mortalidad natural (M) por edad para Stock Synthesis.

**Table 12.** Configuraciones de la proyección para la selectividad, el peso por edad y la mortalidad natural (M) por edad para ASAP.

## FIGURES

**Figure 1.** Scénario de continuité de la VPA en 2022 (scénario 288). Les tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) sont indiquées. Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective

**Figure 2.** Scénarios exploratoires de la VPA pour la possibilité d'utiliser le groupe 16+ comme groupe plus. Les panneaux supérieurs montrent les tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour les scénarios 289 (à gauche) et 290 (à droite). Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective. Les panneaux inférieurs montrent l'ajustement aux indices pour le scénario 289 (lignes vertes) et le scénario 290 (lignes rouges).

**Figure 3.** Scénarios exploratoires de la VPA pour explorer l'aspect de stabilité du scénario de continuité (scénario 288). Tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour les scénarios 288 (gauche), 295 (milieu) et 287 (droite). Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations de la suppression d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective.

**Figure 4.** Scénarios exploratoires de la VPA pour explorer l'aspect stabilité du scénario de continuité (scénario 288). Tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour les scénarios 288 (gauche), 287 (milieu) et 286 (droite). Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective.

**Figure 5.** Ajustement à l'indice de la prospection aérienne du GBYP de la Méditerranée occidentale dans les scénarios de VPA 303 (rouge) et 304 (vert).

**Figure 6.** Fluctuations de la graine pour le générateur de nombres aléatoires et F terminal basé sur le scénario 385 de la VPA.

**Figure 7.** Analyse d'eustachage (jackknife) basée sur le scénario 385 de la VPA (ligne rouge). L'indice le plus influent était JPN\_LL\_NEAtlMed en vert.

**Figure 8.** Scénarios exploratoires de la VPA pour l'estimation du F-ratio pour le bloc temporel 1996-2007 (scénario 386). Tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour les scénarios 288 (gauche), 287 (milieu) et 286 (droite). Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective.

**Figure 9.** Les scénarios exploratoires de la VPA pour l'exploration du scénario présentaient une différence dans la fonction objectif supérieure à 2 (tableau 5). Tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour les scénarios 418 (gauche) et 385 (droite). Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective.

**Figure 10.** Valeurs négatives de la vraisemblance logarithmique produites à partir des 100 essais de jitter dans lesquels les valeurs initiales des paramètres ont fluctué de 10% pour le scénario du cas de base de Stock Synthesis (scénario 16 repondéré).

**Figure 11.** Comparaison des tendances du stock entre le cas de base (scénario 16 repondéré dans la ligne bleue) et les autres scénarios avec la plus faible vraisemblance logarithmique négative.

**Figure 12.** Ajustements du modèle Stock Synthesis aux indices d'abondance relative du thon rouge de l'Atlantique Est pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 13.** Erreurs des valeurs résiduelles de l'ajustement du modèle Stock Synthesis autour des indices d'abondance relative du thon rouge de l'Atlantique Est pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 14.** Ajustements de Stock Synthesis aux compositions de taille du thon rouge de l'Atlantique Est par flottille pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré). Les distributions grises montrent la composition de taille agrégée observée par flottille et la ligne rouge montre la composition de taille prédite par le modèle.

**Figure 15.** Test des scénarios des valeurs résiduelles de diagnostic sur les ajustements du modèle aux indices d'abondance pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 16.** Test des scénarios des valeurs résiduelles de diagnostic sur les ajustements du modèle aux compositions de taille de la flottille pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 17.** Profil de vraisemblance de Stock Synthesis sur le recrutement moyen en conditions d'équilibre non pêché pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 18.** Analyse rétrospective de Stock Synthesis avec les valeurs rho de Mohn indiquées en haut des diagrammes pour le scénario du cas de base (scénario 16 repondéré).

**Figure 19.** Profils de vraisemblance pour l'estimation du recrutement moyen pour les composants de données de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).

**Figure 20.** Profils de vraisemblance pour l'estimation de F initial et en supposant l'absence d'écart de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).

**Figure 21.** Estimations de la biomasse du stock reproducteur (en milliers de tonnes), du recrutement (en million) et de la mortalité par pêche (moyenne sur les âges 2 à 5 et 10+) d'après le scénario 385 de la VPA (cas de base) pour la période comprise entre 1968 et 2020. Les recrutements des quatre dernières années (2017-2020) ne sont pas indiqués car ils sont mal estimés.

**Figure 22.** Valeurs résiduelles des ajustements aux indices pour le scénario 385 de la VPA.

**Figure 23.** Évaluation du stock d'E-BFT de 2017 avec la VPA : Estimations rétrospectives du recrutement (en millions), de la SSB, de la SSB relative et de la mortalité par pêche (moyenne sur les âges 2 à 5, et 10+) à partir du scénario révisé du cas de base de la VPA adopté lors de la réunion du Groupe d'espèces. Les recrutements des quatre dernières années (2012-2015) ne sont pas indiqués car ils sont mal estimés.

**Figure 24.** Analyse rétrospective de la VPA : Tendances de la SSB, du recrutement, de la mortalité par pêche aux âges 2-5 et de la mortalité par pêche pour le groupe plus (10 ans et plus) pour le scénario 385. Les différentes couleurs représentent les différentes éliminations d'une année de données dans le cadre d'une analyse rétrospective.

**Figure 25.** Séries temporelles de la biomasse du stock reproducteur (SSB), de la mortalité par pêche (le taux d'exploitation de la biomasse a été utilisé comme indice approchant) et du recrutement (âge 0) pour le scénario 16 repondéré de Stock Synthesis.

**Figure 26.** Prévisions des prises avec les hypothèses d'ASAP de CV 20% (ligne rouge) et CV 1% (ligne jaune), et les prises de la tâche 1 avec (ligne bleue avec carrés) /sans pavillon NEI (ligne pointillée).

**Figure 27.** CV = 0,20 (cas de base 2) et CV = 0,01 pour toutes les années pour comparaison avec les autres approches de modélisation.

**Figure 28.** Prédications de l'indice du stock (lignes) et valeurs observées (cercles avec limites de confiance) de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).

**Figure 29.** Estimations rétrospectives de la SSB et de la mortalité par pêche des âges 9-11 à partir de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).

**Figure 30.** Valeurs résiduelles de Pearson de la composition par âge de la pêcherie à partir de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).

**Figure 31.** Estimations de la SSB (en haut), de la mortalité par pêche (au milieu) et du recrutement (en bas) avec des intervalles de confiance à 90% et des points de référence possibles à partir de l'application ASAP à flottille unique pour le thon rouge de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (scénario du cas de base 2).



**Figure 32.** Analyses de sensibilité d'ASAP à flottille unique dans la SSB et le recrutement basées sur le scénario du cas de base 2 sans exclure les prospections larvaires de W-Med et les prospections aériennes françaises.

**Figure 33.** Comparaisons des tendances des estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB), du recrutement (âge 1), de F à l'âge 2 à 5, et de F à l'âge 10 plus entre les cas de base par plateformes de modèles : scénario 385 de la VPA (lignes bleues), scénario 16 repondéré de Stock Synthesis (lignes vertes) et scénario 24 d'ASAP avec 20% de CV (lignes orange).

**Figure 34.** Comparaisons des tendances de la biomasse totale estimée et du taux d'exploitation entre les cas de base par plateformes de modèles : Scénario 385 de la VPA (lignes bleues), scénario 16 repondéré de Stock Synthesis (lignes vertes) et scénario 24 d'ASAP avec 20% de CV (lignes orange).

**Figure 35.** Hypothèses de recrutement futur : moyenne à long terme (1968-2016) et moyenne à court terme (2007-2016) pour la projection de la VPA basée sur le scénario 385.

**Figure 36.** Biomasse du stock reproducteur (SSB) projetée avec des intervalles de confiance de 95% dans la projection du scénario 385 de la VPA avec 2 scénarios de recrutement (à gauche : moyenne entre 1986 et 2016 et à droite : moyenne entre 2007 et 2016). Les panneaux supérieurs montrent toute la période d'évaluation et les projections jusqu'en 2024, tandis que les panneaux inférieurs montrent uniquement les données depuis 2014.

**Figure 37.** Projection de la biomasse du stock reproducteur (SSB) avec des intervalles de confiance de 95% dans la projection du scénario 16 repondéré de Stock Synthesis. Le panneau supérieur montre toute la période d'évaluation et la projection jusqu'en 2024, et le panneau inférieur montre les données depuis 2014.

**Figure 38.** Projection de la biomasse du stock reproducteur (SSB) avec des intervalles de confiance de 95% dans ASAP CV1% sur la projection des captures gonflées (panneaux supérieurs) et dans ASAP CV20% (scénario du cas de base 2) sur la projection des captures gonflées (panneaux inférieurs) avec 2 scénarios de recrutement (à gauche : moyenne entre 1986 et 2020 et à droite : moyenne entre 1968 et 2012).

## FIGURAS

**Figura 1.** Ensayo de continuidad del VPA en 2022 (Ensayo 288). Se muestran las tendencias de la SSB, del reclutamiento, de la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (más de 10 años). Los diferentes colores representan las diferente eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 2.** Ensayos exploratorios del VPA para la posibilidad de utilizar el grupo 16+ como grupo plus. Los paneles superiores muestran las tendencias de la SSB, del reclutamiento, de la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y la mortalidad por pesca para el grupo plus (más de 10 años) para los Ensayos 289 (izquierda) y 290 (derecha). Los diferentes colores representan las diferente eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo. Los paneles inferiores muestran el ajuste a los índices para el Ensayo 289 (líneas verdes) y el Ensayo 290 (líneas rojas).

**Figura 3.** Ensayos exploratorios del VPA para explorar el aspecto de la estabilidad del ensayo de continuidad (Ensayo 288). Se muestran las tendencias de la SSB, del reclutamiento, de la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (más de 10 años) para los ensayos 288 (izquierda), 295 (centro) y 287 (derecha). Los diferentes colores representan las diferente eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 4.** Ensayos exploratorios del VPA para explorar el aspecto de la estabilidad del ensayo de continuidad (Ensayo 288). Se muestran las tendencias de la SSB, del reclutamiento, la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (más de 10 años) para los ensayos 288 (izquierda), 287 (centro) y 286 (derecha). Los diferentes colores representan las diferente eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 5.** Ajuste al índice de la prospección aérea del GBYP para el Mediterráneo occidental en los ensayos 303 (rojo) y 304 (verde) del VPA.

**Figura 6.** Fluctuación de la semilla para el generador de números aleatorios y F terminal basada en el Ensayo 385 del VPA.

**Figura 7.** Análisis Jackknife basado en el Ensayo 385 (línea roja) del VPA. El índice más influyente fue JPN\_LL\_NEAtMed en verde.

**Figura 8.** Ensayos exploratorios del VPA para la estimación de la ratio de F para el bloque temporal 1996-2007 (Ensayo 386). Se muestran las tendencias de la SSB, del reclutamiento, de la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (más de 10 años) para los ensayos 288 (izquierda), 287 (centro) y 286 (derecha). Los diferentes colores representan las diferentes eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 9.** Ensayos exploratorios del VPA para explorar el hecho de que el ensayo presentaba una diferencia en la función objetivo que era superior a 2 (**Tabla 5**). Tendencias de la SSB, del reclutamiento, la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (más de 10 años) para los ensayos 418 (izquierda) y 385 (derecha). Los diferentes colores representan las diferentes eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 10.** Valores negativos de verosimilitud logarítmica producidos a partir de los 100 ensayos de fluctuaciones en los que los valores iniciales de los parámetros fluctuaron un 10 % para el ensayo del caso base de Stock Synthesis (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 11.** Comparación de las tendencias del stock entre el caso base (Ensayo 16 reponderado, línea azul) y otros ensayos con la menor verosimilitud logarítmica negativa.

**Figura 12.** Ajustes del modelo Stock Synthesis a los índices de abundancia relativa del atún rojo del Atlántico este para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 13.** Errores de residuos del ajuste del modelo Stock Synthesis en torno a los índices de abundancia relativa del atún rojo del Atlántico este para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 14.** Ajustes del modelo Stock Synthesis a las composiciones por talla del atún rojo del Atlántico este por flota para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado). Las distribuciones grises muestran la composición por tallas agregada observada por flota y la línea roja muestra la composición por tallas predicha por el modelo.

**Figura 15.** Pruebas de ensayos de residuos de diagnóstico en los ajustes del modelo a los índices de abundancia para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 16.** Pruebas de ensayos de residuos de diagnóstico en los ajustes del modelo a la composición por tallas de las flotas para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 17.** Perfil de verosimilitud de Stock Synthesis para el reclutamiento medio en equilibrio sin pesca para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 18.** Análisis retrospectivo de Stock Synthesis con los valores rho de Mohn indicados en la parte superior de los gráficos para el ensayo del caso base (Ensayo 16 reponderado).

**Figura 19.** Perfiles de verosimilitud para la estimación del reclutamiento medio para los componentes de datos de la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (Ensayo del caso base 2),

**Figura 20.** Perfiles de verosimilitud para la estimación de la F inicial asumiendo que no hay ninguna desviación en la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (Ensayo del caso base 2),

**Figura 21.** Estimaciones de biomasa del stock reproductor (en miles de toneladas), del reclutamiento (en millones) y de la mortalidad por pesca (media de las edades 2 a 5 y 10+) a partir del Ensayo 385 (caso base) del VPA para el periodo comprendido entre 1968 a 2020. El reclutamiento de los cuatro últimos años no se muestra (2017-2020) porque ha sido mediocrementemente estimado.

**Figura 22.** Residuos de los ajustes a los índices para el Ensayo 385 del VPA.

**Figura 23.** Evaluación de stock de atún rojo del este mediante VPA de 2017: Estimaciones retrospectivas de reclutamiento (en millones), de la SSB, de la SSB relativa y de la mortalidad por pesca (promedio para las edades 2 a 5 y 10+) a partir del ensayo revisado del caso base del VPA adoptado durante la reunión del Grupo de especies. El reclutamiento de los cuatro últimos años no se muestra (2012-2015) porque ha sido mediocrementemente estimados.

**Figura 24.** Análisis retrospectivo del VPA. Tendencias de la SSB, del reclutamiento, de la mortalidad por pesca en las edades 2 a 5 y de la mortalidad por pesca en el grupo plus (edad 10 plus) para el Ensayo 385. Los diferentes colores representan las diferentes eliminaciones de un año de datos como parte de un análisis retrospectivo.

**Figura 25.** Las series temporales de la biomasa del stock reproductor (SSB), de la mortalidad por pesca (la tasa de explotación de la biomasa se utilizó como aproximación) y del reclutamiento (edad 0) para el Ensayo 16 reponderado de Stock Synthesis.

**Figura 26.** Predicciones de capturas con los supuestos ASAP de CV 20 % (línea roja) y de CV 1 % (línea amarilla), y capturas de Tarea 1 con (línea azul con cuadrados) /sin pabellones NEI (línea de puntos).

**Figura 27.** CV = 0,20 (caso base 2) y CV = 0,01 para todos los años con el fin de realizar una comparación con los otros enfoques de modelación.

**Figura 28.** Predicciones del índice de stock (líneas) y valores observados (círculos con límites de confianza) de la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (ensayo del caso base 2).

**Figura 29.** Estimaciones retrospectivas de la SSB y de la mortalidad por pesca en edades 9-11 a partir de la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (Ensayo del caso base 2).

**Figura 30.** Valores residuales de Pearson de la composición por edades de la pesquería a partir de la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (Ensayo del caso base 2).

**Figura 31.** Estimaciones de SSB (arriba), de la mortalidad por pesca (centro) y del reclutamiento (abajo) con intervalos de confianza del 90 % y puntos de referencia candidatos para e la aplicación ASAP de una sola flota para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (Ensayo del caso base 2).

**Figura 32.** Análisis de sensibilidad de ASAP de una sola flota en la SSB y en el reclutamiento basado en el Ensayo del caso base 2 sin excluir las prospecciones larvarias del Mediterráneo occidental y las prospecciones aérea francesas.

**Figura 33.** Comparaciones de las tendencias de la biomasa estimada del stock reproductor (SSB), del reclutamiento (edad 1), de la F en edades 2 a 5, y de F en el grupo de edad 10 plus entre los casos base por plataformas de modelación: Ensayo 385 del VPA (líneas azules), Ensayo 16 reponderado de Stock Synthesis (líneas verdes) y Ensayo 24 de ASAP con CV del 20 % (líneas naranjas)

**Figura 34.** Comparaciones de las tendencias de la biomasa total estimada y de la tasa de explotación entre los casos base por plataformas de modelación: Ensayo 385 del VPA (líneas azules), Ensayo 16 reponderado de Stock Synthesis (líneas verdes) y Ensayo 24 de ASAP con CV del 20 % (líneas naranjas)

**Figura 35.** Supuestos de reclutamiento futuro: un media a largo plazo (1968-2016) y media a corto plazo (2007-2016) para la proyección del VPA basada en el Ensayo 385.

**Figura 36.** Biomasa reproductora (SSB) proyectada con intervalos de confianza del 95 % en la proyección del Ensayo 385 del VPA, con dos escenarios de reclutamiento (izquierda: la media entre 1986 y 2016 y derecha: la media entre 2007 y 2016). Los paneles superiores muestran todo el período de evaluación y la proyección hasta 2024, y los paneles inferiores muestran la proyección sólo desde 2014.

**Figura 37.** Biomasa reproductora (SSB) proyectada con intervalos de confianza del 95 % en la proyección del Ensayo 16 reponderado de Stock Synthesis. Los paneles superiores muestran todo el período de evaluación y la proyección hasta 2024, y los paneles inferiores muestran la proyección desde 2014.

**Figura 38.** Biomasa reproductora (SSB) proyectada con intervalos de confianza del 95 % en ASAP CV 1 % sobre la proyección de capturas infladas (paneles superiores) y en ASAP CV 20 % (Ensayo del caso base 2) sobre la proyección de capturas infladas (paneles inferiores) con dos escenarios de reclutamiento (izquierda: la media entre 1986 y 2020 y derecha: la media entre 1968 y 2012).

## APPENDICES

**Appendice 1.** Ordre du jour.

**Appendice 2.** Liste des participants.

**Appendice 3.** Liste des documents et des présentations.

**Appendice 4.** Résumés des documents SCRS tels que fournis par les auteurs.

**Appendice 5.** Fichiers de contrôle, de paramètres et de données pour le scénario 385 de la VPA pour le thon rouge de l'Est.

**Appendice 6.** Fichiers de contrôle, de paramètres et de données pour le scénario 16 repondéré de Stock Synthesis pour le thon rouge de l'Est.

**Appendice 7.** Fichier de contrôle et de données pour le scénario du cas de base 2 d'ASAP pour le thon rouge de l'Est.

**Appendice 8.** MSE pour le thon rouge de l'Atlantique - Résultats, décisions et prochaines étapes.

## APÉNDICES

**Apéndice 1.** Orden del día.

**Apéndice 2.** Lista de participantes.

**Apéndice 3.** Lista de documentos y presentaciones.

**Apéndice 4.** Resúmenes de documentos SCRS presentados por los autores.

**Apéndice 5.** Archivos de control, parámetros y datos para la Ensayo 385 del VPA para el atún rojo del este.

**Apéndice 6.** Archivos de control, parámetros y datos para la ensayo 16 reponderado de Stock Synthesis para el atún rojo del este.

**Apéndice 7.** Archivos de control y datos para el ensayo del caso base 2 de ASAP para el atún rojo del este.

**Apéndice 8.** MSE para el atún rojo del Atlántico - Resultados, decisiones y próximos pasos.

**Table 1.** List of VPA run descriptions conducted during the meeting.

Run	Modifications
288	Continuity run, updated CAA (V2b), updated WMED_LARV
289	Run 288, plus group = 16+
290	Run 289, set F-ratio=1 for all years
291	Run 289, use Richards curve
292	Run 289, F-ratio=1 and use Richards curve
293	Run 289, Try additive variance for indices
294	Run 289, Selectivity is estimated for WMED_LARV
295	Run 288, change F-term priors and change search settings, F-ratio for 1968-1980 and 1981-1995 = 1
287	Run 295, Constraint of 0.5 on vulnerability on ages 5-9 over 6 years (before was ages 1-9 and 3 years) and Constraint of 0.5 on recruitment over 6 years (before was no constraint)
286	Run 287, change F-term priors and change search settings, F-ratio for 1968-1980 and 1981-1995 = 0.75
303	Run 286, add WMED_GBYP_AER survey
304	Run 303, remove WMED_LARVsurvey
367	Run 286 fix selectivity for WMED_LARV, and constrain bounds for terminal F
385	Run 288(Continuity run) + constraint on fixed selectivity for WMED_LARV + terminal F bound constraints + vulnerability strength = 0.3
386	Run 385 Estimate the F-ratio

**Table 2.** List of model fitting statistics for the VPA runs conducted during the meeting.

Run	obj_func_				AIC	AICc	BIC	chi_square	mohnSSB	mohnRec	mohnF25	mohnFplus	FR_AER1	FR_AER2	EastAtMed	Index									
	obj_func	with_cte	nb_param	nb_data												JPN_LL_	JPN_LL1_	JPN_LL2_	MOR_FOR	MOR_SP_	TP	SP_BB1	SP_BB2	WMED_	WMED_
286	-68.97	99.19	26	183	250.38	259.38	333.83	147.78	0.04	0	0.07	-0.09	4.11	2.93	17.66	10.75	6.09	7.06	10.15	4.58	0.07	NA	-9		
287	-67.28	100.88	26	183	253.77	262.77	337.22	153.3	0.14	-0.1	0.47	-0.29	4.2	3.13	20.27	10.05	5.93	5.84	6.71	5.13	-0.68	NA	-7.58		
288	-56.57	111.59	28	183	279.18	289.73	369.05	160.65	0.51	-0.25	0.69	-0.52	4	-3.15	20.34	11.1	5.37	5.3	8.11	5.53	-1.5	NA	-6.74		
289	-41.9	126.27	34	183	320.53	336.61	429.66	174.9	5.08	1.43	-0.47	-0.98	4.3	1.23	7.64	5.54	6.87	3.02	-5.71	9.24	1.17	NA	-14.31		
290	-33.84	134.33	31	183	330.65	343.79	430.15	161.79	-0.14	-0.36	1.5	-0.48	3.92	0.34	-6.7	9.11	5.31	-4.56	0.55	8.07	1.68	NA	-1.49		
291	-75.32	92.85	34	183	253.7	269.78	362.82	177.78	-0.06	0.17	0.19	-0.19	3.66	1.49	21	12.15	10.62	-0.33	3.91	11.34	0.79	NA	0.5		
292	-37.36	130.81	31	183	323.61	336.75	423.11	162.84	0.07	0.51	0.87	-0.2	3.81	1.36	-6.16	9.13	6.22	0.03	3.43	9.87	1.08	NA	-1.22		
293	-34.78	133.38	31	183	328.76	341.9	428.26	162.12	-0.54	0.3	1.38	22.78	3.2	0.56	-6.68	9.61	5.24	-4.74	0.88	8.39	1.53	NA	-0.94		
294	-34.75	133.41	31	183	328.82	341.96	428.32	158.81	-0.09	0.62	-0.02	3.45	3.94	0.99	-6.63	9.02	5.03	-5.06	0.4	8.12	1.26	NA	-0.75		
295	-60.54	107.63	26	183	267.26	276.26	350.7	155.19	0.16	0.31	0.5	-0.25	4.18	1.31	20.23	10.11	6.45	5.72	6.94	5.08	-0.85	NA	-7.66		
297	-69.53	98.63	26	183	249.27	258.27	332.71	148.1	-0.03	-0.17	0.63	-0.11	4.11	2.93	17.75	10.72	6.09	7.04	10.13	4.57	0.09	NA	-8.45		
303	-68.85	105.75	28	190	267.49	277.58	358.41	150.89	-0.08	-0.27	0.92	-0.03	4.06	3.01	16.74	10.95	5.91	7.08	10.61	4.64	-0.1	0.07	-8.49		
304	-72.67	88.14	26	175	228.29	237.77	310.57	147.35	0.13	1.37	-0.4	-0.08	4.11	-0.55	17.68	10.79	6.4	7.06	10.06	4.65	0.12	-1.23	NA		
367	-69.54	98.63	26	183	249.26	258.26	332.7	148.25	0.01	-0.02	0.11	-0.08	4.11	2.93	17.64	10.74	6.07	7.07	10.17	4.56	0.06	NA	-8.36		
377	-56.15	112.02	26	183	276.03	285.03	359.48	143.22	0.11	0.05	0.2	-0.13	3.94	0.94	15.12	11.26	5.68	7.03	11.17	4.82	-0.38	NA	-7.82		
378	-63.09	105.08	26	183	262.16	271.16	345.6	148.03	-0.05	0.47	0.16	-0.06	4.09	4.83	17.29	10.83	5.84	7.07	10.35	4.61	0	NA	-8.7		
379	-73.68	94.48	26	183	240.97	249.97	324.41	147.63	-0.01	-0.31	1.15	-0.15	4.13	2.33	18.01	10.68	6.16	7.05	9.92	4.57	0.17	NA	-9.25		
380	-73.69	94.47	26	183	240.95	249.95	324.39	147.58	0.02	-0.12	0.29	-0.11	4.11	2.37	17.71	10.74	6.14	7.07	10.1	4.59	0.09	NA	-9.07		
381	-64.94	103.23	26	183	258.45	267.45	341.9	146.54	0.07	-0.19	0.49	-0.16	4.14	2.53	18.32	10.59	5.9	7	9.76	4.54	0.22	NA	-9.09		
382	-72.71	95.45	26	183	242.91	251.91	326.35	148.42	-0.09	1.23	1.14	-0.04	4.11	2.71	17.71	10.74	6.2	7.07	10.1	4.59	0.09	NA	-9.2		
383	-63.21	104.95	26	183	261.91	270.91	345.35	147.37	0.01	0.71	0.42	-0.05	4.11	3.23	17.66	10.77	5.98	7.07	10.12	4.61	0.09	NA	-8.97		
384	-66.91	101.25	26	183	254.5	263.5	337.95	147.57	-0.11	0.11	0.31	-0.01	4.07	4.53	16.91	10.91	5.89	7.09	10.53	4.63	-0.07	NA	-8.61		
385	-74.26	93.91	26	183	239.81	248.81	323.26	147.94	0.07	-0.07	0.23	-0.14	4.12	2.38	17.82	10.71	6.14	7.05	10.07	4.56	0.1	NA	-8.5		
386	-75.13	93.04	28	183	242.08	252.62	331.94	143.21	0.31	-0.15	0.36	-0.34	3.68	2.49	16.63	12.39	5.77	6.95	11.06	4.7	-0.49	NA	-7.41		
392	-75.11	93.06	26	183	238.11	247.11	321.56	143.81	0.22	-0.03	0.1	-0.25	3.76	2.5	16.94	12.24	5.87	6.97	10.87	4.6	-0.38	NA	-7.69		
418	-75.1	93.07	26	183	238.14	247.14	321.59	143.66	0.1	-0.13	0.32	-0.18	3.69	2.5	16.9	12.35	5.74	6.82	10.93	4.68	-0.58	NA	-7.22		

**Table 3.** A test on the effect of F-ratios on the overall scale of the VPA based on the Continuity run (Run 288).

Fratio	obj_func	obj_func_with_cte	nb_param	nb_data	AIC	AICc	BIC	chi_square	mohnSSB	mohnRec	mohnF25	mohnFplus
0.25	-54.33	113.83	28	183	283.67	294.21	373.53	143.56	-0.07	55.34	0.46	-0.18
0.5	-56.71	111.46	28	183	278.91	289.46	368.78	139.62	0.17	43.26	1.03	-0.37
0.75	-57.03	111.13	28	183	278.27	288.81	368.13	141.62	0.18	0.25	0.53	-0.33
1	-58.22	109.95	28	183	275.9	286.44	365.76	142.54	0.23	-0.13	0.45	-0.37
1.25	-57.71	110.46	28	183	276.92	287.47	366.79	142.92	0.22	-0.27	0.48	-0.39
1.5	-56.47	111.69	28	183	279.39	289.93	369.25	139.82	0.81	0.24	-0.14	-0.58

**Table 4.** Profile of the F-ratio for the 1968-1995 (top panel) and the 2008-2020 (middle panel) time blocks, and both (bottom panel) time blocks based on the Continuity run (Run 288).

1968-1995 time block

Fratio	obj_func	obj_func_with_cte	nb_param	nb_data	AIC	AICc	BIC	chi_square	mohnSSB	mohnRec	mohnF25	mohnFplus
0.5	-66.46	101.71	26	183	255.42	264.42	338.86	146.65	-0.06	-0.42	1.47	-0.25
0.75	-67.67	100.49	26	183	252.98	261.98	336.43	150.23	0.05	-0.28	0.72	-0.31
1	-67.28	100.88	26	183	253.77	262.77	337.22	153.3	0.14	-0.10	0.47	-0.29
1.25	-65.89	102.28	26	183	256.56	265.56	340.01	155.46	0.14	-0.08	0.48	-0.27

2008-2020 time block

Fratio	obj_func	obj_func_with_cte	nb_param	nb_data	AIC	AICc	BIC	chi_square	mohnSSB	mohnRec	mohnF25	mohnFplus
0.5	-53.92	114.24	26	183	280.48	289.48	363.93	141.14	-0.26	-0.12	0.28	0.40
0.75	-66.13	102.04	26	183	256.08	265.08	339.52	151.95	-0.07	-0.15	0.35	-0.03
1	-67.28	100.88	26	183	253.77	262.77	337.22	153.3	0.14	-0.10	0.47	-0.29
1.25	-60.68	107.49	26	183	266.98	275.98	350.43	151.06	0.82	0.08	0.30	-0.63

1968-1995 and 2008-2020 time blocks

Fratio	obj_func	obj_func_with_cte	nb_param	nb_data	AIC	AICc	BIC	chi_square	mohnSSB	mohnRec	mohnF25	mohnFplus
0.5	-66.91	101.26	26	183	254.51	263.51	337.96	137.03	-0.07	-0.33	0.91	-0.08
0.625	-67.84	100.33	26	183	252.66	261.66	336.1	141.05	0.02	-0.14	0.42	-0.11
0.75	-68.97	99.19	26	183	250.38	259.38	333.83	147.78	0.04	-0.00	0.07	-0.09
0.875	-68.87	99.3	26	183	250.59	259.59	334.04	152.05	0.05	-0.10	0.30	-0.20
1	-67.28	100.88	26	183	253.77	262.77	337.22	153.3	0.14	-0.10	0.47	-0.29
1.125	-64.54	103.62	26	183	259.25	268.25	342.7	153.01	0.39	0.04	0.35	-0.44
1.25	-57.37	110.79	26	183	273.59	282.59	357.04	151.83	0.30	1.08	-0.17	-0.41

**Table 5.** A bidimensional profiling of the F-ratios for the first (1968-1995) and the second (2008-2020) time blocks for which the F-ratio is fixed. Values in green and blue show Runs 385 and 418, respectively.

		FratioBlock2					
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
FratioBlock1	1.50	61.1	28.5	10.9	6	8.9	13.9
	1.25	52.8	22.8	7	4.2	8.8	14.7
	1.00	40.3	16.3	3.5	3	9.7	16.5
	0.75	26.9	9.5	0.8	3	12.4	20.1
	0.50	16	3.4	0	4.8	14.2	25.8
	0.25	12.3	3.3	3.6	10.1	21.4	32.6

**Table 6.** Names and fishery definitions of the fleets used for the Stock Synthesis proposed base case (Run 8, SCRS/2022/128). Selectivity: CS: cubic spline; DN: double normal; LG: logistic.\* Indices not included in the fit of Run 8.

Fleet Number	Fleet Acronym	Description	Gear	start	end	Selectivity
1	F01_BB_BB_pre2006	BaitBoat (SP, FR) for 1950 to 2006	BaitBoat	1950	2006	CS
2	F02_BB_BB_post2007	BaitBoat (SP, FR) for 2007 to 2020	BaitBoat	2007	2020	CS
3	F03_LL_JPN_EATL_MED	Japanese longline in the East and Mediterranean for 1957 to 20	Longline	1957	2009	DN
4	F04_LL_JPN_NEATL_pre2009	Japanese longline in the Northeast Atlantic for 1971 to 2009	Longline	1971	2009	DN
5	F05_LL_JPN_NEATL_post2010	Japanese longline in the Northeast Atlantic for 2010 to 2020	Longline	2010	2020	DN
6	F06_LL_OTH	Other countries longliners for 1961 to 2020	Longline	1961	2020	CS
7	F07_PS_NOR	Norwegian purseiners for 1950 to 1986 (/2016-20)	Purseine	1950	2020	LG
8	F08_PS_HRV	Croatian purseiners for 1991 to 2020	Purseine	1991	2020	CS
9	F09_PS_MED_pre2008	Purseiners (SP, FR) for 1966 to 2008 1,3,4Q	Purseine	1966	2007	CS
10	F10_PS_MED_pre2008Q2	Purseiners (SP, FR) for 1966 to 2008 2Q	Purseine	1966	2008	CS
11	F11_PS_MED_post2009	Purseiners (SP, FR) for 2009 to 2020	Purseine	2009	2020	CS
12	F12_PS_OTH	Purseiners other countries	Purseine	1950	2020	CS
13	F13_TP_pre2011	Traps (SP, PT, MA) for 1950 to 2011	Traps	1950	2011	DN
14	F14_TP_post2012	Traps (SP, PT, MA) for 2012 to 2020	Traps	2012	2020	DN
15	F15_TP_OTH	Traps from other countries (DZ, LY, TN, TR, IT)	Traps	1950	2020	DN
16	F16_OTH	Other gears	Other	1950	2020	Mirror F06

Fleet Number	Survey	Area - Type (Units) - Age	start	end	Selectivity
17	S1_MOR_SPN_TP	East Atlantic & Med - CPUE (numbers) - Age 6+	1981	2011	Mirror - F13_TP_pre2011
18	S2_MOR_POR_TP	East Atlantic & Med - CPUE (numbers) - Age 10+	2012	2020	Mirror - F14_TP_post2012
19	S3_SPN_BB1	East Atlantic - CPUE (biomass) - Age 2-3	1952	2006	Mirror - F01_BB_BB_pre2006
20	S4_SPN_FR_BB2	East Atlantic - CPUE (biomass) - Age 3-6	2007	2014	Mirror - F02_BB_BB_post2007
21	S5_JPN_LL_EAtlMed	East Atlantic & Med - CPUE (numbers) - Age 6-10	1975	2009	Mirror - F03_LL_JPN_EATL_MED
22	S6_JPN_LL1_NEA	NEast Atlantic - CPUE (numbers) - Age 4-10	1990	2009	Mirror - F04_LL_JPN_NEATL_pre2009
23	S7_JPN_LL2_NEA	NEast Atlantic - CPUE (numbers) - Age 4-10	2010	2020	Mirror - F05_LL_JPN_NEATL_post2010
24	S8_WMED_LARV	West Med - Survey (numbers) - SSB	2001	2020	SSB
25	S9_FRA_AER1	West Med - Survey (numbers) - Age 2-4	2000	2003	Ages 2-4
26	S10_FRA_AER2	West Med - Survey (numbers) - Age 2-4	2009	2020	Ages 2-4
27	S11_WMED_GBYP_AER	Balearic Sea - Survey (biomass) - SSB	2010	2019	SSB
28*	S12_WCMED_GBYP_AER	WCMed - Survey (biomass) - SSB	2010	2019	SSB
29*	S13_JPN_LL_VAST1	NEast Atlantic - CPUE (numbers) - Age 4-10	1995	2009	Mirror - F04_LL_JPN_NEATL_pre2009
30*	S14_JPN_LL_VAST2	NEast Atlantic - CPUE (numbers) - Age 4-10	2010	2020	Mirror - F05_LL_JPN_NEATL_post2010

**Table 7.** The list of runs explored for the Stock Synthesis model based on the proposed base case (Run 8, SCRS/2022/128).

<b>Run</b>	<b>Definition</b>	<b>Description of changes</b>
Run 8	Proposed Base Model	Based on Run 82 of EBFT assessment meeting in 2017: 1) Model runs from 1950-2020; 2) Updating information 2016-2020; 3) 16 fishing fleets 4) 11 abundance indices, including the new index GBYP - WMED; 4) All fleet selectivity models were redefined and assumption of logistic selectivity for Norwegian Purseines; 5) Linf fixed at 271 cm; K fixed at 0.233871; 6) M from age0 : 0.82, 0.41, 0.32, 0.26, 0.22, 0.19, 0.17, 0.15, 0.14, 0.13, 0.12, 0.12; age12-20: 0.11; age21-30: 0.1
Run 16	Natural mortality internally estimated	Based on Run 8: 1) Natural mortality is estimated by the model by Lorenzen's method and using Mage20=0.1 as reference age.
Run 16noCAAL	Impact of removing age information	Based on Run 16: 1) Conditional-at-length information excluded.
Run 17	Growth fixed using Ailloud et al. (2017) and no age information included	Based on Run 16: 1) Growth parameters fixed (Ailloud et al., 2017); Linf=271; K=0.22; Richards shape parameter=-0.11; 2) Conditional age-at-length (CAAL) excluded.
Run 18	Growth fixed using WBFT assessment (2021) and no age information included	Based on Run 16: 1) Growth parameters fixed using WBFT assessment 2021 parameters: Linf=284 cm; K=0.295175; Richards parameter=-0.993398; 2) CAAL excluded; 3) Improve selectivity parameters definition.
Run 18CAAL	Impact of including age information	Based on Run 18: 1) Including information of conditional age-at-length.
Run 19	Considering an offset for R0	Based on Run 18: 1) Include an offset for R0 with two periods : 1950-1985 / 1986-2020.
Run 20	Initial Fs estimated by the model	Based on Run 18: 1) initial Fs for fleets 13, 15 and 16 are estimated by the model.
Run 21	Recruitment deviations start in 1988	Based on Run 18: 1) Recruitment deviations estimates start in 1988.
Run 16 reweight	Base model	Based on Run 16: 1) Initial Fs are estimated by the model; 2) K is estimated by the model; 3) Selectivity parameters for some fleets were re-defined and priors included ; 4) Model was balanced (length composition reweighting) using Francis' method



**Table 8.** Parameter estimates, asymptotic standard errors, and assigned priors for the Stock Synthesis base model (run 16 reweight).

Parameter	Value	Phase	Min	Max	Init	Status	Parm	StDev	Gradient	Pr_type	Prior	Pr_SD
L_at_Amin_Fem_GP_1	54.448	2	40	60	54.5407	OK		0.269	3.81E-06	No_prior	NA	NA
VonBert_K_Fem_GP_1	0.213	2	0.15	0.3	0.215202	OK		0.004	7.47E-06	No_prior	NA	NA
Richards_Fem_GP_1	-0.144	3	-1	0.5	-0.167415	OK		0.045	6.94E-06	No_prior	NA	NA
CV_young_Fem_GP_1	0.075	3	0.05	0.15	0.0743705	OK		0.001	1.57E-07	No_prior	NA	NA
CV_old_Fem_GP_1	0.056	3	0.05	0.15	0.0560185	OK		0.002	2.29E-08	No_prior	NA	NA
SR_LN(R0)	8.062	1	6	15	8.06135	OK		0.029	5.85E-05	No_prior	NA	NA
InitF_seas_1_flt_13F13_TP_pre2011	0.024	1	0	0.2	0.0233254	OK		0.007	-4.61E-07	No_prior	NA	NA
InitF_seas_1_flt_15F15_TP_OTH	0.004	1	0	0.2	0.0043933	OK		0.001	-4.08E-07	No_prior	NA	NA
InitF_seas_1_flt_16F16_OTH	0.004	1	0	0.2	0.0035386	OK		0.001	-1.91E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_F01_BB_BB_pre2006(1)	-0.250	2	-1	0.5	-0.251612	OK		0.059	-5.46E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F01_BB_BB_pre2006(1)	-6.343	3	-10	0	-6.34335	OK		0.630	-6.47E-07	Normal	-6.3434	0.63
SizeSpline_Val_2_F01_BB_BB_pre2006(1)	-3.755	3	-8	1	-3.77889	OK		0.707	5.42E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F01_BB_BB_pre2006(1)	-3.110	3	-8	1	-3.12907	OK		0.682	-4.93E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F01_BB_BB_pre2006(1)	-3.454	3	-8	1	-3.46757	OK		0.677	3.68E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F01_BB_BB_pre2006(1)	-10.674	3	-25	1	-10.7573	OK		1.531	4.15E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_F02_BB_BB_post2007(2)	-0.200	3	-1	1	-0.198329	OK		0.146	1.26E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F02_BB_BB_post2007(2)	-6.781	3	-10	-2	-6.7809	OK		0.680	-4.58E-09	Normal	-6.781	0.68
SizeSpline_Val_2_F02_BB_BB_post2007(2)	-4.352	3	-9	0	-4.34227	OK		0.791	-9.45E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F02_BB_BB_post2007(2)	-3.620	3	-8	1	-3.61553	OK		0.829	-3.58E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F02_BB_BB_post2007(2)	-3.783	3	-8	1	-3.77471	OK		0.834	-8.65E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F02_BB_BB_post2007(2)	-7.122	3	-15	1	-7.06553	OK		2.115	-8.37E-09	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F03_LL_JPN_EATL_MED(3)	244.332	3	180	270	242.404	OK		7.908	5.52E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F03_LL_JPN_EATL_MED(3)	-9.108	3	-20	-5	-9.10815	OK		0.910	-4.74E-09	Normal	-9.1074	0.91
Size_DbIN_ascend_se_F03_LL_JPN_EATL_MED(3)	7.805	2	5	10	7.78574	OK		0.201	-1.88E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F03_LL_JPN_EATL_MED(3)	5.986	2	4	10	6.12706	OK		0.973	4.94E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F04_LL_JPN_NEATL_pre2009(4)	202.787	3	150	220	201.866	OK		7.522	2.63E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F04_LL_JPN_NEATL_pre2009(4)	-9.219	3	-20	-5	-9.21939	OK		0.920	-1.45E-10	Normal	-9.219	0.92
Size_DbIN_ascend_se_F04_LL_JPN_NEATL_pre2009(4)	7.559	2	5	10	7.54912	OK		0.229	-3.57E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F04_LL_JPN_NEATL_pre2009(4)	7.053	2	5	10	7.07304	OK		0.665	1.20E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F05_LL_JPN_NEATL_post2010(5)	200.402	3	150	220	200.506	OK		2.801	2.83E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F05_LL_JPN_NEATL_post2010(5)	-8.387	3	-15	-5	-8.38697	OK		0.840	-3.75E-08	Normal	-8.386	0.84
Size_DbIN_ascend_se_F05_LL_JPN_NEATL_post2010(5)	5.922	2	3	9	5.92393	OK		0.232	-8.02E-09	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F05_LL_JPN_NEATL_post2010(5)	6.470	2	4	9	6.46892	OK		0.275	2.81E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_F06_LL_OTH(6)	-0.153	4	-0.4	0.01	-0.141672	OK		0.087	-5.20E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F06_LL_OTH(6)	4.032	3	0	8	4.03158	OK		0.400	-3.50E-08	Normal	4.03158	0.4
SizeSpline_Val_2_F06_LL_OTH(6)	8.817	3	0	20	8.68987	OK		1.033	-4.99E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F06_LL_OTH(6)	9.190	3	0	20	9.03224	OK		0.878	-3.28E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F06_LL_OTH(6)	10.729	2	0	20	10.5746	OK		0.976	7.19E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F06_LL_OTH(6)	10.718	2	0	20	10.406	OK		1.313	8.40E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_F08_PS_HRV(8)	-0.779	4	-1.5	0	-0.776449	OK		0.145	-5.82E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F08_PS_HRV(8)	-36.985	3	-60	-10	-37.0304	OK		3.729	-1.83E-07	Normal	-37.478	3.8
SizeSpline_Val_2_F08_PS_HRV(8)	-7.406	2	-25	7	-7.44049	OK		3.675	7.98E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F08_PS_HRV(8)	-38.306	2	-80	-10	-38.2607	OK		3.729	7.35E-08	Normal	-37.813	3.8
SizeSpline_GradHi_F09_PS_MED_pre2008(9)	-0.049	4	-0.5	0.1	-0.04791	OK		0.055	-1.01E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F09_PS_MED_pre2008(9)	-1.410	3	-8	1	-1.42879	OK		1.394	-2.83E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_F09_PS_MED_pre2008(9)	-0.376	3	-4	4	-0.406692	OK		1.348	-8.53E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F09_PS_MED_pre2008(9)	0.799	2	-3	4	0.772305	OK		1.358	-1.90E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F09_PS_MED_pre2008(9)	0.665	2	-2	4	0.630642	OK		1.345	1.11E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F09_PS_MED_pre2008(9)	-3.045	2	-5	-1	-3.04521	OK		0.300	5.26E-07	Normal	-3.0452	0.3
SizeSpline_GradHi_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-0.163	4	-0.5	0	-0.157989	OK		0.063	-6.90E-08	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-77.869	2	-100	-10	-77.8917	OK		1.935	-1.69E-07	Normal	-77.997	7.8
SizeSpline_Val_2_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-4.796	2	-25	20	-4.79567	OK		0.479	-5.24E-07	Normal	-4.7953	0.48
SizeSpline_Val_3_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-3.168	2	-25	20	-3.16805	OK		0.601	-4.32E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-2.723	2	-25	20	-2.71833	OK		0.622	-6.92E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-3.168	2	-25	20	-3.18056	OK		0.633	-5.59E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_6_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-3.125	2	-25	20	-3.17715	OK		0.661	5.69E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_7_F10_PS_MED_pre2008Q2(10)	-3.214	2	-25	20	-3.21264	OK		0.797	1.72E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_F11_PS_MED_post2009(11)	-0.045	4	-0.4	0.1	-0.045029	OK		0.044	-2.80E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F11_PS_MED_post2009(11)	-3.991	4	-6	2	-4.01985	OK		0.513	1.39E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_F11_PS_MED_post2009(11)	-1.102	4	-3	2	-1.12285	OK		0.454	-6.59E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F11_PS_MED_post2009(11)	0.150	4	-1	3	0.127214	OK		0.438	7.17E-09	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F11_PS_MED_post2009(11)	-1.306	4	-3	0	-1.30644	OK		0.130	2.84E-09	Normal	-1.3065	0.13
SizeSpline_GradHi_F12_PS_OTH(12)	-0.128	4	-0.3	0.1	-0.121342	OK		0.051	-2.79E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_F12_PS_OTH(12)	-3.600	2	-8	0	-3.59953	OK		0.360	-1.30E-07	Normal	-3.5994	0.36
SizeSpline_Val_2_F12_PS_OTH(12)	0.135	2	-4	4	0.111955	OK		0.538	-7.37E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_F12_PS_OTH(12)	-0.391	2	-4	4	-0.409651	OK		0.512	-3.88E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_4_F12_PS_OTH(12)	0.894	2	-2	3	0.868864	OK		0.544	1.88E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_5_F12_PS_OTH(12)	0.154	2	-5	1	0.0669469	OK		0.773	4.58E-07	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F13_TP_pre2011(13)	230.277	3	180	250	229.733	OK		7.970	3.24E-07	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F13_TP_pre2011(13)	-9.425	3	-15	-5	-9.42526	OK		0.940	1.28E-08	Normal	-9.425	0.94
Size_DbIN_ascend_se_F13_TP_pre2011(13)	7.422	2	5	10	7.42766	OK		0.296	-3.55E-07	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F13_TP_pre2011(13)	5.573	2	4	9	5.72499	OK		0.979	8.73E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F14_TP_post2012(14)	226.793	3	180	260	226.896	OK		12.292	1.43E-09	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F14_TP_post2012(14)	-8.931	3	-15	-5	-8.93106	OK		0.890	-5.52E-08	Normal	-8.9308	0.89
Size_DbIN_ascend_se_F14_TP_post2012(14)	7.429	2	5	10	7.4075	OK		0.486	-5.18E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F14_TP_post2012(14)	7.436	2	3	10	7.42223	OK		1.801	-5.50E-09	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_peak_F15_TP_OTH(15)	143.586	3	110	180	143.136	OK		6.622	2.56E-07	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_F15_TP_OTH(15)	-7.625	3	-12	-4	-7.6247	OK		0.761	-4.47E-10	Normal	-7.627	0.76
Size_DbIN_ascend_se_F15_TP_OTH(15)	6.196	2	4	8	6.17412	OK		0.437	-9.70E-08	No_prior	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_F15_TP_OTH(15)	9.413	2	7	10	9.42498	OK		0.360	1.51E-07	No_prior	NA	NA

**Table 9.** Estimates of spawning stock biomass (SSB), biomass, recruitments (age 1), exploitation rate, fishing mortalities for ages 2 to 5 and ages older than 10 of VPA (run 385), Stock Synthesis (run 16 reweight), and ASAP (base run 2) for East Atlantic and Mediterranean bluefin tuna with 95% confidence intervals.

Year	SSB (t)									
	VPA_Run385	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3_Run16	reweight	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CV20%	ASAP_LCI	ASAP_UCI
1950					948312	867727	1028897			
1951					906005	828706	983304			
1952					850853	776821	924885			
1953					791021	720192	861850			
1954					731864	664198	799530			
1955					665532	600969	730095			
1956					611613	550024	673202			
1957					554599	495826	613372			
1958					503476	447331	559621			
1959					462140	408336	515944			
1960					422455	370587	474323			
1961					385462	335255	435669			
1962					348694	299940	397448			
1963					325627	278144	373110			
1964					303115	256728	349502			
1965					283127	237557	328697			
1966					269193	224367	314019			
1967					251332	207169	295495			
1968	239886	225595	254177		241577	198041	285113	298517	167814	429220
1969	268535	251363	285707		227349	184715	269983	302262	181636	422888
1970	289262	269871	308653		217305	175684	258926	312785	193123	432447
1971	312317	290725	333909		209343	168730	249956	320678	203842	437514
1972	338769	314753	362785		201616	162110	241122	323296	215647	430945
1973	357986	332087	383885		196387	157949	234825	337840	230996	444684
1974	361138	334205	388071		183091	145780	220402	348278	246199	450357
1975	390251	359828	420674		171307	135172	207442	333246	244870	421622
1976	341777	313755	369799		160201	125261	195141	331347	246561	416133
1977	348119	318087	378151		156965	123170	190760	328222	246333	410111
1978	324933	295734	354132		154088	121462	186714	330418	252571	408265
1979	306248	277742	334754		152885	121440	184330	339616	261598	417634
1980	285850	258232	313468		149085	118911	179259	329467	258836	400098
1981	262676	236270	289082		146804	118012	175596	325726	258523	392929
1982	259767	232305	287229		137017	109793	164241	312538	249287	375789
1983	238255	211413	265097		128455	102903	154007	298936	239223	358649
1984	225662	198370	252954		117831	94055	141607	284182	227324	341040
1985	221093	192433	249753		109679	87692	131666	269586	215923	323249
1986	218158	187975	248341		105891	85688	126094	256107	204673	307541
1987	198189	169056	227322		103146	84604	121688	258815	206710	310920
1988	193336	162974	223698		96442	79603	113280	247444	197315	297573
1989	190146	158177	222115		95675	80539	110811	235190	186894	283486
1990	179195	147217	211173		94336	80723	107950	225334	178841	271827
1991	169154	137258	201050		97337	85067	109608	218791	173580	264002
1992	179847	145221	214473		103931	92927	114935	210975	167226	254724
1993	184727	148707	220747		118599	108317	128881	205841	163280	248402
1994	176157	140348	211966		122636	112698	132574	197922	158506	237338
1995	177291	138244	216338		119190	109280	129100	195195	156901	233489
1996	180321	139522	221120		119528	109445	129611	203174	163998	242350
1997	187843	148655	227031		124364	113815	134913	205358	165639	245077
1998	204471	162519	246423		133042	122166	143918	230288	182170	278406
1999	212993	173578	252408		132804	121870	143738	202259	163055	241463
2000	212344	176190	248498		130192	118938	141446	204723	165307	244139
2001	215239	180808	249670		125693	114371	137015	189040	153088	224992
2002	230005	196468	263542		120564	109734	131394	183762	148574	218950
2003	232150	202096	262204		118414	108011	128817	174179	141061	207297
2004	225485	195874	255096		114524	104529	124519	165248	133808	196688
2005	217045	186252	247838		114978	105440	124516	156222	126836	185608
2006	208083	174617	241549		117273	107296	127250	154393	125397	183389
2007	196382	159317	233447		114069	101055	127083	152852	123076	182628
2008	197695	156547	238843		132993	114961	151025	163178	130593	195763
2009	198233	152836	243630		160552	135876	185228	184320	147560	221080
2010	205366	155021	255711		196484	164627	228341	215737	173309	258165
2011	225260	167243	283277		228182	189928	266436	250257	201341	299173
2012	233559	170022	297096		256261	212004	300518	285616	230667	340565
2013	240117	170593	309641		282773	232465	333081	326757	263065	390449
2014	249978	172102	327854		310567	254521	366613	362876	291232	434520
2015	269948	179081	360815		334093	272908	395278	400688	319724	481652
2016	294593	186219	402967		365250	297344	433156	447932	355971	539893
2017	320202	191591	448813		396367	320774	471960	502611	396985	608237
2018	354918	198455	511381		425000	340473	509527	545825	427915	663735
2019	396904	209603	584205		453514	357174	549854	579404	449930	708878
2020	444216	227399	661033		484878	371370	598386	626966	481863	772069

**Table 9.** Continued.

Year	Biomass (t)								
	VPA_Run385	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3 Run16 reweight	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CV20%	ASAP_LCI	ASAP_UCI
1950				961594	881009	1042179			
1951				918292	840992	995591			
1952				862914	788882	936947			
1953				804225	733396	875055			
1954				746866	679199	814532			
1955				681302	616740	745865			
1956				628965	567376	690555			
1957				572696	513923	631468			
1958				520233	464087	576378			
1959				477031	423227	530834			
1960				436108	384241	487976			
1961				396765	346557	446972			
1962				358879	310125	407633			
1963				336702	289218	384185			
1964				317686	271300	364073			
1965				299251	253681	344820			
1966				283249	238423	328075			
1967				263853	219690	308015			
1968	285600	268262	302938	251123	207587	294659	362371	223417	501325
1969	297400	278321	316479	238294	195660	280927	357764	229245	486283
1970	304400	284085	324715	230291	188670	271912	365750	238773	492727
1971	331600	308854	354346	223244	182631	263858	384540	260766	508314
1972	356000	330943	381057	216633	177127	256140	386733	272855	500611
1973	377400	350178	404622	213581	175143	252018	402431	289382	515480
1974	381800	353357	410243	202378	165067	239689	417673	309495	525851
1975	412300	380094	444506	190396	154261	226531	397801	303833	491769
1976	366600	336478	396722	177859	142919	212798	393769	303531	484007
1977	371400	339330	403470	169919	136124	203713	389094	301939	476249
1978	344200	313269	375131	166049	133422	198675	386478	303635	469321
1979	325900	295598	356202	165475	134030	196919	393436	310467	476405
1980	301700	272692	330708	163590	133416	193764	380987	305819	456155
1981	281300	253316	309284	161668	132876	190460	374961	303411	446511
1982	283200	253651	312749	153533	126309	180756	368732	301277	436187
1983	264300	235149	293451	145627	120075	171179	362486	298369	426603
1984	254100	224118	284082	134629	110852	158405	349283	287960	410606
1985	245700	214354	277046	127890	105903	149877	328230	270239	386221
1986	244300	211429	277171	125332	105130	145535	316944	261015	372873
1987	223300	191761	254839	125803	107261	144345	315631	259267	371995
1988	223300	190457	256143	121229	104390	138067	310991	256501	365481
1989	226400	191841	260959	127452	112316	142588	301592	248748	354436
1990	218900	184538	253262	138832	125219	152446	297807	246747	348867
1991	219400	185016	253784	147408	135138	159679	299976	249900	350052
1992	234100	196712	271488	155340	144336	166344	301427	252658	350196
1993	239400	200550	278250	167310	157028	177592	310540	262951	358129
1994	242100	203356	280844	174028	164090	183966	330543	285126	375960
1995	251700	210229	293171	177324	167415	187234	320379	275979	364779
1996	250100	208229	291971	178964	168881	189046	323726	278278	369174
1997	255500	216216	294784	179717	169168	190266	320596	273848	367344
1998	267600	226160	309040	177127	166251	188002	327305	271425	383185
1999	277300	239591	315009	178472	167538	189407	292167	245639	338695
2000	277800	242935	312665	176184	164930	187439	293800	247011	340589
2001	275700	241285	310115	173606	162284	184928	272660	229536	315784
2002	281400	246067	316733	170753	159923	181583	269205	226591	311819
2003	277600	243534	311666	172098	161694	182501	261214	220438	301990
2004	272300	237811	306789	172040	162045	182035	255890	216243	295537
2005	263000	226597	299403	172787	163249	182324	243436	205708	281164
2006	249500	210372	288628	172988	163011	182965	246140	207991	284289
2007	233000	189982	276018	156379	143365	169393	248928	209118	288738
2008	225000	177905	272095	171490	153459	189522	256617	213619	299615
2009	226500	173826	279174	192604	167928	217280	275425	227225	323625
2010	234900	175896	293904	223477	191620	255335	306192	250904	361480
2011	258200	189380	327020	254248	215994	292502	341184	278676	403692
2012	273800	195637	351963	287370	243113	331626	386313	315784	456842
2013	280100	194852	365348	320402	270094	370710	435445	354477	516413
2014	301100	201934	400266	353639	297593	409685	504589	409809	599369
2015	328100	211875	444325	386199	325015	447384	530234	428594	631874
2016	381200	232644	529756	421685	353780	489591	577169	464257	690081
2017	400400	232222	568578	451101	375508	526694	650694	520309	781079
2018	430700	234818	626582	480323	395796	564850	705032	559965	850099
2019	460200	235078	685322	505672	409331	602012	743004	585008	901000
2020	472600	225317	719883	527340	413832	640847	800251	624002	976500

Table 9. Continued.

Year	R(age1)									
	VPA_Run385	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3_Run16	reweight	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CV20%	ASAP_LCI	ASAP_UCI
1950					619340					
1951					595190					
1952					683551					
1953					809974					
1954					969926					
1955					1210680					
1956					1021330					
1957					897374					
1958					1036640					
1959					767721					
1960					524917					
1961					464818					
1962					499026					
1963					579710					
1964					724594					
1965					1306730					
1966					527076					
1967					307412					
1968	952569	915938	1016073		663237			1114800	773682	1455918
1969	761415	737704	802568		545538			1185090	820020	1550160
1970	959166	931464	1007098		860638			1775830	1299726	2251934
1971	1347759	1303575	1424151		762649			1879110	1383269	2374951
1972	945180	917505	993069		954843			1482460	1062079	1902841
1973	1263823	1203595	1368030		649778			1060880	728229	1393531
1974	1436519	1383612	1528002		1550120			1796200	1328936	2263464
1975	1162414	1105603	1260690		885876			1137200	788888	1485512
1976	1366369	1298247	1484223		747970			1396070	1008578	1783562
1977	900868	863508	965432		457504			1253460	891389	1615531
1978	769933	738386	824437		709932			1185260	856019	1514501
1979	811534	764631	892604		691637			643851	416334	871368
1980	1225461	1174429	1313715		825704			1259560	920519	1598601
1981	1171809	1119077	1263061		804001			1053460	736606	1370314
1982	1481732	1406279	1612379		679473			1363100	982546	1743654
1983	2267481	2175796	2426260		1338200			2188650	1695044	2682256
1984	1250277	1185178	1363027		937058			1231250	873021	1589479
1985	1207180	1133834	1334320		738827			1035500	711845	1359155
1986	2007394	1933999	2134806		1346330			2031710	1554666	2508754
1987	1539480	1464895	1669235		1422790			1295980	915583	1676377
1988	2616677	2551657	2723191		1573080			2203320	1670455	2736185
1989	2649847	2543468	2799286		1297950			2072780	1532584	2612976
1990	2923355	2847272	3035257		3232230			2576500	1932189	3220811
1991	3292533	3204159	3412402		3913320			3042080	2268252	3815908
1992	3850347	3677997	4041774		1642510			3949560	2962680	4936440
1993	4135862	3994585	4283253		2112840			4779210	3619498	5938922
1994	4069719	3989614	4150731		3386090			4396610	3331703	5461517
1995	4631145	4571214	4711224		4623240			4445930	3379533	5512327
1996	4244162	4180298	4299238		2381140			4767840	3650111	5885569
1997	3210173	3145074	3275715		3050570			3327840	2468576	4187104
1998	3826774	3662573	4022859		2547790			2463860	1815786	3111934
1999	3448325	3181903	3767176		1503280			2148140	1595302	2700978
2000	2449526	2344684	2648618		3811770			2195220	1619529	2770911
2001	2195305	2084629	2405450		2594570			2120560	1553924	2687196
2002	2562746	2372160	2924570		2679550			2125990	1574642	2677338
2003	2118730	1978749	2384160		2864030			2490870	1874489	3107251
2004	2672458	2485444	3026745		4119080			3233760	2529356	3938164
2005	1823561	1647212	2157664		2863690			2472170	1859278	3085062
2006	1466805	1310683	1762769		2863870			2445930	1805108	3086752
2007	1364880	1193036	1690647		2514990			2349040	1692009	3006071
2008	1347949	1094584	1828608		1382370			2328480	1618921	3038039
2009	1342315	1067024	1864691		902934			2319600	1595400	3043800
2010	1408294	1090797	2011138		1314750			2123250	1404342	2842158
2011	1722277	1286748	2549582		1604990			2477390	1610952	3343828
2012	2218714	1573658	3444400		874240			2749590	1826332	3672848
2013	2706381	1848570	4099031		2264720			3303090	2156372	4449808
2014	3315854	2207793	5019920		2702610			4612340	3110647	6114033
2015	3421524	2175235	5518785		2223710			2572110	1576920	3567300
2016	4475371	3022224	7682137		2404670			2306140	1390820	3221460
2017	4552691	3516704	8283249		3519150			5187660	3376346	6998974
2018					1712790			5339560	2863492	7815628
2019					2505140			2592230	835639	4348821
2020					1742250			1902160	148195	3656125

Table 9. Continued.

Year	Exploitation rate									
	VPA_Run385	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3 Run16 reweight	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CVASAP	LCI	ASAP_UCI	
1950					0.03	0.02	0.03			
1951					0.03	0.03	0.03			
1952					0.04	0.04	0.05			
1953					0.05	0.04	0.05			
1954					0.05	0.04	0.05			
1955					0.06	0.05	0.06			
1956					0.04	0.04	0.05			
1957					0.06	0.05	0.06			
1958					0.06	0.05	0.06			
1959					0.05	0.05	0.06			
1960					0.05	0.05	0.06			
1961					0.06	0.06	0.07			
1962					0.07	0.06	0.08			
1963					0.05	0.04	0.05			
1964					0.05	0.04	0.06			
1965					0.05	0.05	0.06			
1966					0.05	0.04	0.06			
1967					0.07	0.06	0.08			
1968	0.05	0.05	0.04		0.05	0.04	0.06	0.04	0.03	0.07
1969	0.05	0.05	0.05		0.06	0.05	0.07	0.04	0.03	0.07
1970	0.04	0.04	0.03		0.05	0.04	0.05	0.03	0.02	0.05
1971	0.03	0.04	0.03		0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.04
1972	0.03	0.03	0.03		0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.04
1973	0.03	0.03	0.03		0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.04
1974	0.05	0.05	0.05		0.09	0.07	0.11	0.05	0.04	0.06
1975	0.05	0.05	0.05		0.11	0.09	0.13	0.05	0.04	0.07
1976	0.06	0.06	0.05		0.12	0.09	0.14	0.06	0.05	0.07
1977	0.05	0.05	0.04		0.11	0.09	0.13	0.05	0.04	0.06
1978	0.04	0.05	0.04		0.09	0.07	0.11	0.04	0.03	0.05
1979	0.04	0.04	0.03		0.07	0.06	0.09	0.03	0.03	0.04
1980	0.05	0.05	0.04		0.08	0.07	0.10	0.04	0.03	0.05
1981	0.05	0.05	0.04		0.09	0.07	0.10	0.04	0.03	0.05
1982	0.08	0.08	0.07		0.14	0.11	0.16	0.06	0.05	0.08
1983	0.08	0.09	0.07		0.14	0.12	0.17	0.06	0.05	0.08
1984	0.10	0.10	0.08		0.17	0.14	0.20	0.08	0.06	0.09
1985	0.09	0.10	0.08		0.16	0.14	0.19	0.07	0.06	0.09
1986	0.08	0.09	0.07		0.15	0.13	0.18	0.06	0.05	0.08
1987	0.08	0.09	0.07		0.15	0.12	0.17	0.06	0.05	0.08
1988	0.11	0.12	0.09		0.19	0.16	0.22	0.08	0.07	0.10
1989	0.09	0.10	0.08		0.17	0.15	0.20	0.08	0.06	0.09
1990	0.11	0.12	0.09		0.19	0.16	0.21	0.08	0.07	0.10
1991	0.12	0.13	0.10		0.19	0.17	0.21	0.09	0.08	0.11
1992	0.13	0.15	0.11		0.22	0.20	0.23	0.11	0.09	0.13
1993	0.14	0.16	0.12		0.22	0.21	0.23	0.11	0.09	0.13
1994	0.19	0.21	0.16		0.28	0.27	0.29	0.13	0.12	0.15
1995	0.19	0.21	0.15		0.27	0.26	0.29	0.14	0.12	0.16
1996	0.20	0.23	0.17		0.29	0.28	0.31	0.16	0.14	0.18
1997	0.20	0.23	0.17		0.29	0.27	0.30	0.16	0.14	0.19
1998	0.18	0.21	0.15		0.28	0.26	0.29	0.13	0.11	0.16
1999	0.17	0.20	0.15		0.28	0.27	0.30	0.14	0.12	0.17
2000	0.18	0.20	0.15		0.28	0.27	0.29	0.14	0.12	0.17
2001	0.18	0.20	0.15		0.28	0.27	0.30	0.15	0.13	0.18
2002	0.17	0.19	0.15		0.29	0.27	0.30	0.16	0.14	0.19
2003	0.18	0.20	0.15		0.29	0.28	0.31	0.17	0.15	0.20
2004	0.18	0.20	0.15		0.29	0.28	0.30	0.16	0.14	0.19
2005	0.19	0.21	0.16		0.29	0.28	0.31	0.15	0.13	0.17
2006	0.20	0.22	0.16		0.29	0.27	0.31	0.15	0.13	0.18
2007	0.26	0.30	0.21		0.35	0.32	0.38	0.18	0.15	0.21
2008	0.11	0.13	0.08		0.16	0.14	0.17	0.09	0.08	0.11
2009	0.09	0.10	0.07		0.12	0.10	0.13	0.07	0.06	0.08
2010	0.05	0.06	0.04		0.06	0.05	0.07	0.04	0.03	0.04
2011	0.04	0.05	0.03		0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03
2012	0.04	0.05	0.03		0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03
2013	0.05	0.06	0.03		0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04
2014	0.04	0.06	0.03		0.04	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03
2015	0.05	0.06	0.03		0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04
2016	0.05	0.07	0.03		0.05	0.04	0.06	0.03	0.03	0.04
2017	0.06	0.08	0.04		0.06	0.05	0.07	0.04	0.03	0.05
2018	0.06	0.09	0.04		0.06	0.05	0.07	0.04	0.03	0.05
2019	0.07	0.10	0.04		0.06	0.05	0.08	0.04	0.03	0.05
2020	0.07	0.11	0.04		0.07	0.05	0.08	0.04	0.04	0.06

**Table 9.** Continued.

Year	F ages 2-5								
	VPA_Run3	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3_Run16	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CV20%	ASAP_LCI	ASAP_UCI
1950				0.05	0.04	0.06			
1951				0.10	0.07	0.13			
1952				0.16	0.10	0.22			
1953				0.18	0.11	0.24			
1954				0.26	0.16	0.35			
1955				0.31	0.20	0.42			
1956				0.15	0.10	0.20			
1957				0.16	0.11	0.20			
1958				0.15	0.11	0.19			
1959				0.13	0.09	0.16			
1960				0.05	0.04	0.06			
1961				0.06	0.05	0.07			
1962				0.07	0.05	0.08			
1963				0.06	0.05	0.08			
1964				0.06	0.05	0.08			
1965				0.08	0.06	0.10			
1966				0.15	0.13	0.18			
1967				0.11	0.09	0.13			
1968	0.05	0.04	0.05	0.11	0.08	0.15	0.07		
1969	0.04	0.04	0.05	0.12	0.10	0.15	0.08		
1970	0.04	0.04	0.04	0.15	0.12	0.18	0.05		
1971	0.05	0.05	0.05	0.18	0.13	0.22	0.05		
1972	0.08	0.08	0.09	0.13	0.10	0.15	0.05		
1973	0.06	0.06	0.07	0.14	0.11	0.16	0.05		
1974	0.13	0.12	0.14	0.11	0.09	0.13	0.08		
1975	0.07	0.07	0.08	0.11	0.09	0.12	0.09		
1976	0.12	0.11	0.13	0.13	0.10	0.15	0.10		
1977	0.08	0.07	0.09	0.14	0.12	0.16	0.09		
1978	0.08	0.07	0.08	0.13	0.11	0.15	0.07		
1979	0.07	0.06	0.07	0.11	0.09	0.12	0.06		
1980	0.08	0.07	0.08	0.10	0.09	0.12	0.07		
1981	0.08	0.07	0.09	0.10	0.08	0.11	0.07		
1982	0.14	0.13	0.15	0.15	0.12	0.18	0.11		
1983	0.12	0.11	0.13	0.19	0.16	0.22	0.14		
1984	0.16	0.14	0.17	0.19	0.17	0.22	0.16		
1985	0.21	0.19	0.23	0.21	0.17	0.24	0.16		
1986	0.12	0.10	0.13	0.19	0.16	0.22	0.14		
1987	0.16	0.14	0.17	0.19	0.16	0.22	0.14		
1988	0.17	0.15	0.18	0.23	0.20	0.27	0.19		
1989	0.17	0.15	0.19	0.18	0.16	0.21	0.17		
1990	0.20	0.18	0.21	0.16	0.14	0.18	0.19		
1991	0.19	0.17	0.20	0.15	0.13	0.17	0.20		
1992	0.18	0.16	0.18	0.15	0.14	0.17	0.22		
1993	0.22	0.21	0.23	0.19	0.17	0.20	0.22		
1994	0.15	0.14	0.15	0.24	0.22	0.27	0.25		
1995	0.13	0.12	0.14	0.23	0.20	0.25	0.25		
1996	0.20	0.19	0.21	0.22	0.20	0.24	0.30		
1997	0.18	0.17	0.19	0.21	0.20	0.23	0.30		
1998	0.22	0.21	0.22	0.22	0.20	0.24	0.26		
1999	0.15	0.15	0.16	0.24	0.21	0.27	0.14		
2000	0.14	0.13	0.14	0.28	0.24	0.31	0.14		
2001	0.16	0.15	0.17	0.23	0.20	0.26	0.16		
2002	0.14	0.13	0.15	0.28	0.24	0.31	0.16		
2003	0.14	0.13	0.15	0.21	0.18	0.24	0.18		
2004	0.14	0.12	0.15	0.24	0.21	0.26	0.17		
2005	0.11	0.09	0.12	0.22	0.20	0.25	0.15		
2006	0.12	0.10	0.13	0.21	0.18	0.24	0.09		
2007	0.18	0.14	0.20	0.32	0.28	0.37	0.11		
2008	0.15	0.12	0.17	0.08	0.06	0.09	0.06		
2009	0.05	0.04	0.06	0.04	0.03	0.05	0.04		
2010	0.05	0.04	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02		
2011	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02		
2012	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02		
2013	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02		
2014	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01		
2015	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02		
2016	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02		
2017	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02		
2018	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03		
2019	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03		
2020	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03		

Table 9. Continued.

Year	F ages 10+								
	VPA_Run385	VPA_LCI	VPA_UCI	SS3 Run16 reweight	SS3_LCI	SS3_UCI	ASAP24_CV20%	ASAP_LCI	ASAP_UCI
1950				0.03	0.03	0.04			
1951				0.03	0.03	0.04			
1952				0.04	0.04	0.05			
1953				0.05	0.04	0.05			
1954				0.04	0.04	0.05			
1955				0.06	0.05	0.06			
1956				0.05	0.05	0.06			
1957				0.07	0.06	0.07			
1958				0.07	0.06	0.08			
1959				0.06	0.05	0.07			
1960				0.07	0.06	0.08			
1961				0.08	0.07	0.09			
1962				0.09	0.08	0.11			
1963				0.06	0.05	0.07			
1964				0.07	0.06	0.08			
1965				0.07	0.06	0.08			
1966				0.05	0.04	0.06			
1967				0.08	0.07	0.10			
1968	0.06	0.05	0.06	0.06	0.04	0.07	0.05	0.03	0.07
1969	0.07	0.07	0.08	0.07	0.05	0.08	0.05	0.03	0.07
1970	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0.02	0.05
1971	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02	0.05
1972	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.05
1973	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.04
1974	0.04	0.03	0.04	0.12	0.09	0.14	0.06	0.04	0.08
1975	0.05	0.04	0.05	0.15	0.11	0.18	0.07	0.04	0.09
1976	0.05	0.05	0.06	0.16	0.12	0.21	0.07	0.05	0.09
1977	0.04	0.04	0.05	0.14	0.10	0.18	0.06	0.04	0.08
1978	0.04	0.03	0.04	0.11	0.08	0.15	0.05	0.03	0.07
1979	0.03	0.03	0.03	0.10	0.07	0.13	0.04	0.03	0.05
1980	0.04	0.04	0.05	0.12	0.08	0.15	0.05	0.03	0.07
1981	0.04	0.04	0.04	0.12	0.09	0.15	0.05	0.03	0.07
1982	0.06	0.06	0.07	0.19	0.14	0.24	0.08	0.05	0.11
1983	0.07	0.06	0.07	0.18	0.14	0.22	0.09	0.05	0.12
1984	0.07	0.06	0.08	0.23	0.17	0.29	0.10	0.06	0.14
1985	0.06	0.05	0.07	0.22	0.16	0.28	0.10	0.06	0.14
1986	0.06	0.05	0.07	0.21	0.15	0.27	0.09	0.05	0.13
1987	0.06	0.05	0.07	0.19	0.14	0.24	0.09	0.05	0.13
1988	0.08	0.07	0.09	0.27	0.20	0.35	0.12	0.07	0.17
1989	0.07	0.05	0.08	0.26	0.19	0.33	0.11	0.06	0.15
1990	0.08	0.06	0.09	0.33	0.24	0.42	0.12	0.07	0.17
1991	0.10	0.08	0.11	0.39	0.28	0.50	0.13	0.08	0.18
1992	0.10	0.08	0.12	0.47	0.35	0.59	0.14	0.09	0.20
1993	0.09	0.07	0.11	0.51	0.38	0.64	0.14	0.08	0.19
1994	0.24	0.18	0.30	0.82	0.60	1.03	0.16	0.09	0.22
1995	0.30	0.20	0.41	0.89	0.68	1.10	0.16	0.10	0.22
1996	0.38	0.22	0.62	1.00	0.77	1.23	0.19	0.11	0.26
1997	0.42	0.24	0.70	1.01	0.80	1.21	0.19	0.11	0.26
1998	0.33	0.20	0.54	0.77	0.64	0.90	0.17	0.09	0.24
1999	0.41	0.25	0.68	0.67	0.56	0.77	0.26	0.17	0.36
2000	0.46	0.27	0.79	0.70	0.58	0.82	0.26	0.17	0.36
2001	0.37	0.23	0.62	0.77	0.63	0.91	0.29	0.19	0.39
2002	0.35	0.23	0.57	0.67	0.56	0.78	0.29	0.19	0.40
2003	0.34	0.23	0.53	0.69	0.58	0.79	0.32	0.21	0.44
2004	0.35	0.24	0.50	0.65	0.55	0.76	0.31	0.20	0.41
2005	0.41	0.29	0.60	0.71	0.59	0.83	0.28	0.18	0.37
2006	0.43	0.29	0.62	0.80	0.65	0.95	0.32	0.22	0.42
2007	0.45	0.33	0.58	0.83	0.65	1.01	0.39	0.26	0.52
2008	0.09	0.07	0.11	0.48	0.38	0.58	0.21	0.14	0.27
2009	0.08	0.06	0.10	0.32	0.25	0.38	0.15	0.11	0.20
2010	0.03	0.02	0.04	0.15	0.12	0.18	0.08	0.05	0.10
2011	0.04	0.03	0.05	0.10	0.08	0.12	0.06	0.04	0.07
2012	0.05	0.03	0.06	0.08	0.06	0.10	0.05	0.04	0.07
2013	0.05	0.04	0.07	0.08	0.06	0.09	0.06	0.04	0.07
2014	0.07	0.05	0.08	0.06	0.05	0.08	0.05	0.04	0.06
2015	0.07	0.05	0.09	0.07	0.05	0.08	0.04	0.02	0.06
2016	0.08	0.05	0.10	0.07	0.06	0.09	0.05	0.03	0.07
2017	0.09	0.06	0.13	0.08	0.06	0.10	0.05	0.03	0.07
2018	0.12	0.07	0.17	0.09	0.07	0.12	0.06	0.03	0.08
2019	0.13	0.08	0.19	0.10	0.08	0.13	0.06	0.03	0.09
2020	0.11	0.06	0.18	0.11	0.08	0.14	0.06	0.03	0.10

**Table 10.** Projection settings for selectivity, weight-at-age and natural mortality-at-age (M) for VPA.

Age	Maturity	Selectivity (recent 2007- 2016)	Selectivity (recent 1968- 2016)	Weight	M
1	0	0.0031	0.0033	4.116	0.38
2	0	0.1830	0.1905	10.004	0.3
3	0.25	0.0900	0.0919	21.465	0.24
4	0.5	0.1785	0.1785	35.707	0.2
5	1	0.2165	0.2165	49.844	0.18
6	1	0.1554	0.1554	68.257	0.16
7	1	0.1972	0.1972	93.386	0.14
8	1	0.3746	0.3746	113.555	0.13
9	1	1.0000	1.0000	136.736	0.12
10+	1	0.7500	0.7500	Growth curve	0.10

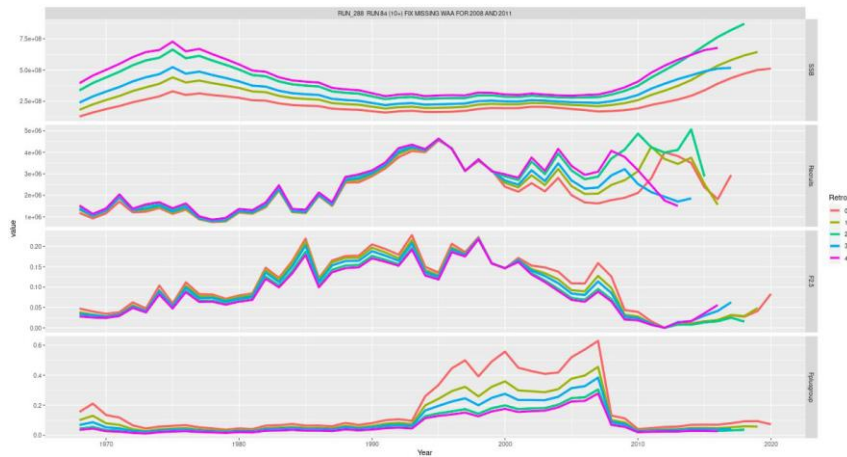


**Table 11.** Projection settings for selectivity, weight-at-age and natural mortality-at-age (M) for Stock Synthesis.

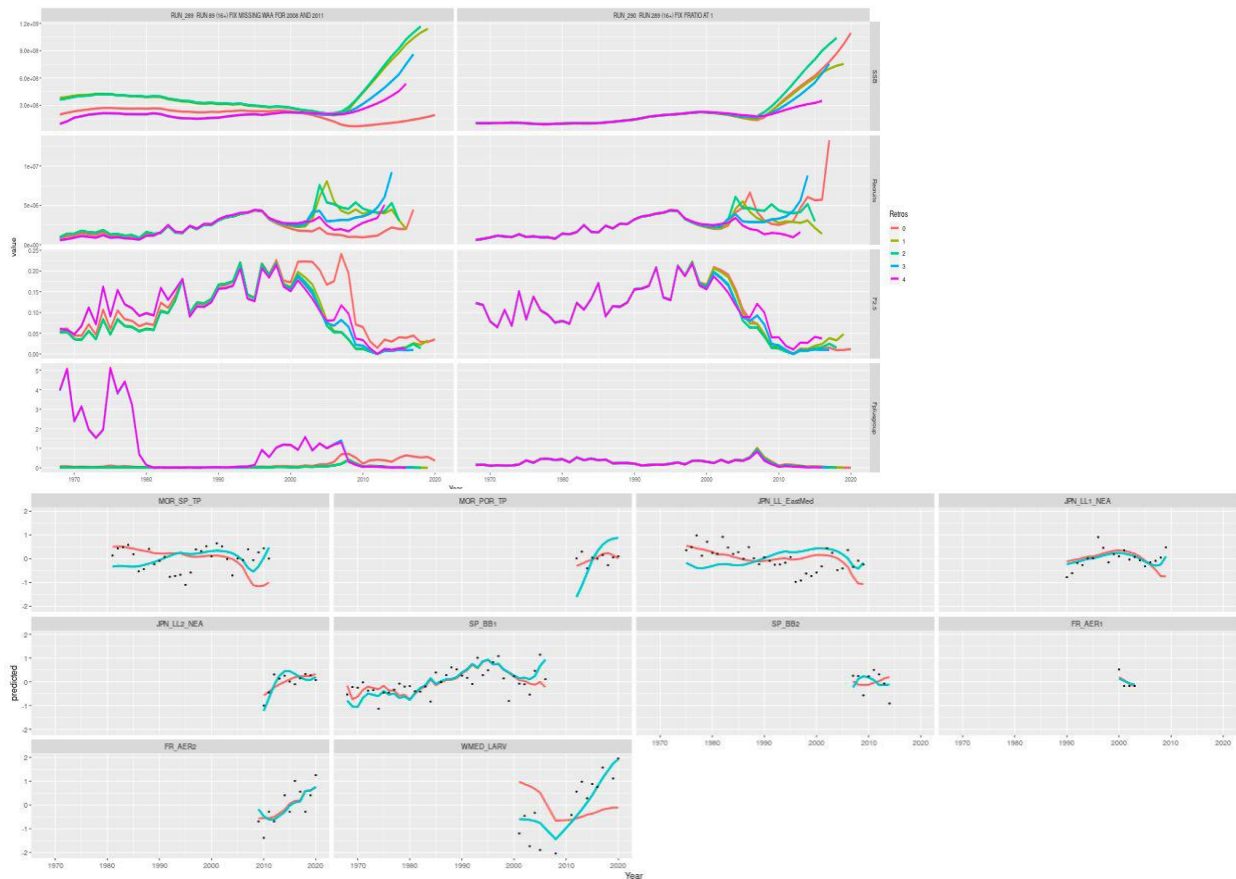
Age	M	Weight	Selectivity
0	0.502	0.045	0.000
1	0.322	3.532	0.013
2	0.266	7.903	0.156
3	0.226	15.533	0.121
4	0.195	27.285	0.206
5	0.173	43.536	0.251
6	0.156	64.033	0.244
7	0.143	87.95	0.369
8	0.134	114.095	0.623
9	0.126	141.162	0.830
10	0.120	167.948	0.944
11	0.116	193.487	0.998
12	0.112	217.103	1.000
13	0.109	238.401	0.957
14	0.107	257.217	0.887
15	0.105	273.566	0.810
16	0.103	287.579	0.738
17	0.102	299.457	0.677
18	0.101	309.435	0.627
19	0.101	317.756	0.588
20	0.100	324.654	0.558
21	0.100	330.346	0.534
22	0.099	335.023	0.516
23	0.099	338.855	0.501
24	0.099	341.987	0.490
25	0.098	344.54	0.481
26	0.098	346.619	0.474
27	0.098	348.309	0.468
28	0.098	349.682	0.463
29	0.098	350.796	0.457
30	0.098	352.259	0.455

**Table 12.** Projection settings for selectivity, weight-at-age and natural mortality-at-age (M) for ASAP.

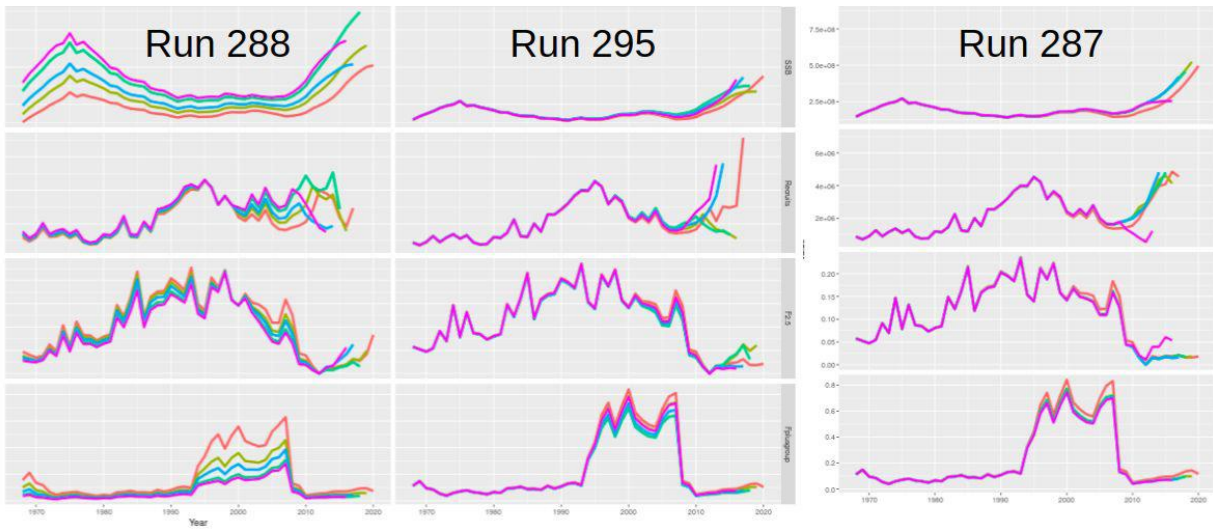
<b>Age</b>	<b>base2-Selectivity</b>	<b>weight</b>	<b>M</b>
1	0.008	5	0.38
2	0.284	12	0.30
3	0.205	24	0.24
4	0.421	34	0.20
5	0.451	50	0.18
6	0.309	67	0.16
7	0.337	91	0.14
8	0.534	114	0.13
9	0.931	137	0.12
10	1.000	163	0.12
11	0.941	186	0.11
12	0.860	209	0.11
13	0.700	234	0.11
14	0.573	257	0.10
15	0.476	279	0.10
16	0.341	328	0.10



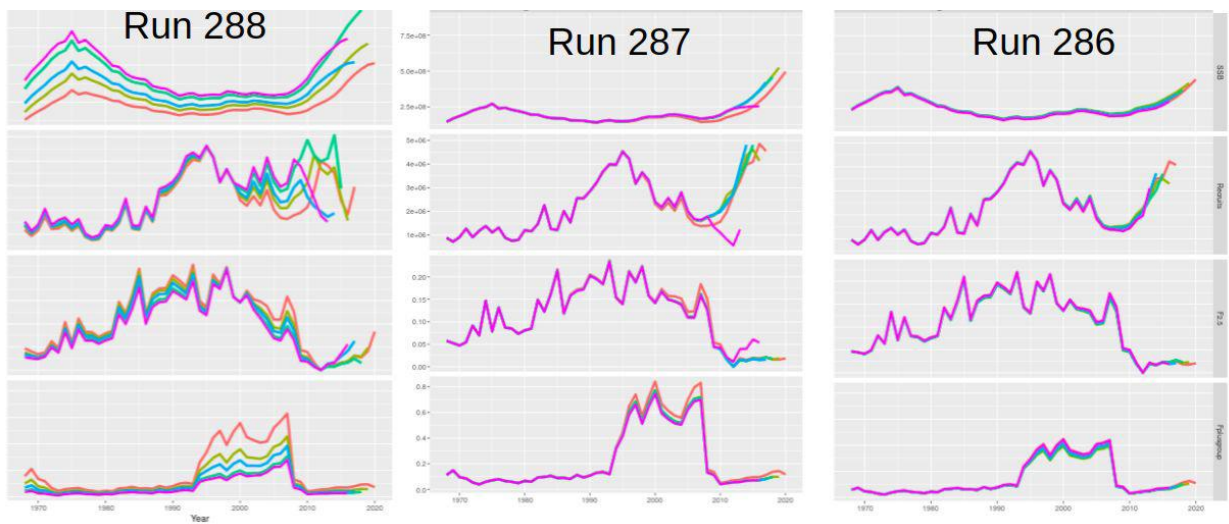
**Figure 1.** VPA Continuity run in 2022 (Run 288). Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) are shown. The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.



**Figure 2.** VPA exploratory runs for the possibility of using 16+ as a plus group. Top panels show trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Runs 289 (left) and 290 (right). The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis. Bottom panels show the fit to indices for Run 289 (green lines) and Run 290 (red lines).



**Figure 3.** VPA exploratory runs for exploring the stability aspect of the continuity run (Run 288). Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Runs 288 (left), 295 (middle) and 287 (right). The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.



**Figure 4.** VPA exploratory runs for exploring the stability aspect of the continuity run (Run 288). Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Runs 288 (left), 287 (middle) and 286 (right). The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.

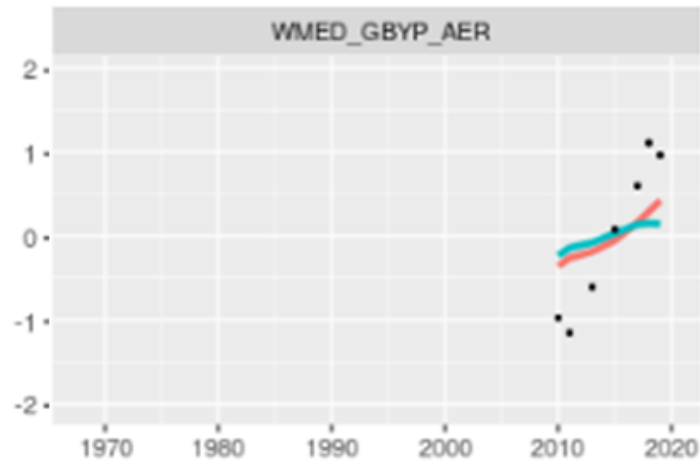


Figure 5. Fit to the western Mediterranean GBYP aerial survey index in VPA Runs 303 (red) and 304 (green).

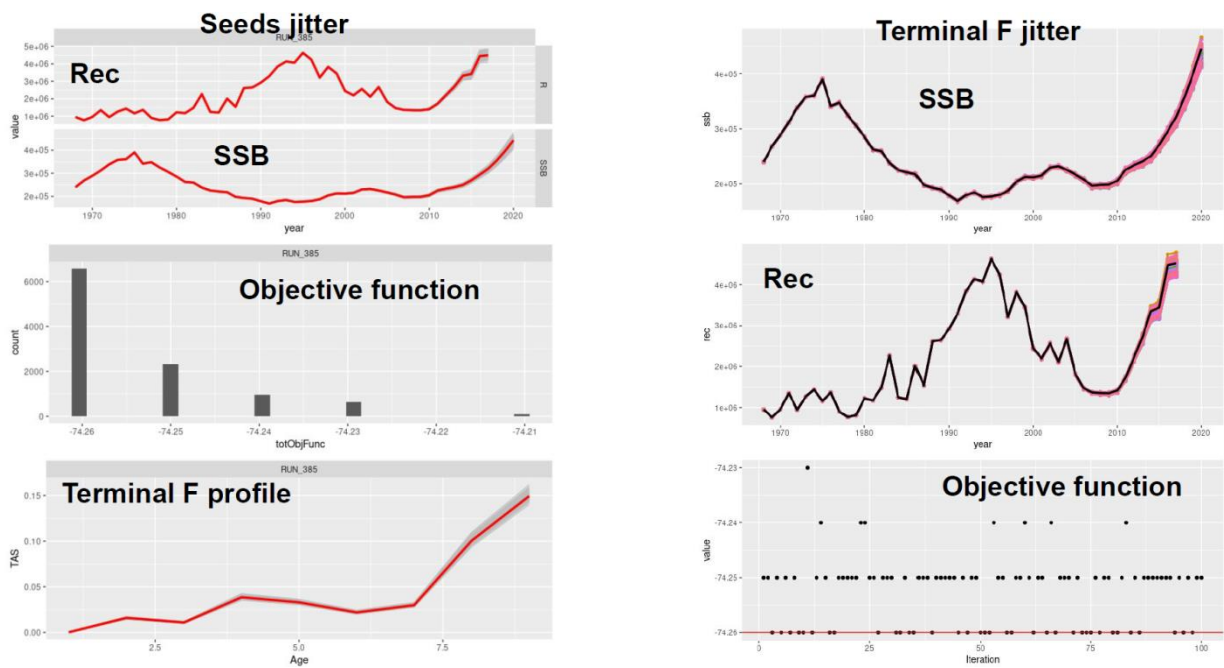
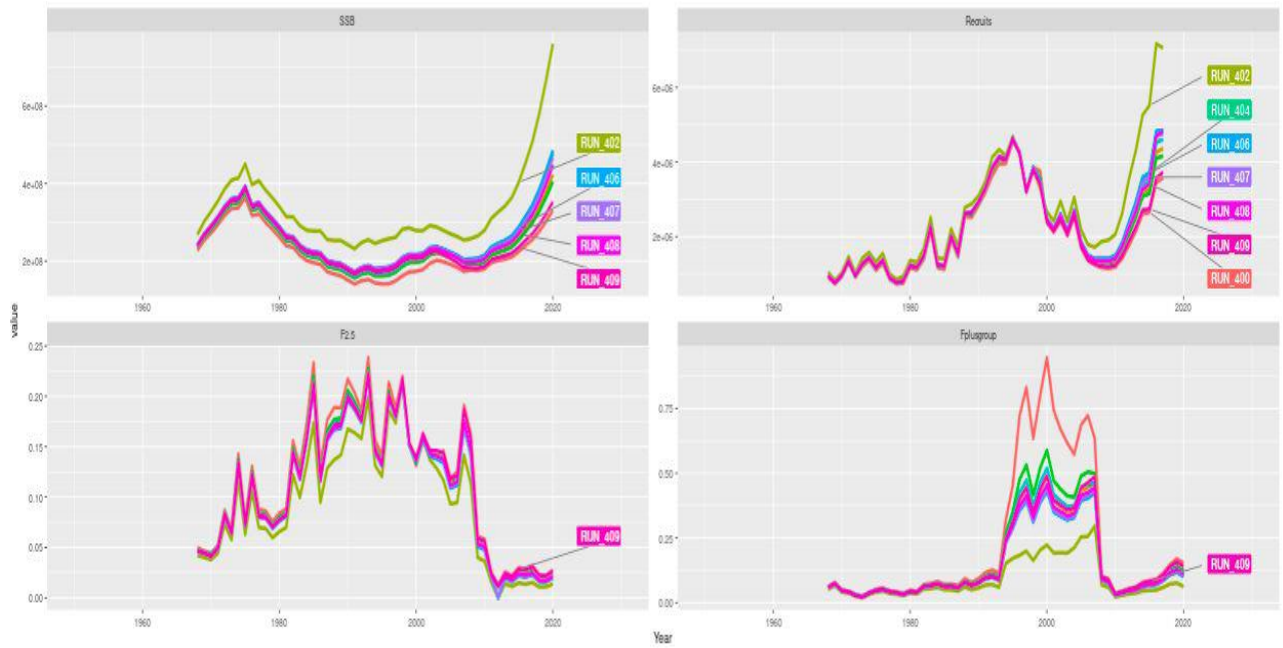
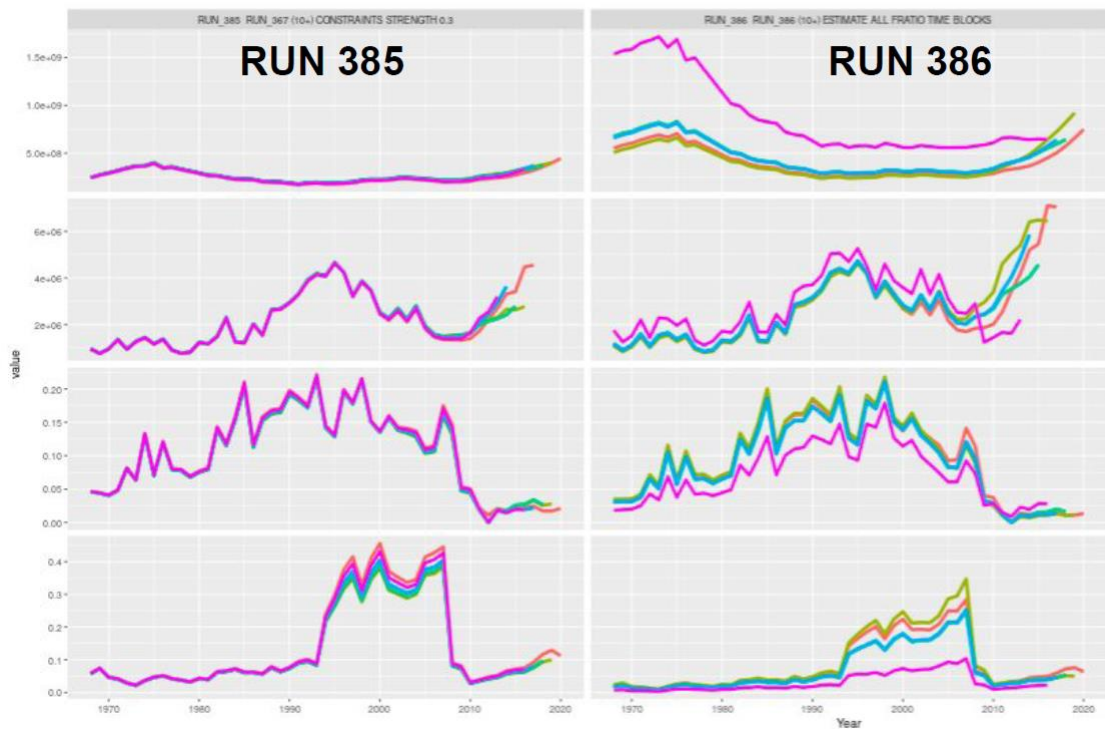


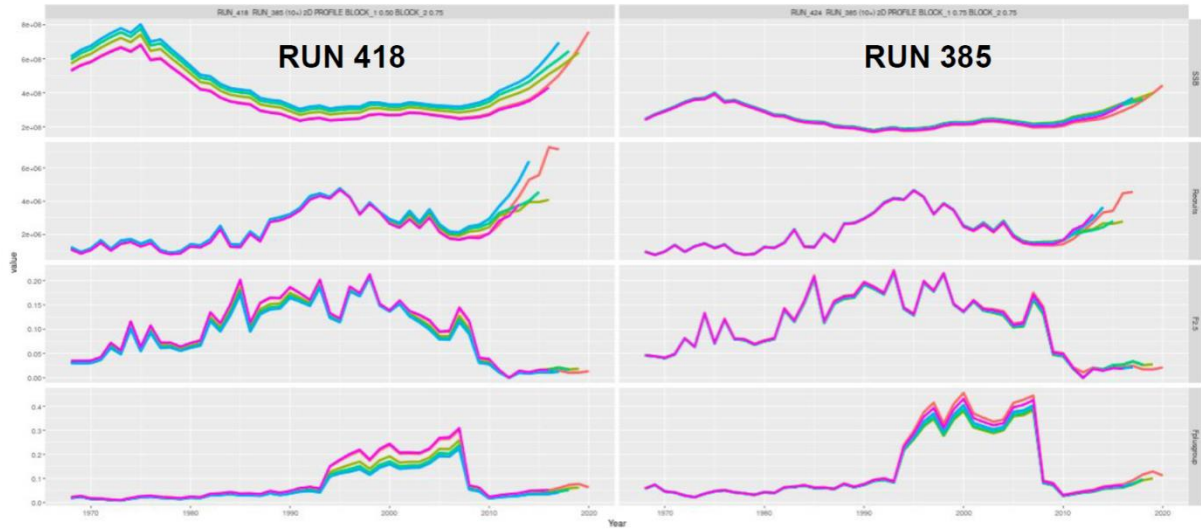
Figure 6. Jittering the seed for the random number generator and the terminal F based on VPA Run 385.



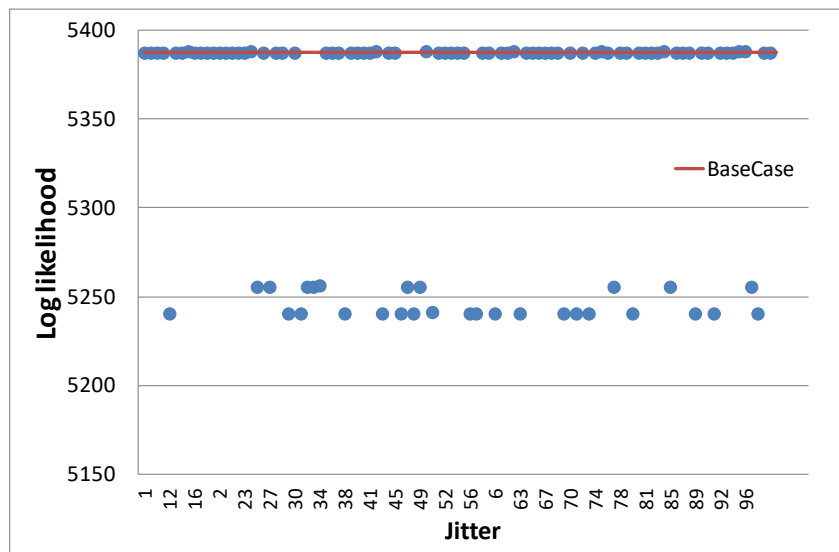
**Figure 7.** Jackknife analysis based on VPA Run 385 (red line). The most influential index was JPN\_LL\_NEAtMed in green.



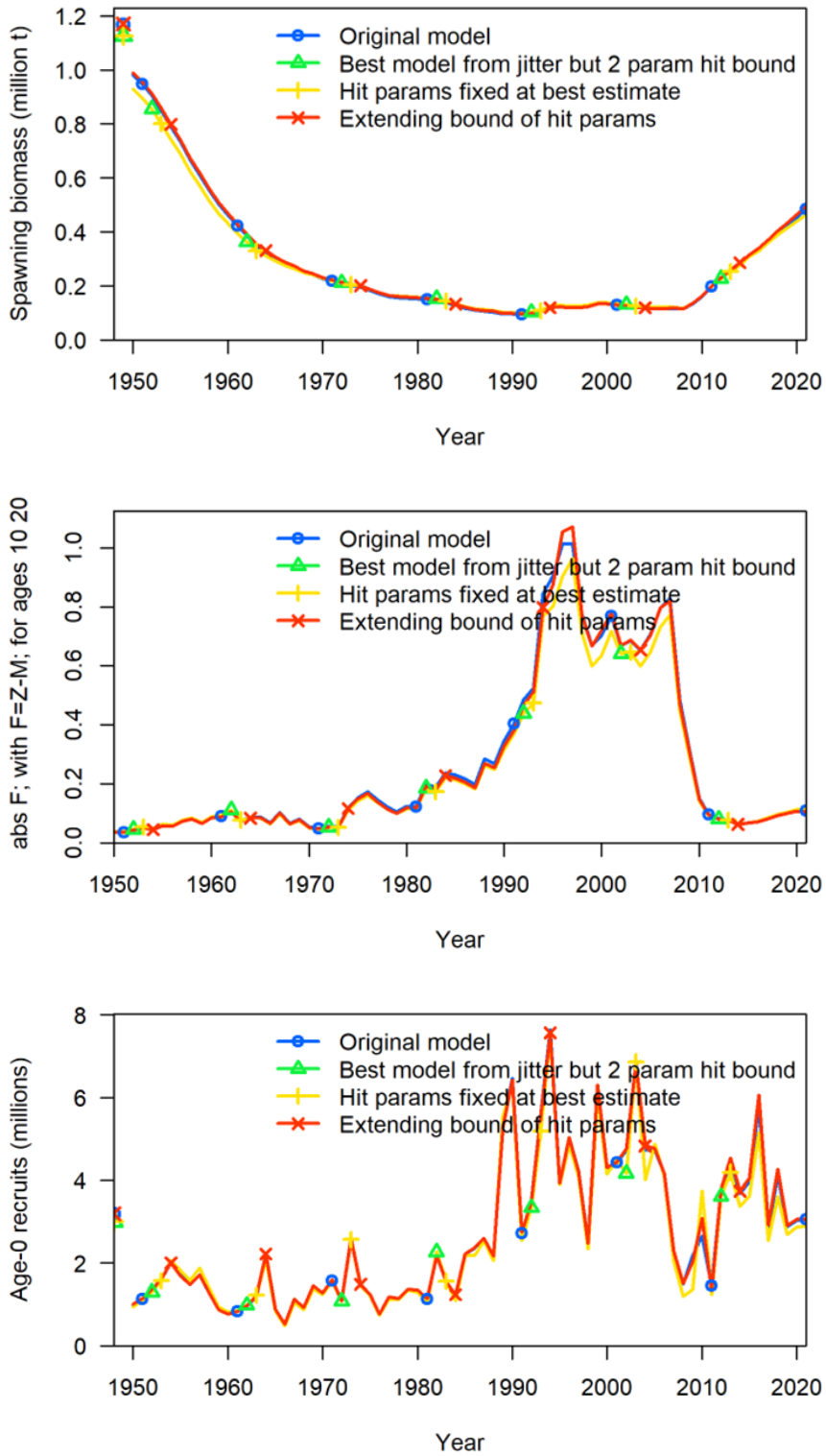
**Figure 8.** VPA exploratory runs for estimating the F-ratio for the time block 1996-2007 (Run 386). Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Runs 288 (left), 287 (middle) and 286 (right). The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.



**Figure 9.** VPA exploratory runs for exploring the run had a difference in objective function that was larger than 2 (**Table 5**). Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Runs 418 (left), and 385 (right). The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.

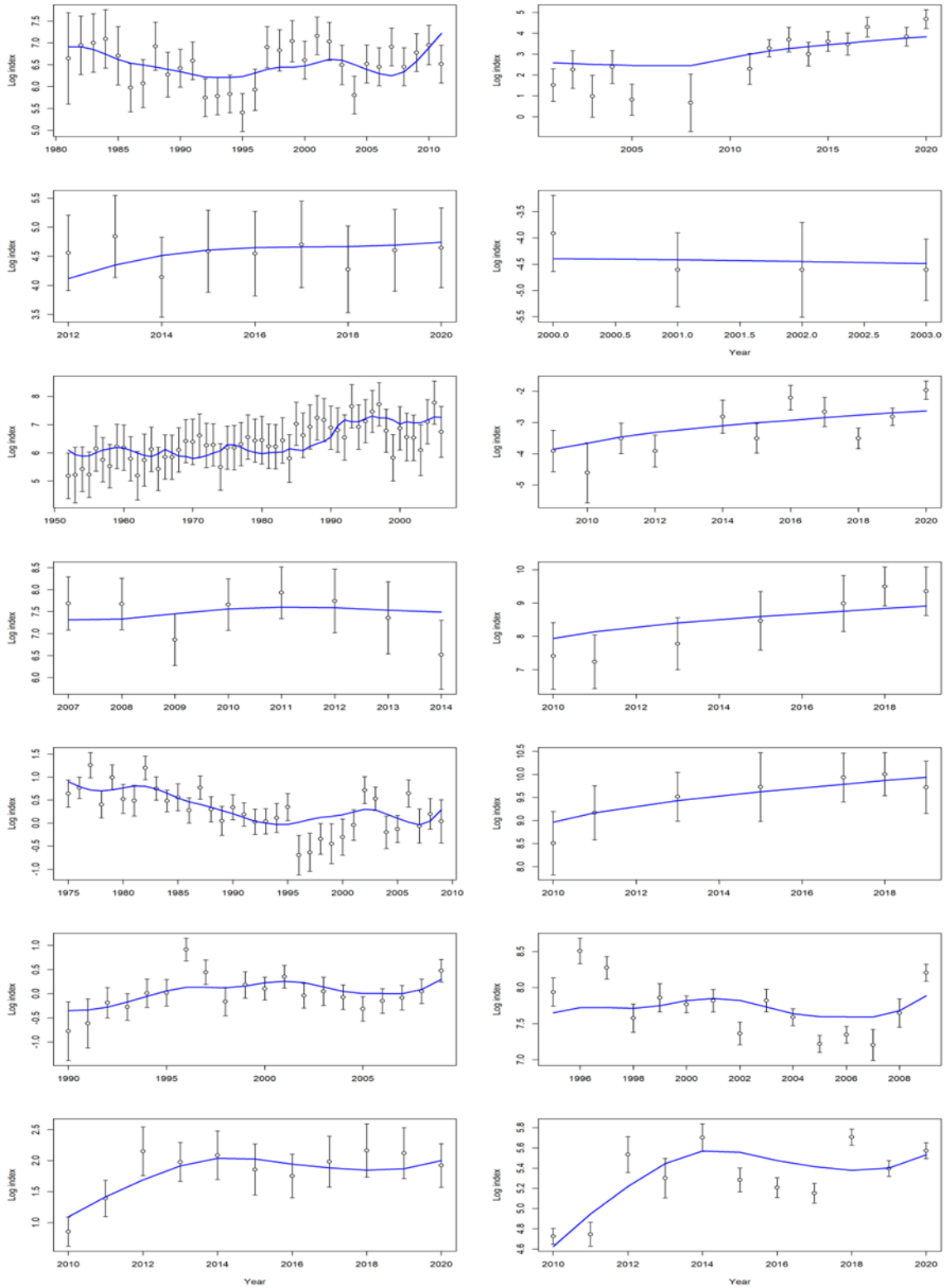


**Figure 10.** Negative log-likelihood values produced from the 100 jitter trials in which initial parameter values were jittered by 10% for the Stock Synthesis base case run (run 16 reweight).

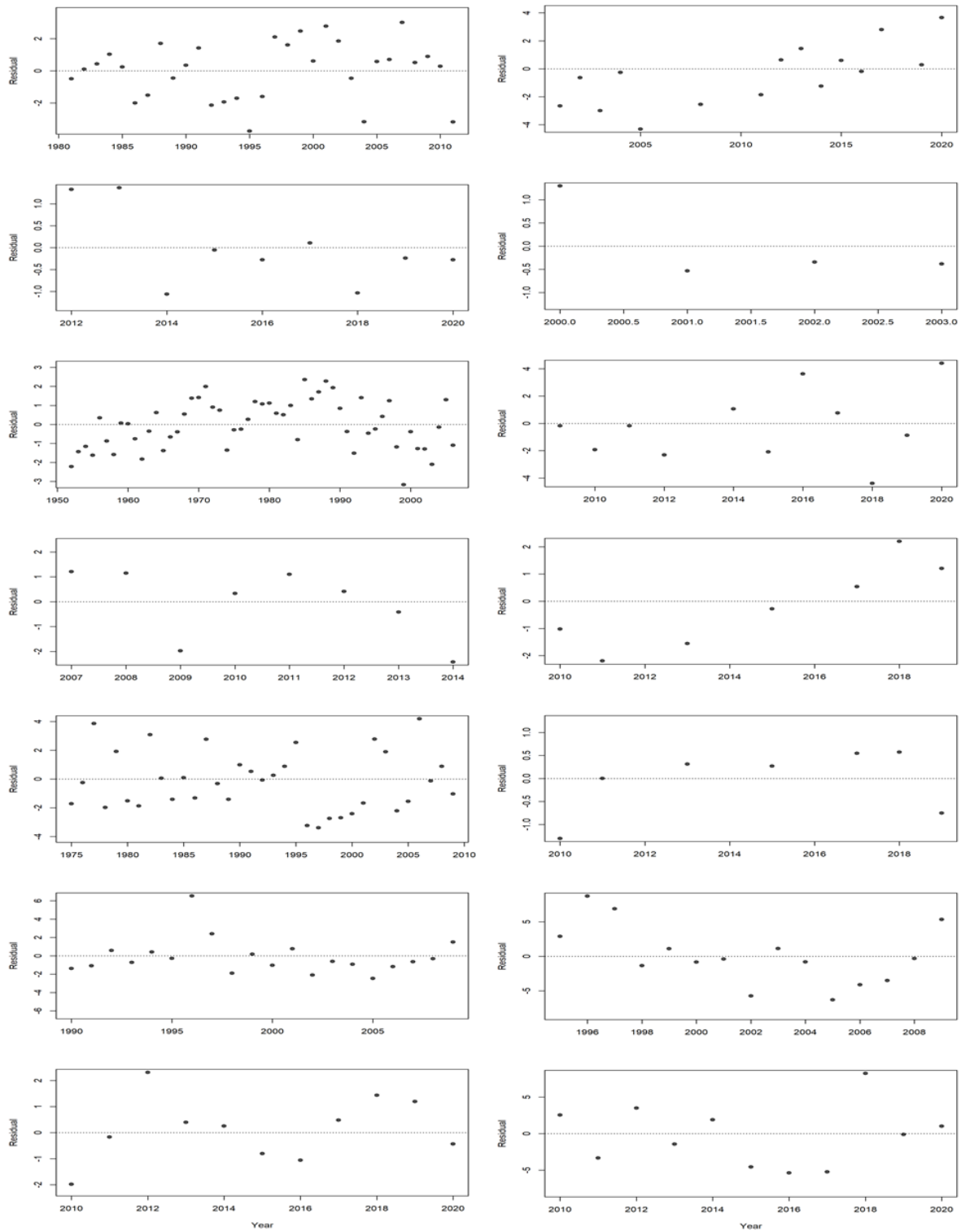


**Figure 11.** Comparison of stock trends between the base case (run 16 reweigh in blue line) and other runs with lowest negative log-likelihood.

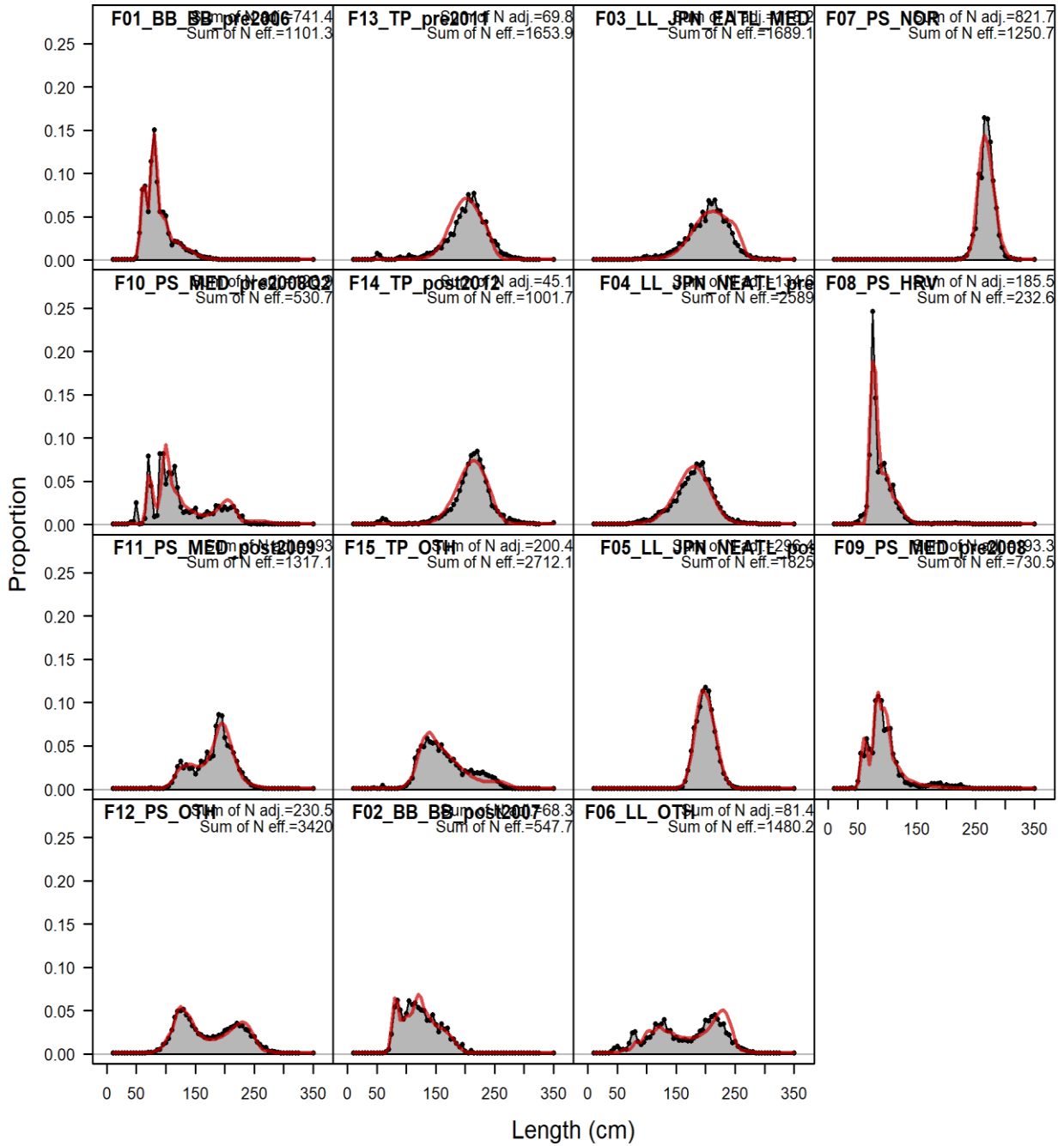




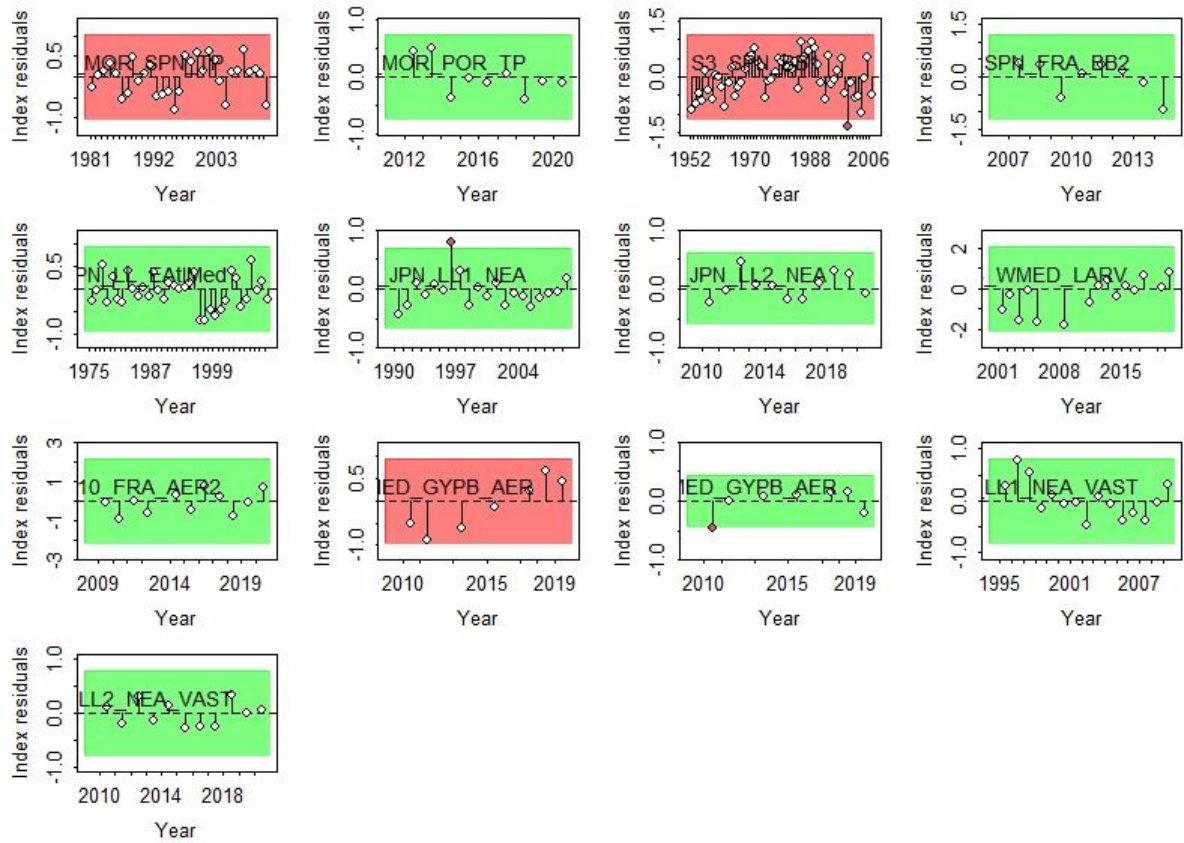
**Figure 12.** Stock Synthesis model fits to East Atlantic bluefin tuna indices of relative abundance for the base run (run 16 reweight).



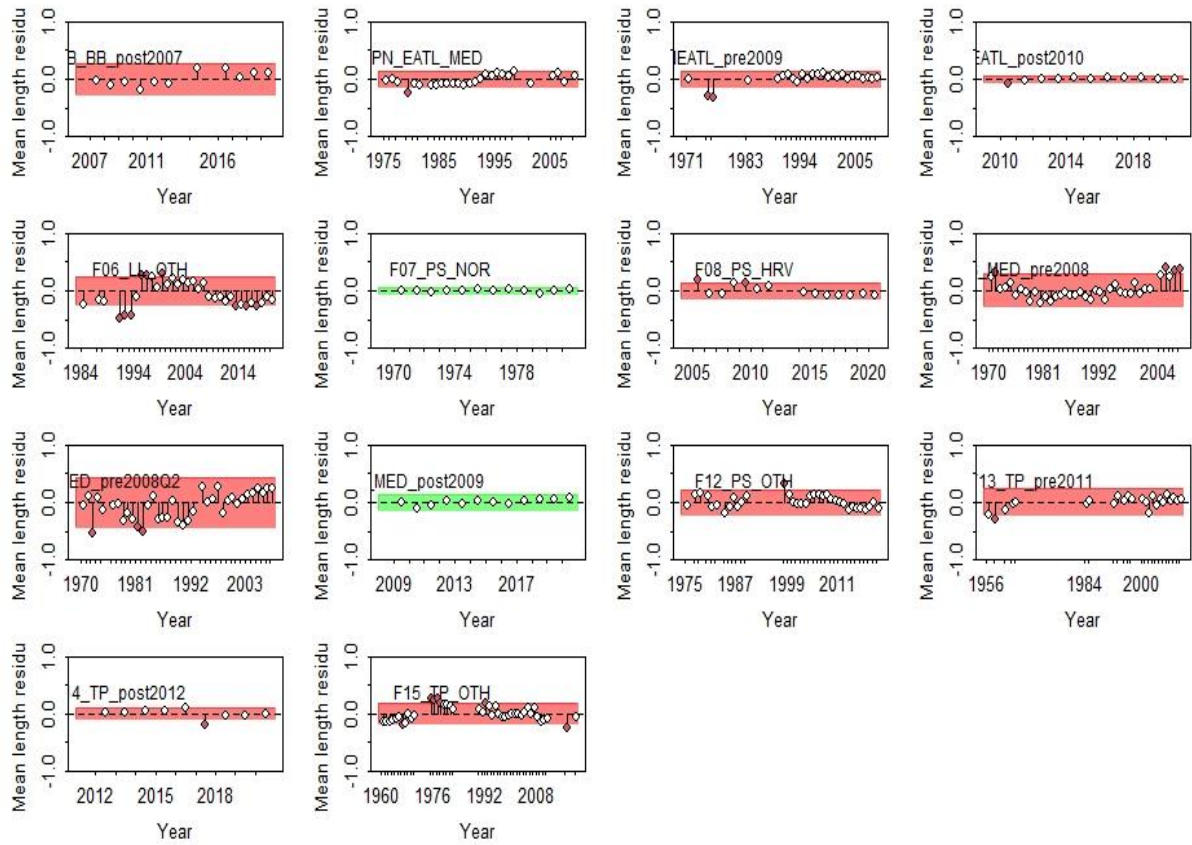
**Figure 13.** Stock Synthesis model fit residual errors around East Atlantic bluefin tuna indices of relative abundance for the base run (run 16 reweight).



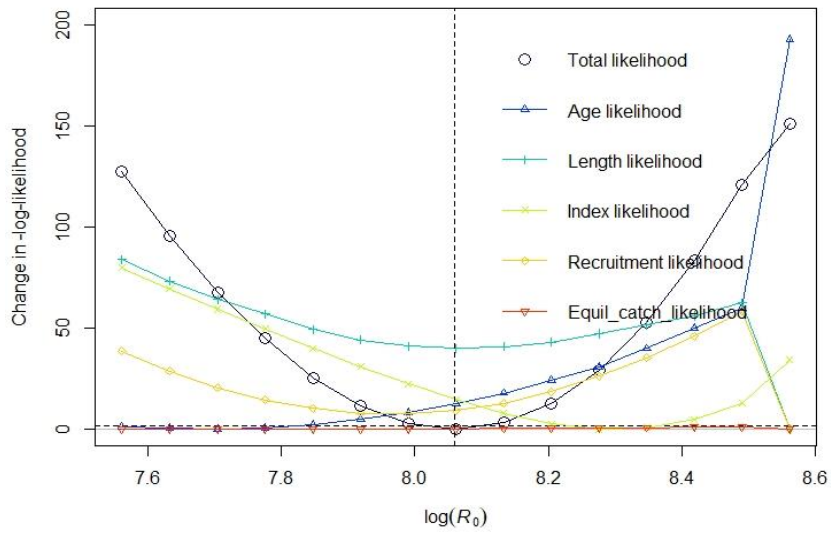
**Figure 14.** Stock Synthesis fits to East Atlantic bluefin tuna length compositions by fleet for the base run (run 16 reweight). The grey distributions show the observed aggregated length composition by fleet and the red line shows the model predicted length composition.



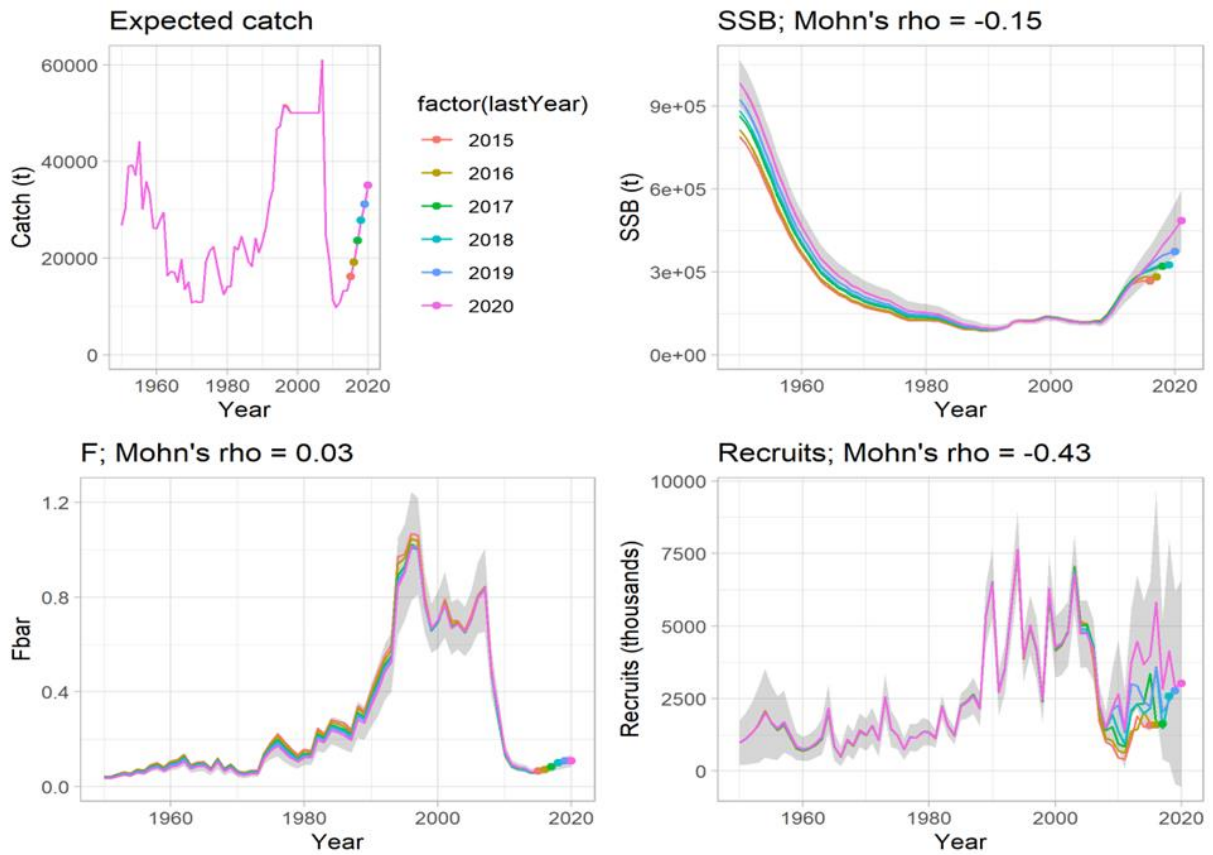
**Figure 15.** Diagnostic residual runs test on model fits to the indices of abundance for the base run (run 16 reweight).



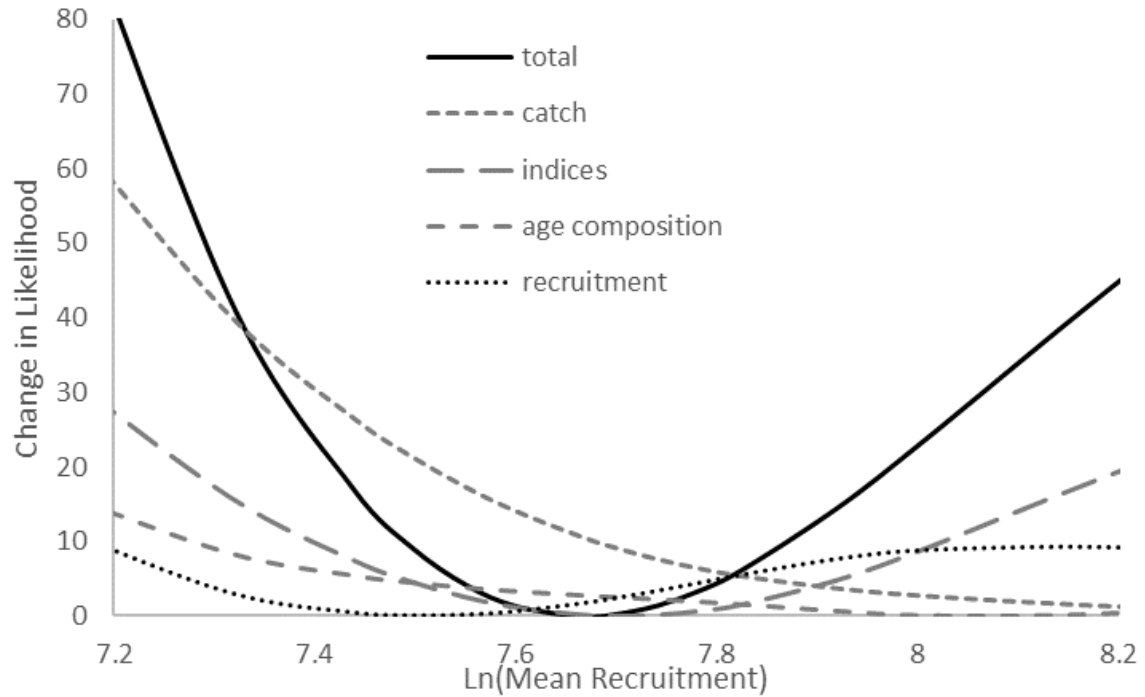
**Figure 16.** Diagnostic residual runs test on model fits to the fleet length compositions for the base run (run 16 reweight).



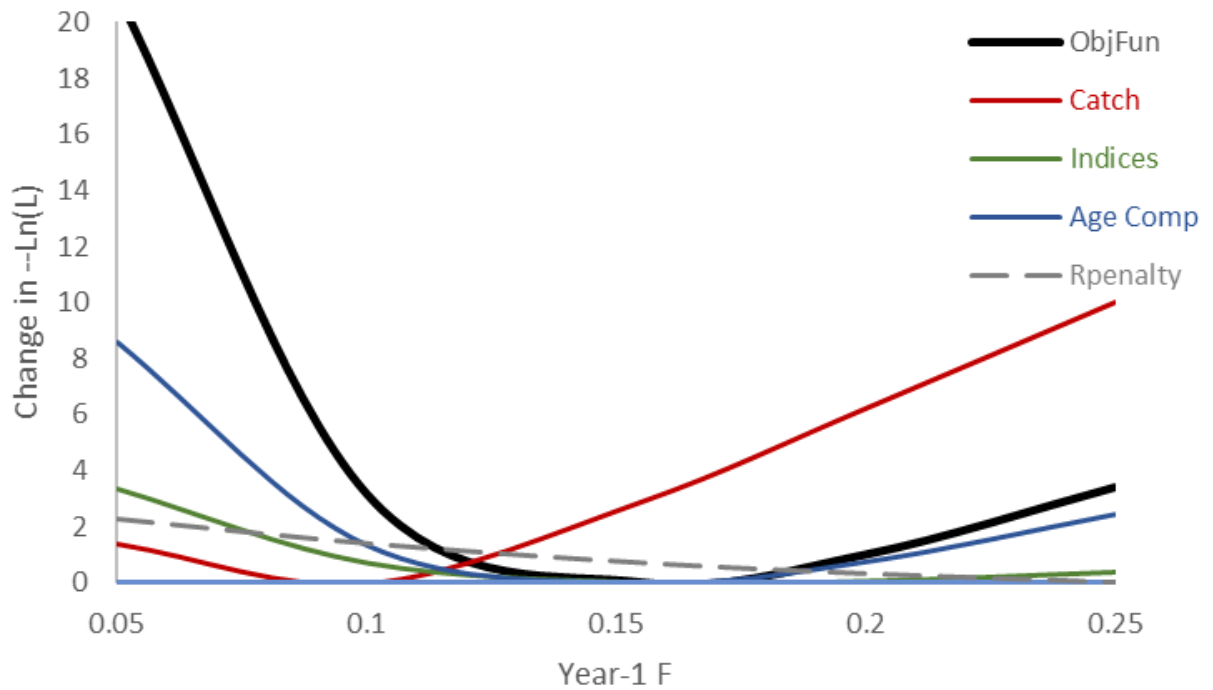
**Figure 17.** Stock Synthesis likelihood profile on unfished mean equilibrium recruitment for the base run (run 16 reweight).



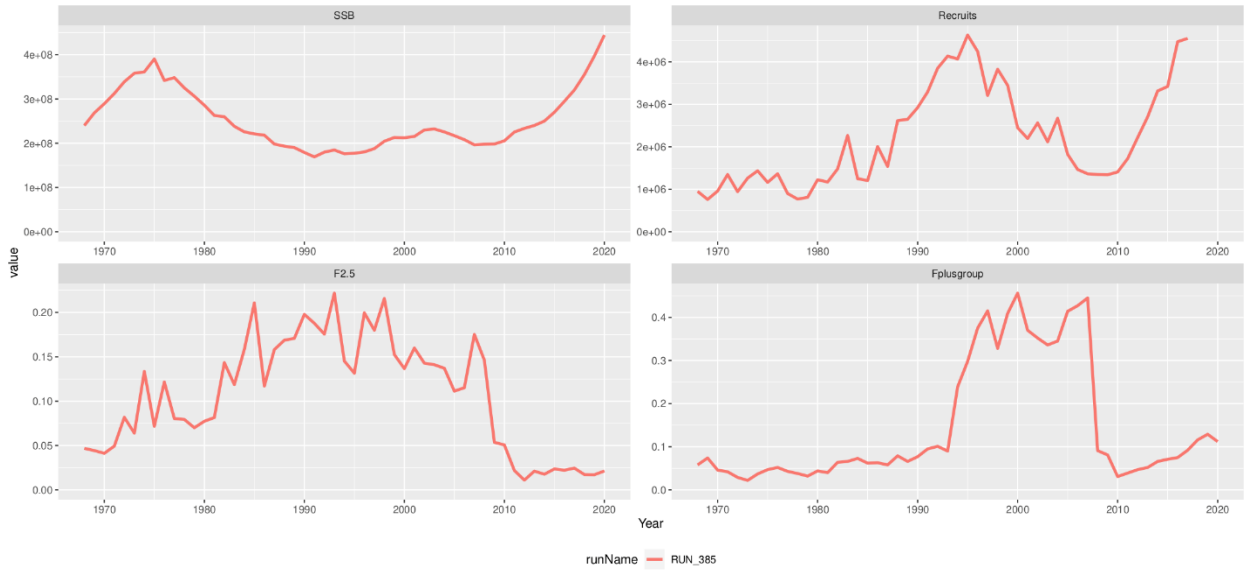
**Figure 18.** Stock Synthesis retrospective analysis with Mohn's rho values indicated on the top of the plots for the base run (run 16 reweight).



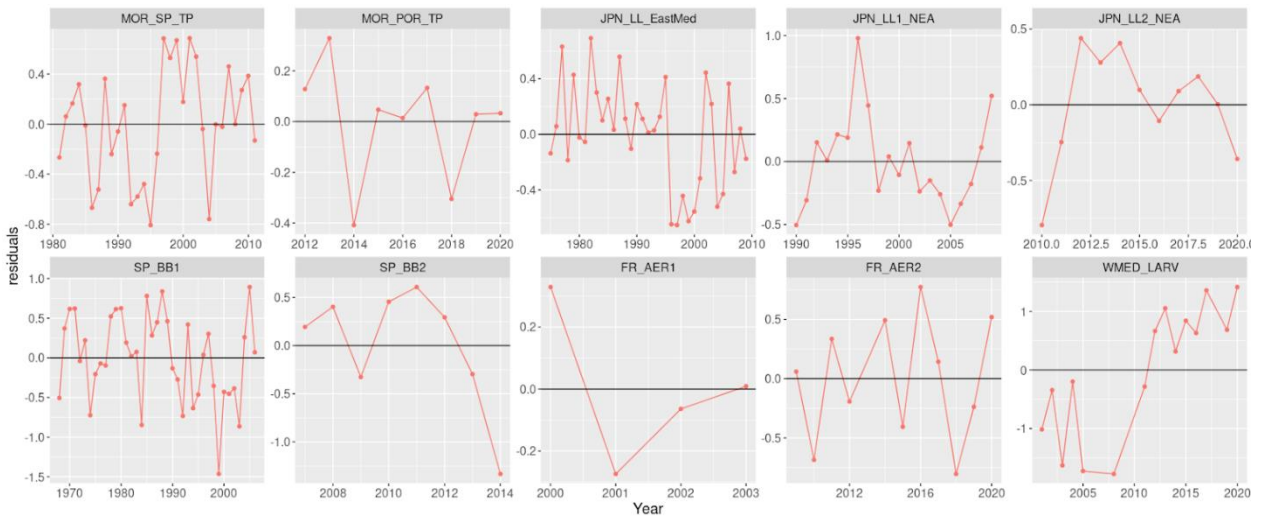
**Figure 19.** Likelihood profiles for the estimate of mean recruitment for the data components of the single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base run 2).



**Figure 20.** Likelihood profiles for the estimate of initial F and by assuming no deviations of the single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base run 2).

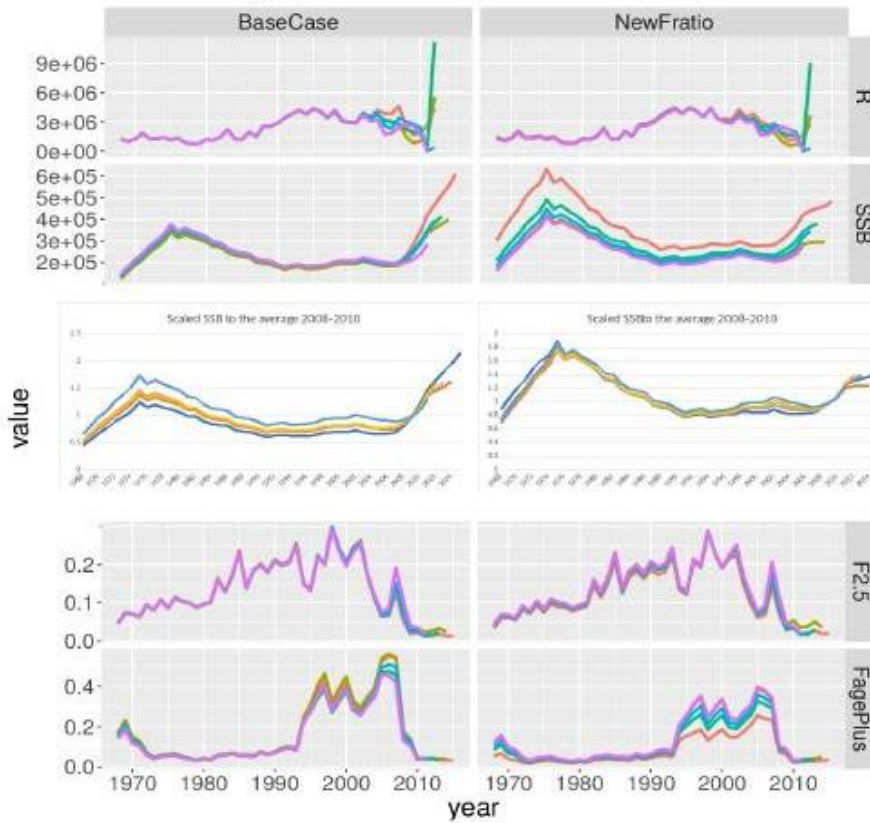


**Figure 21.** Spawning stock biomass (in thousand metric ton), recruitment (in million), and fishing mortality (average over ages 2 to 5, and 10+) estimates from VPA Run 385 (base case) for the period between 1968 and 2020. Recruitments from the last four years (2017-2020) are not shown because they are poorly estimated.

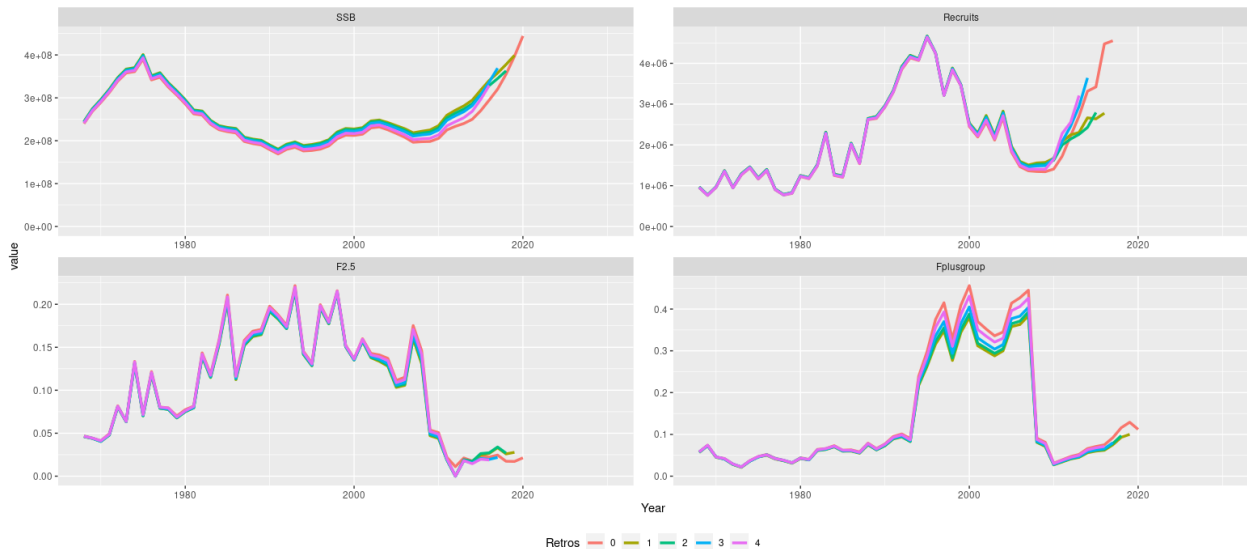


**Figure 22.** Residuals from the fits to the indices for VPA Run 385.

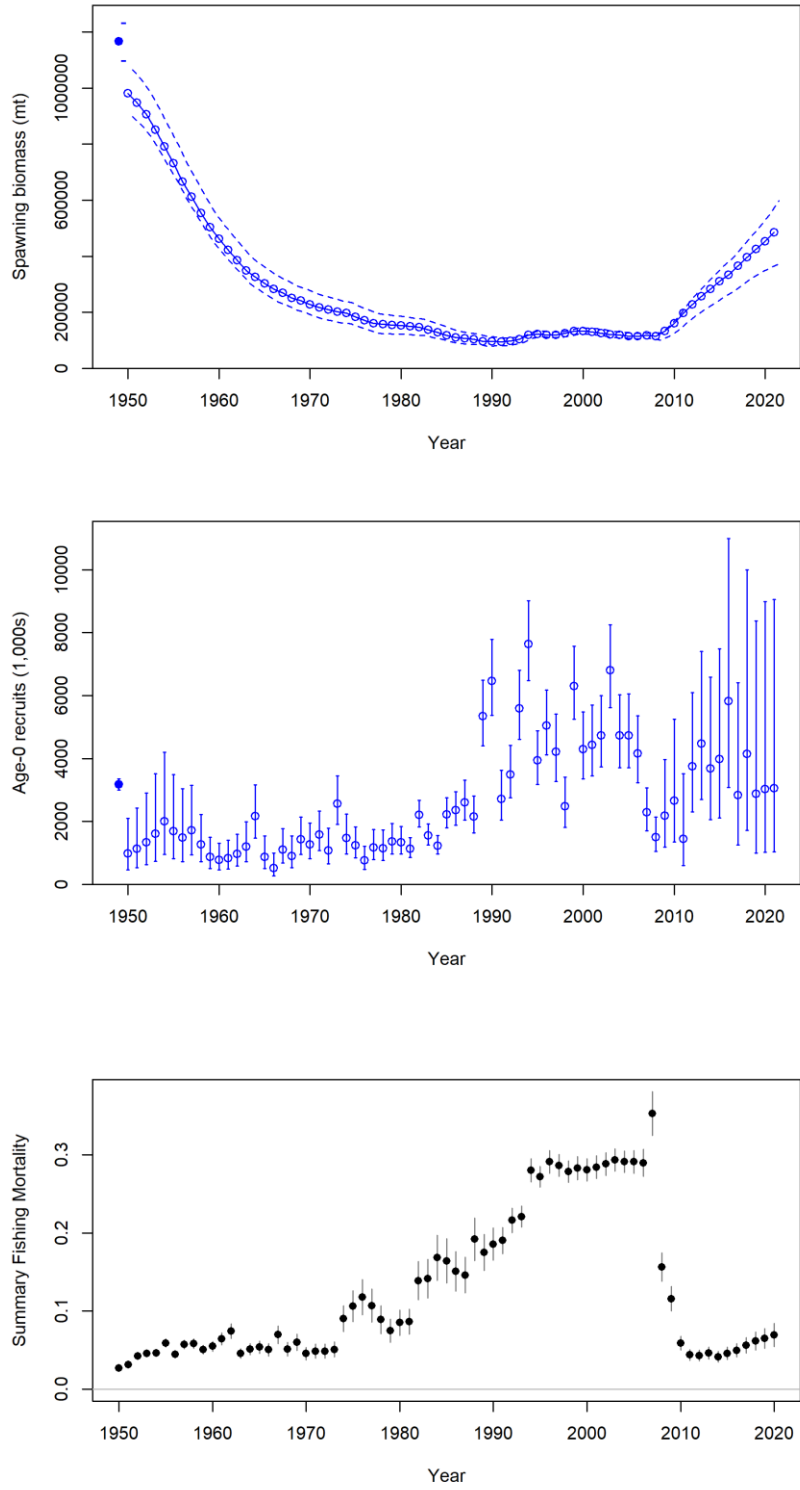




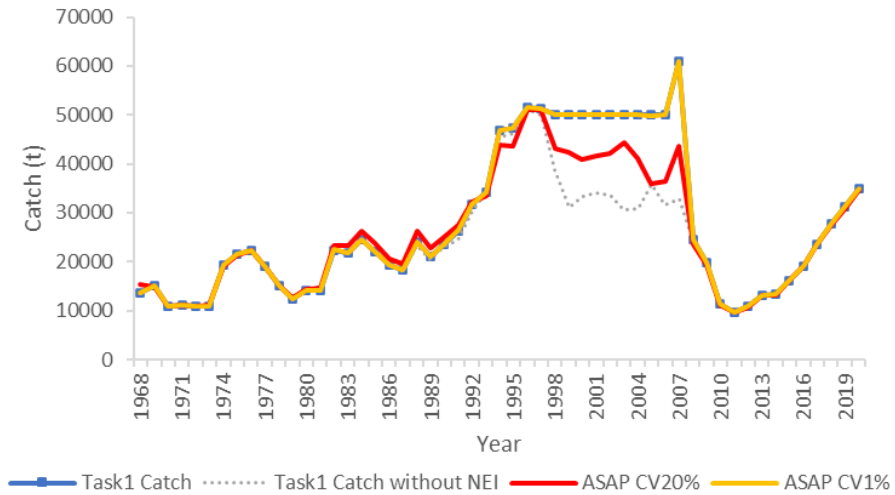
**Figure 23.** 2017 E-BFT VPA stock assessment: Retrospective estimates of recruitment (in millions), SSB, relative SSB and fishing mortality (average over ages 2 to 5, and 10+) from the revised VPA base run adopted during the Species Group meeting. Recruitments from the last four years (2012-2015) are not shown because they are poorly estimated.



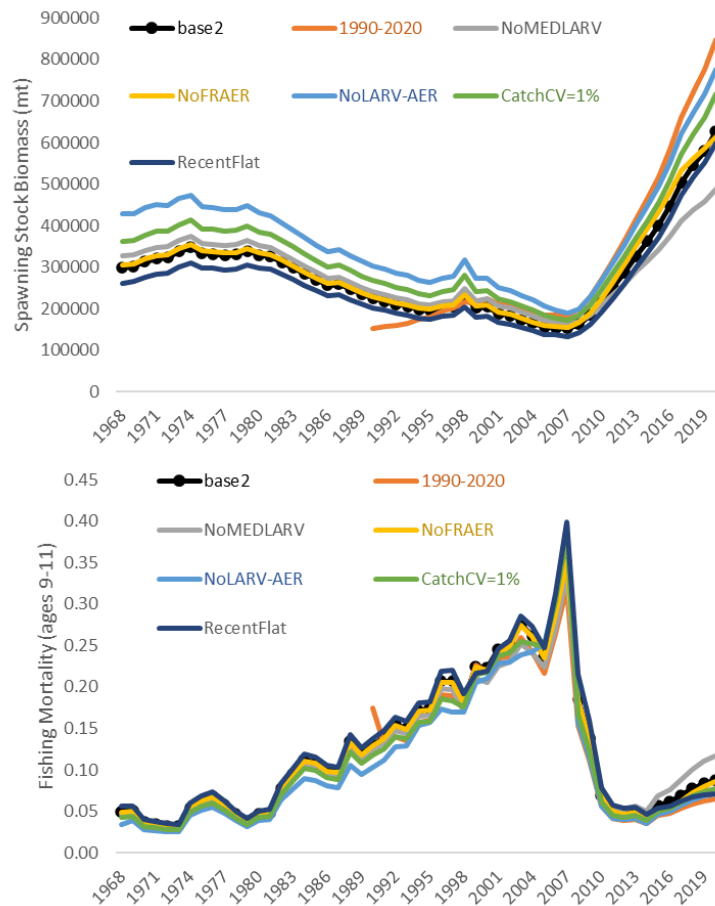
**Figure 24.** VPA Retrospective analysis: Trends for SSB, recruitment, fishing mortality at ages 2-5 and fishing mortality for the plus group (age 10 plus) for Run 385. The different colours represent the different peels of removing one year of data as part of a retrospective analysis.



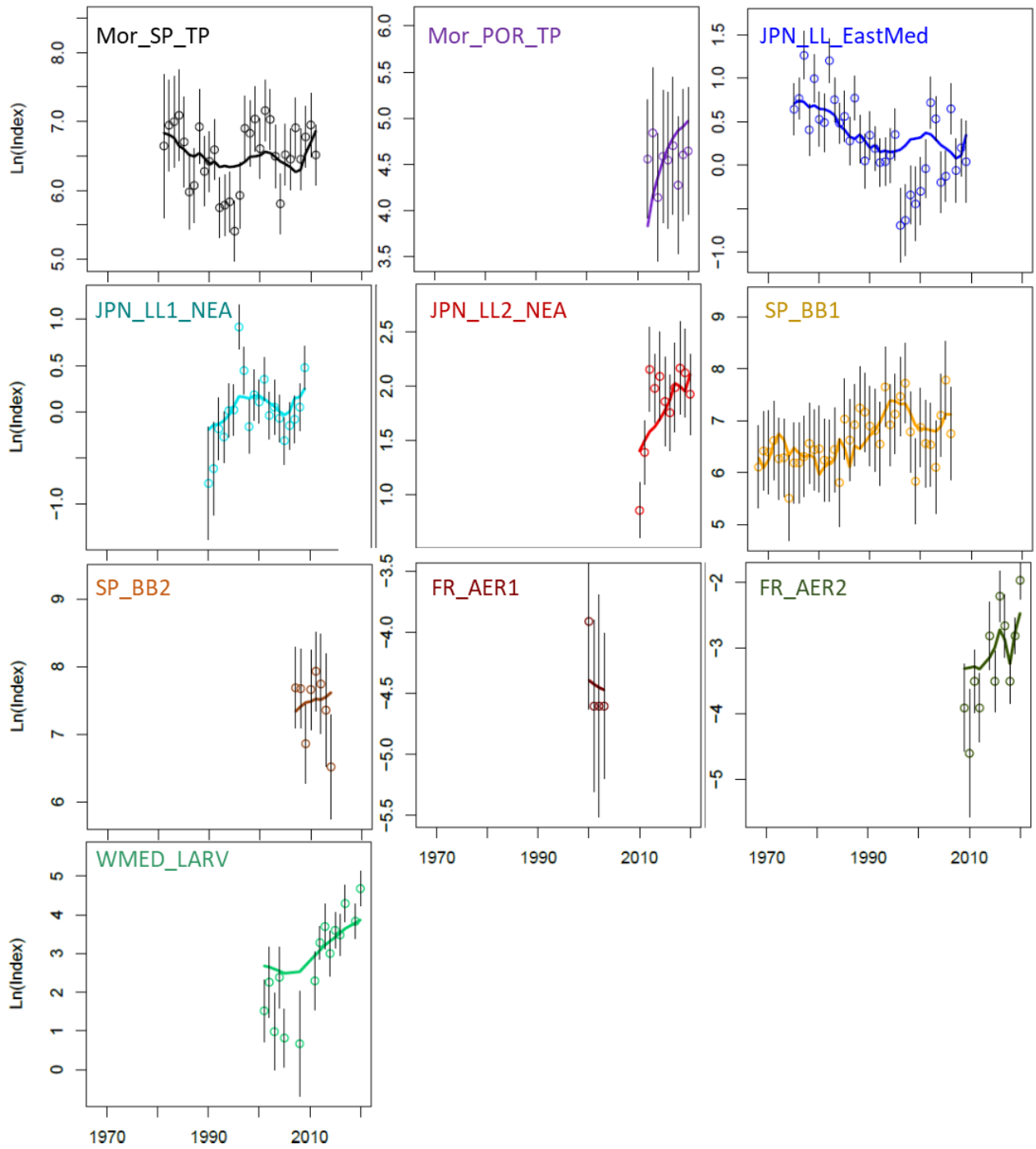
**Figure 25.** The time series of spawning stock biomass (SSB), fishing mortality (biomass exploitation rate was used as a proxy), and recruitment (age 0) for the Stock Synthesis Run 16 reweight.



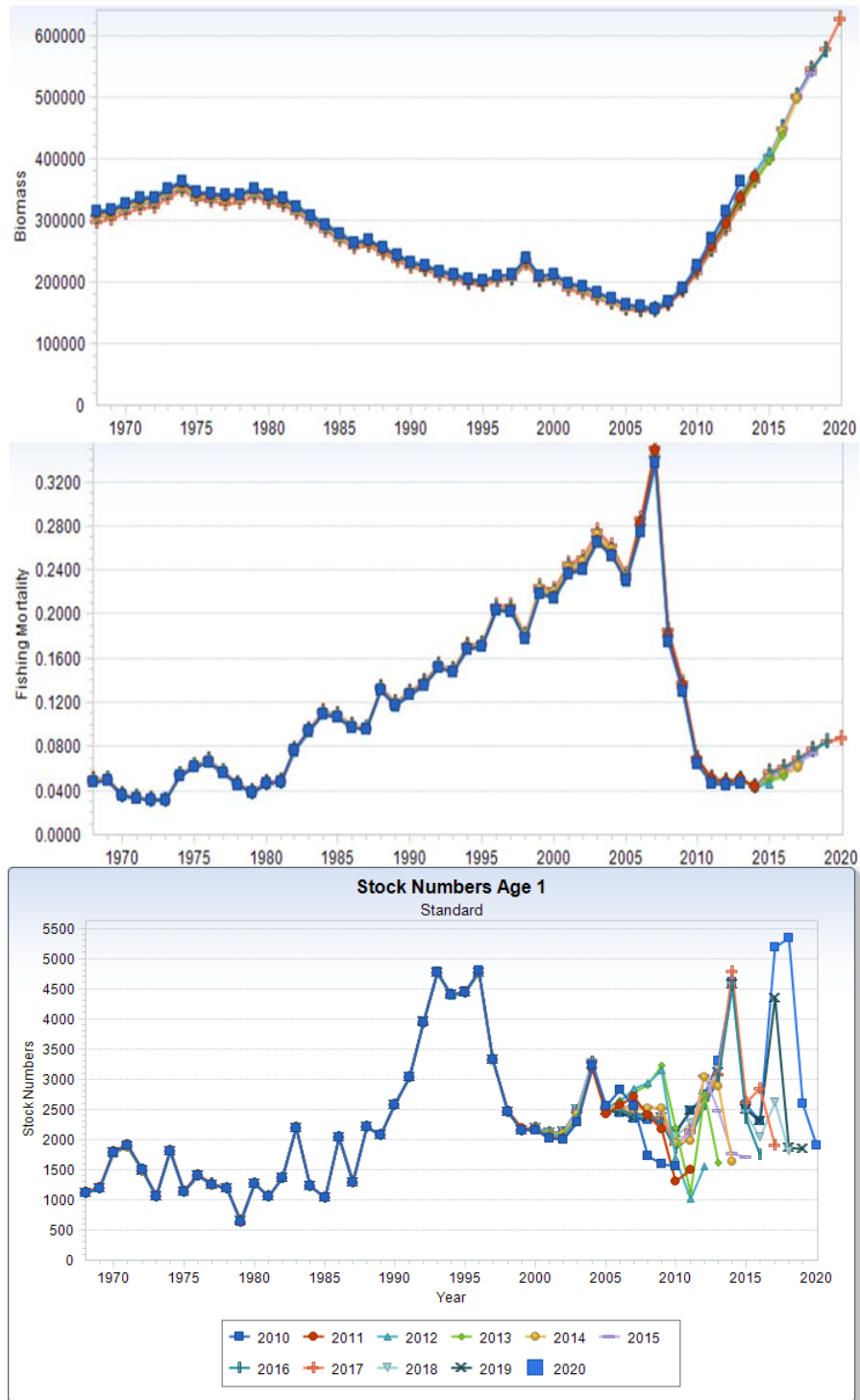
**Figure 26.** Predictions of catch with ASAP CV 20% (red line) and CV 1% assumptions (yellow line), and Task 1 catch with (blue line with squares)/without NEI flags (dotted line).



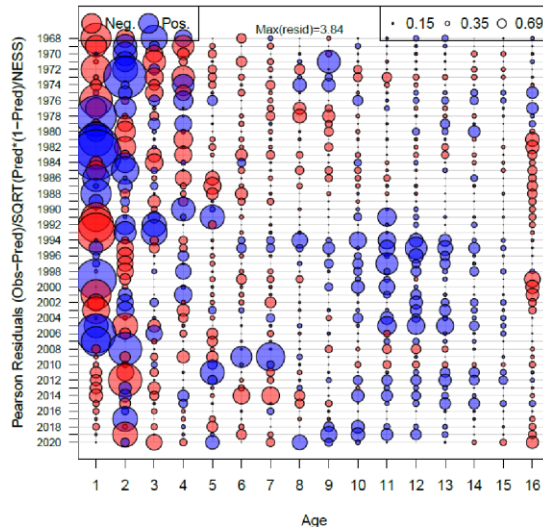
**Figure 27.** CV = 0.20 (base 2) and CV = 0.01 for all years for comparison with the other modelling approaches.



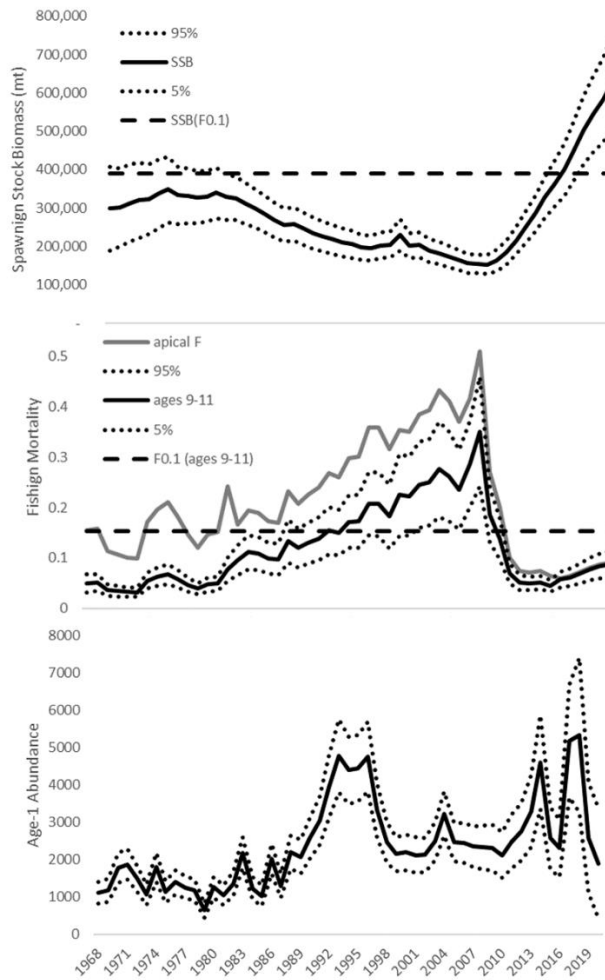
**Figure 28.** Stock index predictions (lines) and observed values (circles with confidence limits) from the single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base run 2).



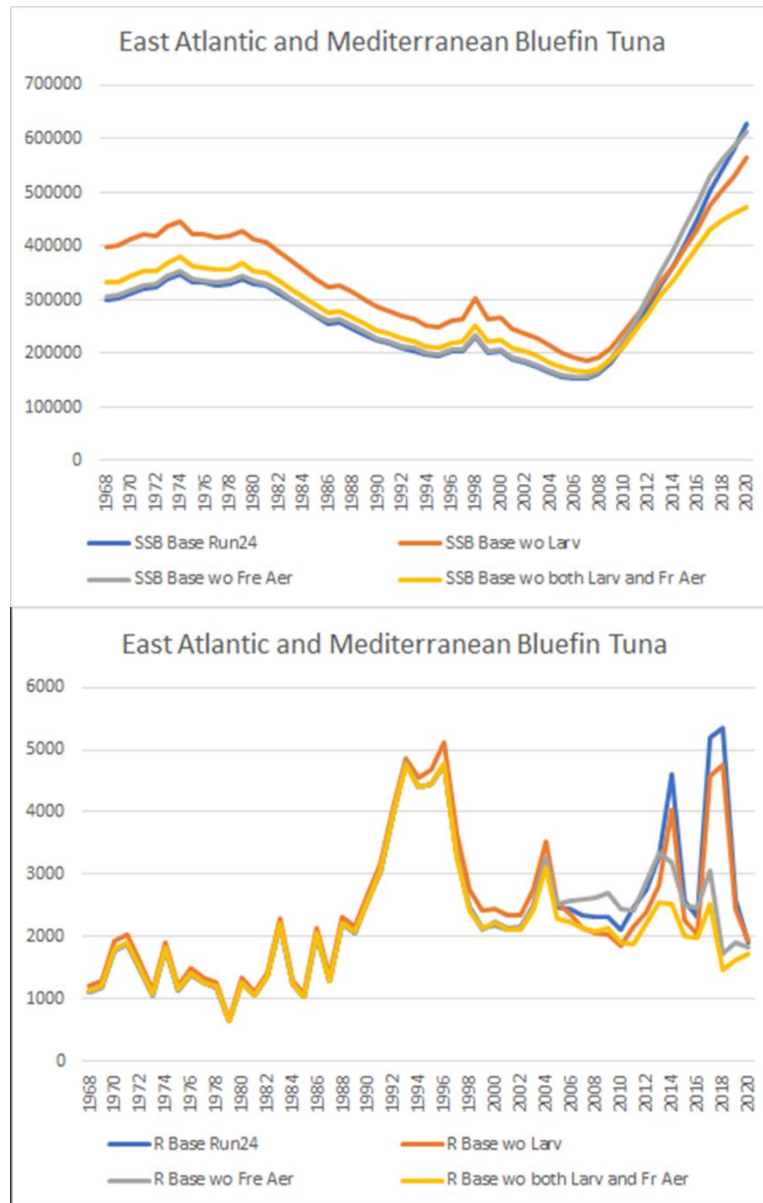
**Figure 29.** Retrospective estimates of SSB and age 9-11 fishing mortality from single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base run 2).



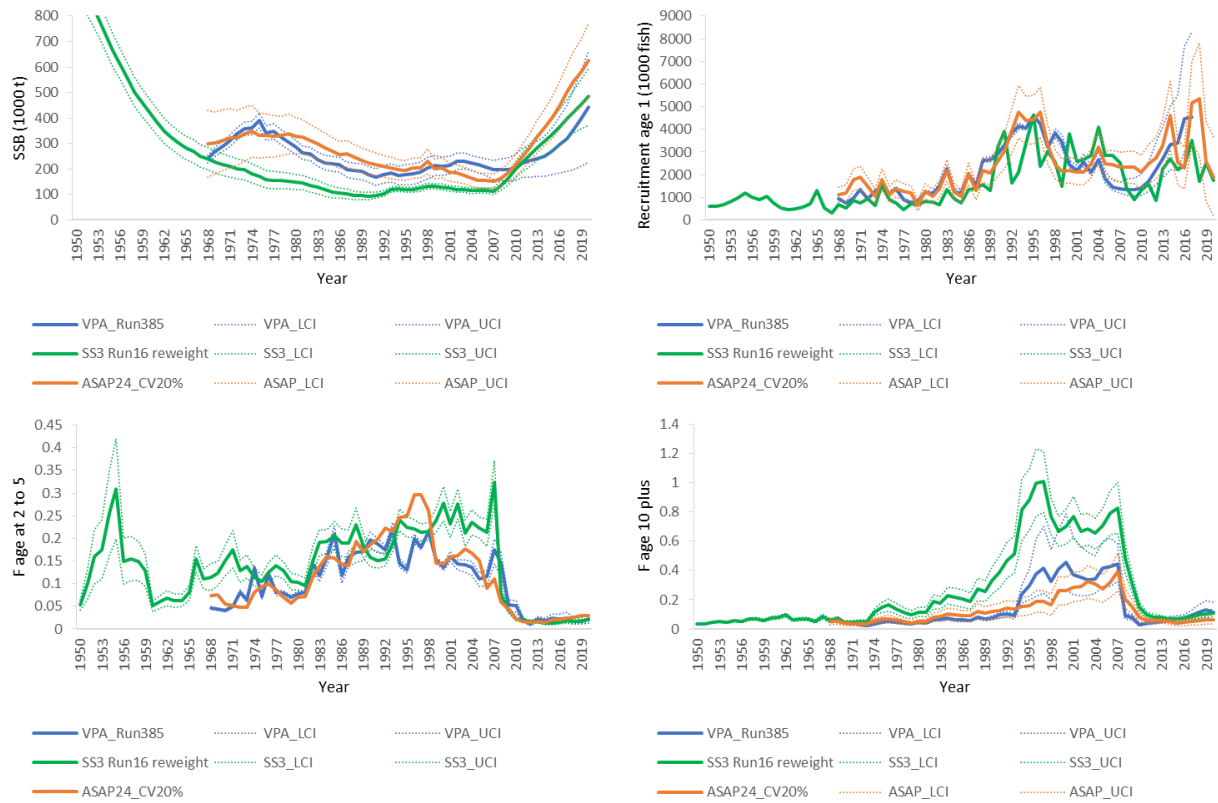
**Figure 30.** Pearson residuals of fishery age composition from single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base run 2).



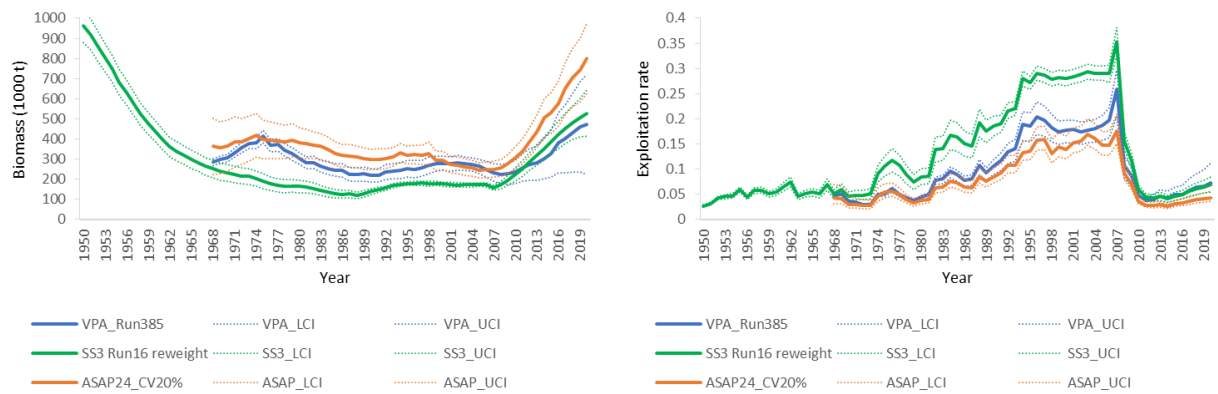
**Figure 31.** Estimates of SSB (top), fishing mortality (middle) and recruitment (bottom) with 90% confidence intervals and candidate reference points from the single-fleet ASAP application to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna (base 2 run).



**Figure 32.** The single-fleet ASAP sensitivity analyses in SSB and recruitment based on base run 2 without excluding W-Med Larval and French aerial surveys.

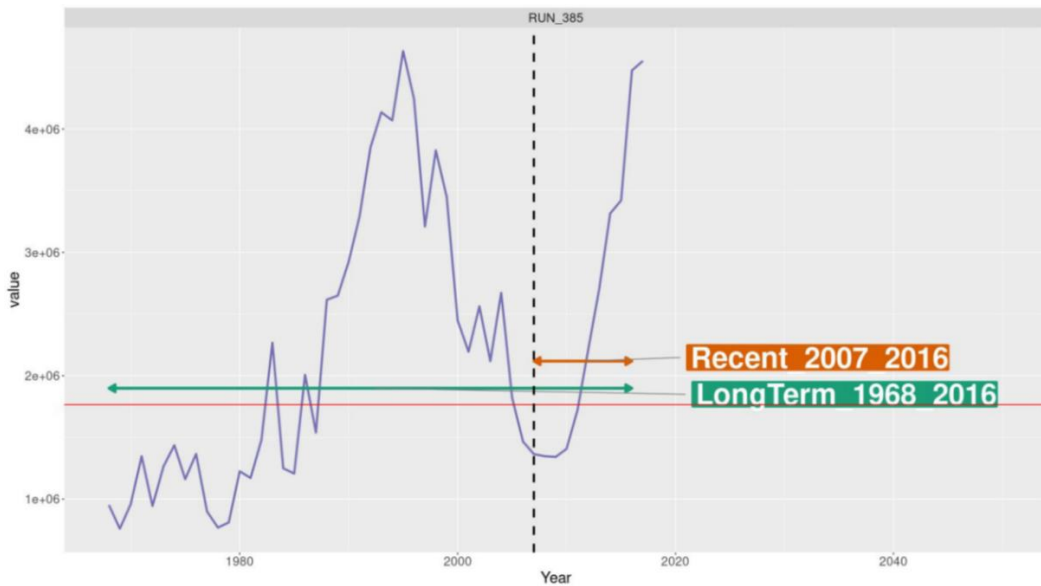


**Figure 33.** Comparisons of the trends in estimated spawning stock biomass (SSB), recruitment (age 1), F at age 2 to 5, and F at age 10 plus group between base cases by model platforms: VPA run 385 (blue lines), Stock Synthesis run 16 reweight (green lines), and ASAP run 24 with 20% CV (orange lines).

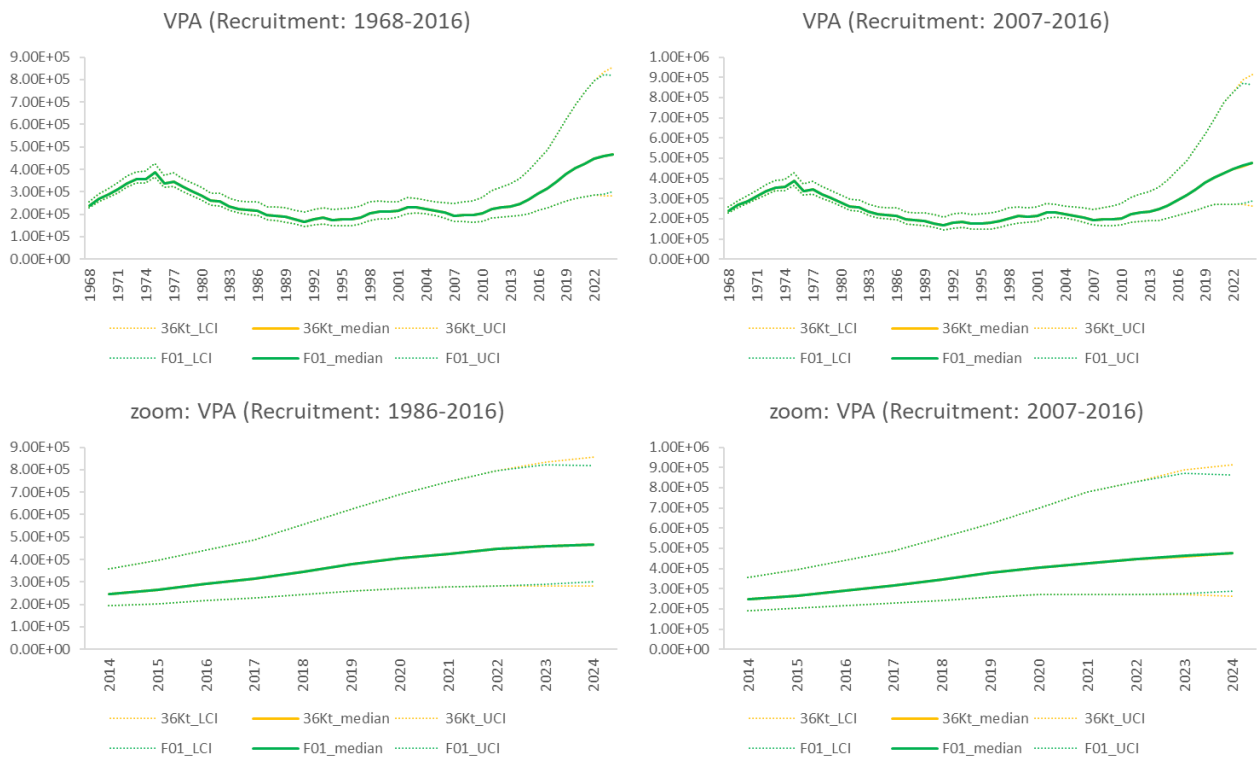


**Figure 34.** Comparisons of the trends in estimated total biomass and exploitation rate between base cases by model platforms: VPA run 385 (blue lines), Stock Synthesis run 16 reweight (green lines), and ASAP run 24 with 20% CV (orange lines)

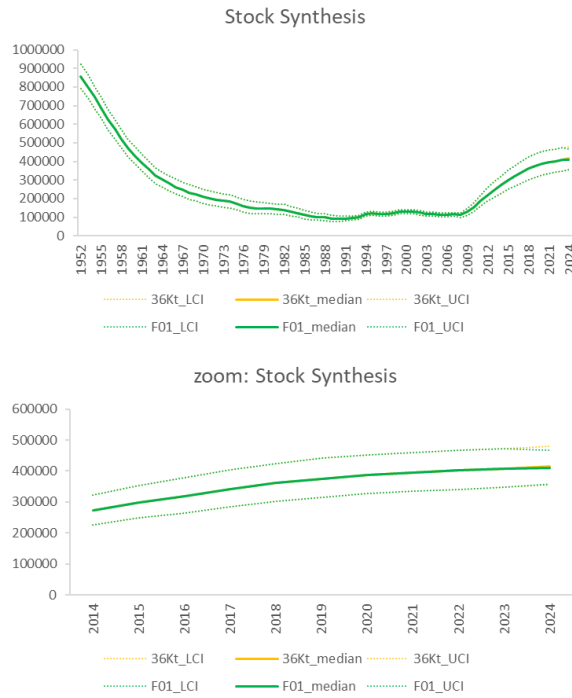




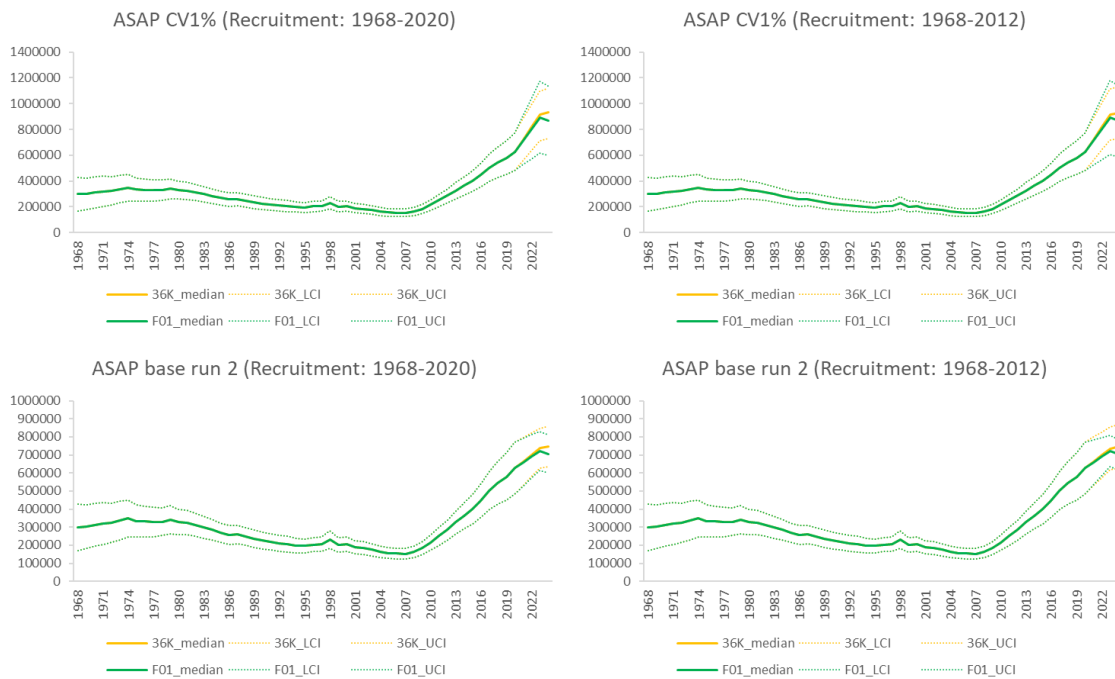
**Figure 35.** The assumptions of future recruitment: a long-term average (1968-2016) and a short-term average (2007-2016) for VPA projection based on Run 385.



**Figure 36.** Projected spawning stock biomass (SSB) with 95% confidence intervals in VPA Run 385 projection with 2 recruitment scenarios (left: the average between 1986 and 2016 and right: the average between 2007 and 2016). The top panels show the entire assessment period and the projection until 2024, and the bottom panels only show since 2014.



**Figure 37.** Projected spawning stock biomass (SSB) with 95% confidence intervals in Stock Synthesis Run 16 reweight projection. The top panel shows the entire assessment period and the projection until 2024, and the bottom panel shows since 2014.



**Figure 38.** Projected spawning stock biomass (SSB) with 95% confidence intervals in ASAP CV1% on the inflated catch projection (upper panels) and in ASAP CV20% (base run 2) on the inflated catch projection (lower panels) with 2 recruitment scenarios (left: the average between 1986 and 2020 and right: the average between 1968 and 2012).

**Agenda**

1. Opening, adoption of agenda, meeting arrangements and assignment of rapporteurs
2. Model diagnostics
  - 2.1 VPA
  - 2.2 Stock synthesis
  - 2.3 Other models
3. Assessment results
  - 3.1 VPA
    - 3.1.1 Model fits
    - 3.1.2 Stock status
  - 3.2 Stock synthesis
    - 3.2.1 Model fits
    - 3.2.2 Stock status
  - 3.3 Other models
    - 3.3.1 Model fits
    - 3.3.2 Stock status
  - 3.4 Synthesis of assessment results
4. Initial feedback from the independent review
5. Topics related to the Management Strategy Evaluation (Wednesday, 12-18:00 CEST)
6. Projections and management advice
7. Draft Executive Summary sections
8. Update on GBYP activities
9. Recommendations
10. Other matters
11. Adoption of the report and closure

List of participants<sup>1</sup>**CONTRACTING PARTIES****ALGERIA****Belacel, Amar**<sup>1</sup>

Directeur du Développement de la Pêche, Ministère de la pêche et des productions halieutiques, Route des quatre canons, 16000  
Tel: +213 214 33197; +213 796 832 690, E-Mail: amar.belacel67@gmail.com; amar.belacel@mpeche.gov.dz

**Bouaouina, Chahrazed**

Rue des quatre canons, 16000

Tel: +213 553 734 193, Fax: +213 214 133 37, E-Mail: chahrapeche1@gmail.com

**Chagour, Meriem**

Ministère de la Pêche & des Ressources Halieutiques, 4, route des Quatre Canons 16100 Alger, 16100

Tel: +213 793 319 922, E-Mail: mery.chagour.92@gmail.com

**CHAHI, Ouahiba née ALI TOUDERT**

Sous-Directrice de la Grande Pêche et de la pêche spécialisée, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, Route des Quatre Canons, 1600

Tel: +213 21 43 33 37; +213 7 72 34 44 21, Fax: +213 21 43 31 97, E-Mail: ouahibachahi@gmail.com; ouahiba.chahi@mpeche.gov.dz

**Ferhani, Khadra**

Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), 11 Boulevard Colonel Amirouche, BP 67, 42415 Tipaza Bou Ismail

Tel: +213 550 735 537, Fax: +213 24 32 64 10, E-Mail: ferhani\_khadra@yahoo.fr; ferhanikhadra@gmail.com

**Hentour, Abderrahmane**

Sous Directeur du contrôle des activités de la pêche et d'aquaculture, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, Route des quatre canons, 16000

Tel: +213 559 139 817, Fax: +213 214 33161, E-Mail: abdou.hentour@gmail.com

**Kouadri-Krim, Assia**

Sous-Directrice infrastructures, industries et services liés à la pêche, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, Direction du développement de la pêche, Route des Quatre Canons, 1600

Tel: +213 558 642 692, Fax: +213 214 33197, E-Mail: assiakrim63@gmail.com; assia.kouadri@mpeche.gov.dz

**Mennad, Moussa**

Ministère de la Pêches et des Ressources Halieutiques, CNRDPA, 11 Bd Colonel Amirouche, 42415 Tipaza

Tel: +213 560 285 239, Fax: +213 243 26410, E-Mail: mennad.moussa@gmail.com

**Ouchelli, Amar**

Rue des quatre canons, 16000

Tel: +213 550 306 938, Fax: +213 433 337, E-Mail: amarouchelli.dz@gmail.com

**CANADA****Atkinson, Troy**

Nova Scotia Swordfisherman's Association, 155 Chain Lake Drive, Suite #9, Halifax, NS B3S 1B3

Tel: +1 902 499 7390, E-Mail: hiliner@ns.sympatico.ca

**Duprey, Nicholas**

Senior Science Advisor, Fisheries and Oceans Canada, 200-401 Burrard Street, Vancouver, BC V6C 3R2

Tel: +1 604 499 0469, E-Mail: nicholas.duprey@dfo-mpo.gc.ca

**Elsworth, Samuel G.**

South West Nova Tuna Association, 228 Empire Street, Bridgewater, NS B4V 2M5

Tel: +1 902 543 6457, E-Mail: sam.fish@ns.sympatico.ca

**Hanke, Alexander**

Research Scientist, Fisheries and Oceans Canada, 531 Brandy Cove Road, St. Andrews, NB E5B 2L9

Tel: +1 506 529 5912, E-Mail: alex.hanke@dfo-mpo.gc.ca

---

<sup>1</sup> Head Delegate

**Kay, Lise**

Policy Advisor, Fisheries and Oceans Canada, 200 Kent Street, Ottawa, ON K1A 0E6  
Tel: +1 343 542 1301, E-Mail: Lise.Kay@dfo-mpo.gc.ca

**Maguire, Jean-Jacques**

1450 Godefroy, Québec G1T 2E4  
Tel: +1 418 527 7293, E-Mail: jeanjacquesmaguire@gmail.com

**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; 276828719@qq.com; f52e@qq.com

**Zhang, Fan**

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai  
Tel: +86 131 220 70231, E-Mail: f-zhang@shou.edu.cn

**EUROPEAN UNION****Biagi, Franco**

Senior Expert Marine & Fishery Sciences, Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries (DG-Mare) - European Commission, Unit C3: Scientific Advice and data collection, Rue Joseph II, 99, 1049 Brussels, Belgium  
Tel: +322 299 4104, E-Mail: franco.biagi@ec.europa.eu

**Costica, Florina**

DG MARE, Rue Joseph II, 99, 1040 Brussels, Belgium  
Tel: +32 493 540 902, E-Mail: florina.costica@ec.europa.eu

**Varsamos, Stamatios**

European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries Unit B2: Regional Fisheries Management Organisations, Rue de la Loi, 200 - J99, 03/69, B-1049 Brussels, Belgium  
Tel: +32 229 89465, E-Mail: stamatios.varsamos@ec.europa.eu

**Andonegi Odriozola, Eider**

AZTI, Txatxarramendi ugarteia z/g, 48395 Sukarrieta, Bizkaia, Spain  
Tel: +34 661 630 221, E-Mail: eandonegi@azti.es

**Bridges, Christopher Robert**

Heinrich Heine University, Düsseldorf AG Ecophysiology, Institute for Metabolic Physiology: Ecophysiology / TUNATECH GmbH Merowinger, C/O Tunatech Merowinger Pltz 2, 40225 Duesseldorf Nrw, Germany  
Tel: +4901739531905, E-Mail: bridges@hhu.de; christopher.bridges@uni-duesseldorf.de

**Di Natale, Antonio**

Director, Aquastudio Research Institute, Via Trapani 6, 98121 Messina, Italy  
Tel: +39 336 333 366, E-Mail: adinatale@costaedutainment.it; adinatale@acquariodigenova.it

**Gordoa, Ana**

Senior scientist, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB - CSIC), Acc. Cala St. Francesc, 14, 17300 Blanes, Girona, Spain  
Tel: +34 972 336101; +34 666 094 459, E-Mail: gordoa@ceab.csic.es

**Grubisic, Leon**

Institute of Oceanography and Fisheries in Split, Setaliste Ivana Mestrovica 63 - P.O.Box 500, 21000 Split, Croatia  
Tel: +385 914 070 955, Fax: +385 21 358 650, E-Mail: leon@izor.hr

**Lino, Pedro Gil**

Research Assistant, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - I.P./IPMA, Avenida 5 Outubro s/n, 8700-305 Olhão, Faro, Portugal  
Tel: +351 289 700508, E-Mail: plino@ipma.pt

**Macías López, Ángel David**

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Málaga, Puerto pesquero s/n, 29640 Fuengirola Málaga, Spain  
Tel: +34 952 197 124; +34 619 022 586, Fax: +34 952 463 808, E-Mail: david.macias@ieo.csic.es

**Maxwell, Hugo**

Marine Institute, Funnance, Newport, County Mayo, F28EV18, Ireland  
Tel: +353 894 836 530; 877 621 337, E-Mail: hugo.maxwell@marine.ie

**Pappalardo, Luigi**

Scientific Coordinator, OCEANIS SRL, Vie Maritime 59, 84043 Salerno Agropoli, Italy  
Tel: +39 081 777 5116; +39 345 689 2473, E-Mail: gistec86@hotmail.com; oceanissrl@gmail.com

**Parejo Lázaro-Carrasco, Aída**

Ministerio de Ciencia e Innovación, Centro Nacional Instituto Español de Oceanografía (CNIEO) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Promontorio San Martín s/n, Av. de Severiano Ballesteros, s/n, 39004 Cantabria, Santander, Spain  
Tel: +34 942 29 17 16, E-Mail: aida.parejo@ieo.csic.es

**Pignalosa, Paolo**

Senior Fisheries Expert, Oceanis Srl, Via Marittima, 59, 80056 Ercolano - Naples, Italy  
Tel: +39 81 777 5116; +39 335 669 9324, E-Mail: oceanissrl@gmail.com

**Rodríguez-Marín, Enrique**

Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO). Instituto Español de Oceanografía (IEO). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), C.O. de Santander, C/ Severiano Ballesteros 16, 39004 Santander, Cantabria, Spain  
Tel: +34 942 291 716, Fax: +34 942 27 50 72, E-Mail: enrique.rmarin@ieo.csic.es

**Rouyer, Tristan**

Ifremer - Dept Recherche Halieutique, B.P. 171 - Bd. Jean Monnet, 34200 Sète, Languedoc Rousillon, France  
Tel: +33 782 995 237, E-Mail: tristan.rouyer@ifremer.fr

**Rueda Ramírez, Lucía**

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía Málaga, Puerto pesquero s/n, 29640 Fuengirola Málaga, Spain  
Tel: +34 952 197 124, E-Mail: lucia.rueda@ieo.csic.es

**Sampedro Pastor, M<sup>a</sup> Paz**

Instituto Español de Oceanografía, Paseo Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, 10, 15177 A Coruña, Spain  
Tel: +34 633 678 748, E-Mail: paz.sampedro@ieo.csic.es

**Sarricolea Balufo, Lucía**

Secretaría General de Pesca, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Calle Velázquez, número 144, 28006 Madrid, Spain  
Tel: +34 913 476 170; +34 618 330 518, E-Mail: lsarricolea@mapa.es

**Scarcella, Giuseppe**

L.go Fiera della pesca SNC, 60125 Ancona, Italy  
Tel: +39 338 704 3071, E-Mail: giuseppe.scarcella@cnr.it

**Sundelöf, Andreas**

Swedish University of Agricultural Sciences, Institute of Marine Research, Turistgatan, 5, SE-453 30 Lysekil, Sweden  
Tel: +46 703 068 775, Fax: +46 5231 3977, E-Mail: andreas.sundelof@slu.se

**Talijancic, Igor**

Institute of Oceanography and Fisheries Split, 21000 Dalmatia, Croatia  
Tel: +385 214 08047, E-Mail: talijan@izor.hr

**Thasitis, Ioannis**

Department of Fisheries and Marine Research, 101 Vithleem Street, 2033 Nicosia, Cyprus  
Tel: +35722807840, Fax: +35722 775 955, E-Mail: ithasitis@dfmr.moa.gov.cy; ithasitis@dfmr.moa.gov.cy

**THE GAMBIA****Gibba, Omar S.M.<sup>1</sup>**

Permanent Secretary, Ministry of Fisheries, Water Resources and National Assembly Matters  
Tel: +220 705 0000, E-Mail: gibbaosm97@gmail.com

**JAPAN****Butterworth, Douglas S.**

Emeritus Professor, Department of Mathematics and Applied Mathematics, University of Cape Town, Rondebosch, 7701 Cape Town, South Africa  
Tel: +27 21 650 2343, E-Mail: doug.butterworth@uct.ac.za

**Fukuda, Hiromu**

Head of Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, 234-8648  
Tel: +81 45 788 7936, E-Mail: fukudahiromu@affrc.go.jp

**Nakatsuka, Shuya**

Deputy Director, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa Kanagawa, 236-8648  
Tel: +81 45 788 7950, E-Mail: nakatsuka\_shuya49@fra.go.jp; snakatsuka@affrc.go.jp

**Rademeyer, Rebecca**

Marine Resource Assessment and Management Group, Department of Mathematics and Applied Mathematic - University of Cape Town, Private Bag, 7700 Rondebosch, South Africa  
Tel: +651 300 442, E-Mail: rebecca.rademeyer@gmail.com

**Tsukahara, Yohei**

Scientist, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanagawa, Yokohama, Shizuoka Shimizu-ku 236-8648  
Tel: +81 45 788 7937, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: tsukahara\_yohei35@fra.go.jp; tsukahara\_y@affrc.go.jp

**Uozumi, Yuji**

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

**KOREA (REP.)****Kwon, Youjung**

Distant Water Fisheries Resources Division, National Institute of Fisheries Science, 216 Gijang-Haeanro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan  
Tel: +82 51 720 2325, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: kwonuj@korea.kr

**Lee, Mi Kyung**

Scientist, National Institute of Fisheries Science, 216 Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan  
Tel: +82 51 720 2332, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: ccmklee@korea.kr; cc.mklee@gmail.com

**Lim, Junghyun**

Scientist, National Institute of Fisheries Science (NIFS), 216, Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan  
Tel: +82 51 720 2331, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: jhlim1@korea.kr

**LIBYA****F. Gafri, Hasan<sup>1</sup>**

Director - Libyan Commissioner to ICCAT, Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Department of Marine Wealth, Aldahra Street, P.O. Box 80876, Tajura Tripoli  
Tel: +218 916 274 377, E-Mail: gafrihasan@gmail.com; abdu salam.zbida@gmail.com

**El Rabeie, Mohamed Noor Hilal M.**

General Authority for Marine Wealth, Aldahra Street, Tripoli  
Tel: +218 913 462 440, E-Mail: Elrabeie.mohamed@gmail.com

**MOROCCO****Abid, Noureddine**

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: nabad@inrh.ma; noureddine.abid65@gmail.com

**Bensbai, Jilali**

Chercheur, Institut National de Recherche Halieutique à Casablanca - INRH/Laboratoires Centraux, Ain Diab près du Club équestre OULAD JMEL, Rue Sidi Abderrhman / Ain Diab, 20100 Casablanca  
Tel: +212 661 59 8386, Fax: +212 522 397 388, E-Mail: bensbaijilali@gmail.com

**Haoujar, Bouchra**

Cadre à la Division de Durabilité et d'Aménagement des Ressources Halieutiques, Département de la Pêche Maritime, Nouveau Quartier Administratif, BP 476, 10150 Haut Agdal, Rabat  
Tel: +212 253 768 8121, Fax: +212 537 688 089, E-Mail: haoujar@mpm.gov.ma

**Hassouni, Fatima Zohra**

Chef de la Division de Durabilité et d'Aménagement des Ressources Halieutiques, Département de la Pêche maritime, Nouveau Quartier Administratif, Haut Agdal, B.P.: 476 Rabat  
Tel: +212 537 688 122/21, Fax: +212 537 688 089, E-Mail: hassouni@mpm.gov.ma

**TUNISIA**

**Zarrad, Rafik**

Chercheur, Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), BP 138 Ezzahra, Mahdia 5199  
Tel: +216 73 688 604; +216 972 92111, Fax: +216 73 688 602, E-Mail: rafik.zarrad@gmail.com

**UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND**

**Fischer, Simon**

Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Pakefield Road, Lowestoft, Suffolk NR33 0HT  
E-Mail: simon.fischer@cefasc.co.uk

**UNITED STATES**

**Brown, Craig A.**

Chief, Highly Migratory Species Branch, Sustainable Fisheries Division, Southeast Fisheries Science Center, NOAA, National Marine Fisheries Service, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +1 305 586 6589, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

**Cadrin, Steven Xavier**

Associate Professor, SMAST - University of Massachusetts, School for Marine Science & Technology, Department of Fisheries Oceanography, 836 South Rodney French Blvd, Fairhaven, MA 02744  
Tel: +1 508 910 6358, Fax: +1 508 910 6374, E-Mail: scadrin@umassd.edu

**Carrano, Cole**

836 S Rodney French Blvd, New Bedford MA 02744  
Tel: +1 8049725157, E-Mail: ccarrano@umassd.edu; cole.carrano@rsmas.miami.edu

**Fisch, Nicholas**

National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center, 101 Pivers Island Road, Beaufort, North Carolina 28516  
Tel: +1 727 798 8424, E-Mail: nicholas.fisch@noaa.gov; nickcfisch@gmail.com

**Lauretta, Matthew**

Fisheries Biologist, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +1 305 361 4481, E-Mail: matthew.lauretta@noaa.gov

**Peterson, Cassidy**

NOAA Fisheries, 101 Pivers Island Rd, Miami, FL 28516  
Tel: +1 910 708 2686, E-Mail: cassidy.peterson@noaa.gov

**Schalit, David**

President, American Bluefin Tuna Association, P.O. Box 854, Norwell, Massachusetts 02061  
Tel: +1 917 573 7922, E-Mail: dschalit@gmail.com

**Sissenwine, Michael P.**

Marine Policy Center, Woods Hole Oceanographic Institution, 39 Mill Pond Way, East Falmouth Massachusetts 02536  
Tel: +1 508 566 3144, E-Mail: m.sissenwine@gmail.com

**Walter, John**

Research Fishery Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +305 365 4114; +1 804 815 0881, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: john.f.walter@noaa.gov

**Weiner, Christopher**

PO Box 1146, Wells, Maine 04090  
Tel: +1 978 886 0204, E-Mail: chrisweiner14@gmail.com

**OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS**

**ASSOCIAÇÃO DE CIÊNCIAS MARINHAS E COOPERAÇÃO - SCIAENA**

**Blanc, Nicolas**

Incubadora de Empresas da Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Pavilhão B1, 8005-226 Faro, Portugal  
Tel: +351 917 018 720, E-Mail: nblanc@sciaena.org



**FEDERATION OF EUROPEAN AQUACULTURE PRODUCERS - FEAP****Kiziltan, Sinan**

Aegean Exporter's Associations, MİLAS BODRUM KARAYOLU 18.KM KEMİKLER KÖYÜ MİLAS, 48670 Mugla, Milas, Türkiye

Tel: +90 532 779 7068, E-Mail: sinan@kilicdeniz.com.tr; eib@eib.org.tr

**Sindilariu, Paul Daniel**

NEXT TUNA, Londoner Str. 3, 60327 Frankfurt, Germany

Tel: +41 762 038 073, E-Mail: paul@nexttuna.com

**FEDERATION OF MALTESE AQUACULTURE PRODUCERS - FMAP****Deguara, Simeon**

AquaBioTech Ltd, Central Complex, Naggar Ste., Mosta, MST 1761, Malta

Tel: +356 994 23123, E-Mail: dsd@aquabt.com

**THE OCEAN FOUNDATION****Miller, Shana**

The Ocean Foundation, 1320 19th St., NW, 5th Floor, Washington, DC 20036, United States

Tel: +1 631 671 1530, E-Mail: smiller@oceanfdn.org

**WORLDWIDE FUND FOR NATURE - WWF****Buzzi, Alessandro**

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

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

**SCRS CHAIRMAN****Melvin, Gary**

SCRS Chairman, St. Andrews Biological Station - Fisheries and Oceans Canada, Department of Fisheries and Oceans, 285 Water Street, St. Andrews, New Brunswick E5B 1B8, Canada

Tel: +1 506 652 95783; +1 506 651 6020, E-Mail: gary.d.melvin@gmail.com; gary.melvin@dfo-mpo.gc.ca

**SCRS VICE-CHAIRMAN****Arrizabalaga, Haritz**

Principal Investigator, SCRS Vice-Chairman, AZTI Marine Research Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Herrera Kaia Portualde z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, Spain

Tel: +34 94 657 40 00; +34 667 174 477, Fax: +34 94 300 48 01, E-Mail: harri@azti.es

**EXTERNAL EXPERT****Ianelli, James**

3044 NE 98th St, Seattle WA 98115, United States

Tel: +1 206 679 6674, E-Mail: jim.ianelli@gmail.com

**Parma, Ana**

Principal Researcher, Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CONICET (National Scientific and Technical Research Council), Blvd. Brown 2915, U 9120 ACF Puerto Madryn, Chubut, Argentina

Tel: +54 (280) 488 3184 (int. 1229), Fax: +54 (280) 488 3543, E-Mail: anaparma@gmail.com; parma@cenpat-conicet.gob.ar

\*\*\*\*\*

**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****Palma, Carlos****Kimoto, Ai****Taylor, Nathan****Aleman, Francisco****Mayor, Carlos****Pagá, Alfonso****Tensek, Stasa**

## List of documents and presentations

<i>Reference</i>	<i>Title</i>	<i>Authors</i>
SCRS/2022/101	Review of the catch and catch-at-age estimation for the E-BFT catch inflated estimates 1998 - 2007	Ortiz M., Kimoto A., Laurreta M., Palma C., Rouyer T., Gordo A., Di Natale A., Rodriguez-Marin E., and Walter J.
SCRS/2022/103	Determination of annual periodicity in annuli formation in Atlantic bluefin tuna otoliths	Rodriguez-Marin E., Busawon D., Luque PL., Castillo I., Stewart N., Krusic-Golub K., Parejo A. and Hanke A.
SCRS/2022/125	2022 ASAP stock assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna	Carrano C., Maguire J-J., Kerr L., Walter J., Laurreta M., Rouyer T., and Cadrin S.X.
SCRS/2022/126	BR CMP as at June 2022	Butterworth D., Rademeyer R.A.
SCRS/2022/127	A brief review of natural mortality for the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna, pacific bluefin tuna and southern bluefin tuna	Feng J., Zhang F., and Zhu J.
SCRS/2022/128	2022 proposed base case model for eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna assessment using stock synthesis	Sampedro P., Tsukahara Y., Laurreta M., Fukuda H., Sharma R., Gordo A., Rouyer T., Kimoto A., Walter J. and Rodríguez-Marín E.
SCRS/2022/129	Final data, explorations, model set-up and diagnostics for the 2022 VPA stock assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna stock	Rouyer T., A. Kimoto, R. Zarrad, M. Ortiz, C. Palma, C. Mayor, M. Laurreta, Gordo A., Rodriguez Marin E. and Walter J.
SCRS/2022/131	Characteristics of the Balfegó purse seine fleet, CPUE approaches contextualize with the eastern stock indicators	Gordo A., Bahamón N., Ortiz M., and Santiago J.
SCRS/2022/132	Eastern Atlantic bluefin tuna assessment review Report from the data preparation meeting held in April	Ianelli J.
SCRS/P/2022/043	Model results and initial projections for the 2022 VPA stock assessment of the eastern and Atlantic Mediterranean bluefin tuna stock	Rouyer T., Kimoto A., Zarrad R., Ortiz M., Palma C., Mayor C., Laurreta M., Gordo A., Rodriguez-Marin E. and Walter J.
SCRS/P/2022/046	Some considerations for modeling growth of east Atlantic bluefin tuna in stock synthesis	Laurreta M., Sampedro P.
SCRS/P/2022/047	Updated CMP results	Carruthers T.
SCRS/P/2022/048	An update on the analysis of weight gain of farm E-BFT	Ortiz M., Mayor C., Paga A., and Alemany F.
SCRS/P/2022/049	Updating on GBYP matters	Alemany F., Tensek S., and Paga A.

**SCRS document abstracts as provided by the authors**

*SCRS/2022/101* – During the 2022 Eastern Atlantic and Mediterranean Bluefin Tuna Data Preparatory Meeting, the Bluefin Species Group (BFTSG) agreed to revise the assumptions and update the catch-at-size/ catch-at-age (CAS/CAA) intersessionally by replacing the "NEI (inflated)" partial catches component (1998-2007) with a new set of combined Mediterranean size samples. A small ad-hoc group was formed to carry out this task and proposed an alternative CAS/CAA for the 2022 E-BFT stock assessment, this document summarizes these analyses. This document provides the revised CAS (version 2b) and two CAA based on the von Bertalanffy and the Richards growth curves. The small group agreed that this revised CAS is a better estimate of the size distribution for the NEI-inflated catch and proposed adoption by the BFTSG, and also recommended that this revision would be applied only to VPA (Virtual Population Analysis) and possibly ASAP (Age Structured Assessment Program).

*SCRS/2022/103* – Controversies remain regarding the periodicity, or seasonality, of otolith growth band formation which directly influences the correct age determination of Atlantic bluefin tuna using otoliths. Thereby, the aim of this work was to apply marginal increment analysis (MIA) and marginal edge analysis (EA) to determine the timing of band deposition. The index of completion (MIA) was also analyzed using General Additive Models. The results indicated that the opaque band starts to form in July and finishes forming in November. From the end of the year and the beginning of the following year there is minimal marginal edge growth, and this is when the translucent band begins to form and reaches its maximum development in June. MIA and EA have evidenced that the annulus has been formed in November in the Atlantic Bluefin tuna otolith. This would mean delaying the date of the current 1 July adjustment criterion to November 30.

*SCRS/2022/125* – The Age Structured Assessment Program (ASAP) was applied to eastern Atlantic and Mediterranean Atlantic bluefin tuna for the 2022 stock assessment. ASAP is a statistical catch-at-age model that requires a time series of observed catch, age composition, and indices of abundance. Previous single-fleet applications of ASAP for the 2017 and 2020 Atlantic Bluefin tuna assessments were updated and revised, and alternative models with fleet structure were explored. The single-fleet ASAP model generally fit the data well, and were retrospectively consistent, but residual patterns in age composition and uncertainty in selectivity parameters could not be resolved. Model estimates suggest a substantial change in selectivity in the late 1990s, from full selection of young ages and partial selection of older ages before 1999, then partial selectivity of young ages and full selection of older ages since 1999. Model results suggest that the stock decreased from the 1970s to the early 2000s then recovered over the last decade from recent strong recruitment and low fishing mortality. Multi-fleet ASAP models were developed to fit catch data and estimate selectivity for each index fleet as well as the Mediterranean purse seine fleet. Multi-fleet-based runs were retrospectively consistent and fit the available data well, with some residual patterns. Results suggest stock recovery in the last decade from relatively low fishing mortality and strong recruitment. However, in contrast to the historical stock trajectory indicated by single-fleet runs, estimates of stock size from multi-fleet runs were low for the 1960s to the early 2000s. Status determination from single-fleet and multi-fleet runs was similar: the estimate of 2020 fishing mortality was much less than  $F_{0.1}$ , and the estimate of 2020 spawning biomass was much greater than  $SSBF_{0.1}$ .

*SCRS/2022/126* – The BR CMP is further adjusted in a few respects, especially as regards the relative weights given to the different indices of abundance to secure improved median TAC trajectories. Results are provided for the four basic development tunings, plus variants for one of those tunings in relation to TAC change constraints and the period between TAC changes. Furthermore, the CMP is tuned to the most aggressive option possible under the Blim constraint at 15% and at 10% conservation performance for the eastern population seems too poor for the former, as is catch performance for the West area for the latter.

*SCRS/2022/127* – A brief review is presented regarding the natural mortality used in the stock assessment for eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna over the past decades and in management strategy evaluation in recent years. Furthermore, the variation of natural mortality assumptions of Pacific bluefin tuna and Southern bluefin tuna is also reviewed. There were three types of natural mortality assumptions used in the stock assessment and/or management strategy evaluation as follows: the fixed values at all ages, an age-specific vector, and a smooth decreasing curve rescaled with the Lorenzen mortality function. The current natural mortality assumption is more logical compared to those previous assumptions. A long-term biological investigation of Atlantic bluefin tuna is needed to provide more available information about natural mortality.

*SCRS/2022/128* – This document presents the proposed base case for the assessment of the eastern Atlantic and Mediterranean population of bluefin tuna using Stock Synthesis in 2022. The model runs from 1950 to 2020 and was fitted to length composition data, conditional age-at-length (otolith and spines–length-age pairs), 16 fishing fleets and 11 indices of abundance. Growth is modelled by a Richards function with  $L_{INF}$  fixed at 271 cm,  $K$  fixed at 0.23387, and the shape parameter is estimated by the model. A Beverton-Holt stock recruitment relationship was estimated in the model with the steepness and  $\sigma_R$  fixed at 0.9 and 0.6, respectively.  $R_0$  is freely estimated. Although the diagnostics indicate an acceptable stability of the model, there are important conflicts between the catch information, length composition and index data. The model fits to length compositions were not good, but the model followed most of the indices fairly well. The model results showed that the SSB decreased from 1950 until the 1970s, remaining relatively stable at low values during the 1980-2009 period, and showing a sharp and steady increase since 2010. Model diagnostics indicated that the different source of data provides contradicting information about the stock, resulting in biases in the results.

*SCRS/2022/129* – This document presents the modelling work done for the 2022 stock assessment for the eastern and Mediterranean Bluefin tuna stock during informal modelling subgroup meetings in June 2022. This document presents various runs built upon the base case for the 2017 stock assessment. These runs aim to address issues identified in the 2020 update assessment and aspects discussed during the informal meetings held in June 2022, regarding the inclusion of updated catch-at-age data, improvement of model stability in relation to  $F_{RATIO}$  estimates, the selection of the age for the plus group and inclusion of the  $WMED\_GBYP\_AER$  index. Following several explorations, the present work contains two runs that displayed improved diagnostics compared to previous runs. These models have improved retrospective patterns and no problematic issue was found through jittering the random number generator, jittering the starting values for the terminal  $F$  estimate, bootstrapping or through jackknife analysis.

*SCRS/2022/131* – This study describes the characteristics of the fleet including its operational particularities in order to comprehend the fishing effort of this fleet and the possible factors of standardisation of its CPUEs. In order to estimate the CPUEs with different approaches and discuss the information provided by each of them. Finally, the different estimates are contextualised with all the indicators of the eastern stock.

*SCRS/2022/132* – The reviewer for the East Atlantic and Mediterranean Bluefin Tuna stock assessment provided a review report from the data preparation meeting held in April.

*SCRS/P/2022/043* – During the meeting, the Group requested future projections using VPA for the E-BFT stock assessment, this presentation provided the stock status and short-term projection applying  $F_{0.1}$  or 36000 t.

*SCRS/P/2022/046* – The preliminary Stock Synthesis runs demonstrated an inability to estimate growth ( $L_{INF}$  in particular) within the model, due to lack of size-at-age information of older ages. SS estimates of growth for the West Atlantic model, which includes large numbers of East Atlantic origin, otolith-aged fish, resulted in  $L_{INF} = 272$  and  $273$  cm from the 2020 and 2021 assessments, respectively. The northern fleets of Canada HL and Norway PS appear to catch the largest bluefin tuna observed with upper modes near 270 cm and  $L_{MAX}$  near 340 cm. Distributions of size-at-age and estimates of mean size of older age classes in the mixed-stock West area fisheries support the Richards growth function. It was recommended to fix  $L_{INF} = 271$  and assume a Richards growth model in the East Atlantic Stock Synthesis model, and to assume asymptotic selectivity for the Norway PS during the period 1970 to 1981.

*SCRS/P/2022/047* – The MSE Expert presented the tasks completed since last meeting in New Metrics (v7.6.6): PrpOF: Proportion  $U > U_{MSY}$  (i.e., probability of overfishing, projection years 1-30), AvUrel: mean  $U / U_{MSY}$  (projection years 1-30), new tab in shiny app: 'Proj F' which shows  $U/MSY$  quantiles, projections only go out to 40 years and 2059. 40 projection years were necessary because the first three years (i.e., 2020-2022) are before the CMP is applied, the next 35 are needed to show the overfished trend metric (OFT, calculated from CMP years 31-35). Results compiled for 6 CMPs: TC, BR, AI, PW, LW, FZ in the new version (v7.6.6).

*SCRS/P/2022/048* – No text was provided by the author(s).

*SCRS/P/2022/049* – No text was provided by the author(s).

**Appendix 5**

**Control, parameter and data files for eastern bluefin tuna VPA run 385**

This Appendix is available as an [electronic document](#).

**Appendix 6**

**Control, parameter and data files for eastern bluefin tuna Stock Synthesis run 16 reweight**

This Appendix is available as an [electronic document](#).

**Appendix 7**

**Control and data file for eastern bluefin tuna ASAP base run 2**

This Appendix is available as an [electronic document](#).

## Atlantic Bluefin Tuna MSE – Results, Decisions, & Next Steps

### Executive Summary

This document presents updated results from the Atlantic bluefin tuna management strategy evaluation (MSE) process from new analyses conducted to address feedback received at the 9-10 May 2022 Panel 2 meeting. The intention is to provide sufficient information to facilitate discussion among scientists, fishery managers and stakeholders, as well as decision-makers, at the 14 July 2022 meeting of Panel 2.

### Candidate Management Procedures

There are currently 6 candidate management procedures (CMPs) under development by the SCRS (**Table 1**). All calculate separate total allowable catches (TACs) for the West and East management areas. The SCRS rigorously reviewed all available western and eastern indices, resulting in two indices being deemed unsuitable in their present condition to be used for CMP inputs. After this, the choice of indices used in each CMP has been at the discretion of developers with emphasis placed on whether the CMPs perform well when using these indices. We present recent results from 6 CMPs to show key performance trade-offs for management objectives in a ‘quilt plot’ (**Figure 1**) that ranks the most recent results of these CMPs on 5 key performance statistics for both East and West. A second plot (**Figure 2**) includes 10 additional statistics for background. The performance statistics are described in **Table 2**.

The July Panel 2 agenda specifies four main decision points:

- Decision point 1 (PA2 Agenda Item 6.a): 2-year vs. 3-year management cycle and symmetric stability
  - 3-year management cycles were tested for 2 CMPs: BR and TC. The results for the BR CMP variants tuned to a common LD\*15 value are shown in **Table 3** and summarized below.
  - The 3-year cycle was slower to react to signals to decrease TAC and thus had lower 50%ile biomass status (Br30) and slightly reduced AvC30 coupled with slightly higher variability in TAC changes.
  - To compensate, SCRS explored greater allowable TAC reductions (+20%/-35% stability) that improved Br30 status slightly for both eastern and western stocks.
  - Performance was only slightly inferior and practical considerations (stability, reduced administrative burden) may support a 3-year management cycle; this decision should be made at this meeting to facilitate further CMP development and the SCRS notes that this will be time-consuming for all developers to implement.
  - The May PA2 meeting requested that the SCRS evaluate a symmetrical stability provision of +/-20% compared to the default +20%/-30%. The +20/-20 option was slower to implement necessary TAC decreases and thus had lower yield and biomass performance (i.e., greater risk) (**Table 4**). The SCRS has not yet evaluated +20/-20 with a 3-year cycle but expects performance to be worse, since not even +20/-30 had satisfactory performance in terms of the agreed B<sub>LIM</sub> requirements. Nonetheless, to facilitate further CMP development, Panel 2 should decide at this meeting whether symmetrical stability provisions are required.
- Decision point 2 (PA2 Agenda Item 6.b): Incorporation of ‘phase-in’ as default
  - As per PA2 guidance in May, all CMPs were tested with a phase-in (i.e., limiting any downward TAC change to 10% for the first two 2-year management cycles). The phase-in made little difference to long-term biomass (risk) or yield outcomes, and thus is confirmed as a viable approach; this decision should be made at this meeting to facilitate further CMP development.
- Decision point 3 (PA2 Agenda Item 6.c): Culling of CMPs that fail the thresholds defined at the May PA2 meeting
  - Lowest depletion, LD\* (>15% probability of falling below B<sub>LIM</sub>, i.e., 40% of dynamic SSBMSY).
    - Two CMPs (i.e., EA and TN) were withdrawn by their developers due to difficulties in meeting this LD\* 15% threshold; this decision to remove these CMPs has been made by their individual developers so no decision is necessary by Panel 2.
  - 60% PGK (i.e., probability of being in the green quadrant of the Kobe matrix in year 30).

- All 6 CMPs meet or nearly meet this (**Figure 1**) for the default tuning level (median Br30 of 1.25 for the western stock and 1.50 for the eastern).
- Decision point 4: Culling of lowest performing CMPs
  - Of the 6 presented CMPs, does Panel 2 want to cull any now? The SCRS does not expect any culling to occur now.
  - Examining the quilt plots in **Figures 1 and 2**, are there certain performance statistics or trends that are considered undesirable, concerning or unacceptable by PA2?

Feedback is also sought on the following points related to CMP structure and behaviour and the path forward:

- Preferences on yield path
  - Recent high abundance is expected to result in increased catches (both in the East and the West) in the short term, followed by a decline. Should the possibility of reducing the size of the peak of this pulse in TACs to spread it over a longer period be investigated?
- Index selection for CMPs
  - Number of indices: Some CMPs use all 10 of the approved indices to set TACs, while others use as few as 2 per management area (**Figure 1**).
- Performance tuning
  - The SCRS will discuss the process of performance tuning to achieve higher yield performance while meeting minimum safety and status objectives.
- Process for obtaining feedback from CPCs of their stakeholder preferences relative to CMP decisions (see also Next steps below)
  - How may the SCRS assist in CPC-planned stakeholder outreach?

### Next steps

After the Panel 2 meeting on 14 July, one remaining Panel 2 meeting will take place before the Commission Plenary, scheduled for 14 October 2022. This will follow the September meetings of the SCRS Bluefin MSE Technical Subgroup, Bluefin Species Group, and SCRS Plenary meeting. The Bluefin Species Group also hopes to convene additional Ambassador meetings (tentatively, in late July and early October) in English, French and Spanish, and some summary materials are available in Arabic.

### Other resources

Atlantic Bluefin Tuna MSE splash page, including the interactive Shiny App (ENG only)

- CMP Results and Plotting
- CMP Performance Overview with Quilt Plots
- CMP Performance with Spider Plot

Harveststrategies.org MSE outreach materials (multiple languages, including Arabic)

**Table 1.** Table of Candidate Management Procedures (CMPs). All indices are referenced at the end of the table.

CMP	Indices used		Detailed description	Strengths/Weaknesses	References
	EAST	WEST			
FO	FR AER SUV2 JPN LL NEAt12 W-MED LAR SUV	US RR 66-144, CAN SWNS RR US-MEX GOM PLL	Uses an estimated F0.1 applied to an estimate of biomass to provide TAC advice. The F0.1 estimate is based on the relative abundance of young, medium and old fish for each area (which is informed from the areas indices noted on the left). Estimated biomass for each area is derived from an index from that area and a period of reference years.	Strengths: - performs well across several indicators. - uses indices that represent various age class to calculate TAC	SCRS/2020/144 SCRS/2021/122
AI	All	All	An artificial neural network is trained on simulated projected data for all indices (from both sides of the ocean) and a management value V, that is the true simulated vulnerable biomass in each area multiplied by a harvest control rule. Once trained, the neural network can predict V using new index data (simulated or real). Area-specific TAC is then calculated as a constant fraction of V.	Strengths: - performs well across several indicators. - Uses all indices Weaknesses: - lacks a clear relationship between index values and TAC, due to machine learning component. - struggles to achieve LD and PGK	SCRS/2021/028
BR	All	All	TACs are set based on relative harvest rates (with some slight initial time dependence) for a reference year (2018) applied to the 2-year moving average of a combined master abundance index for each of the West and East areas. These master indices are weighted averages across the indices available for the area based on their variances and to achieve smoother TAC trends over time.	Strengths: - strong performance, across most indicators. - Uses all indices	SCRS/2021/121 SCRS/2021/152 SCRS/2022/082 SCRS/2022/126
LW	W-MED LAR SUV JPN LL NEAt12	GOM LAR SUV MEXUS_LL	LW uses a 3-yr average of catch divided by relative SSB to estimate a constant harvest rate metric. All 4 indices on the left are used for the West area to account for stock mixing; Med larval and JPN East LL are used for the East area.	Strengths: - performs well across several indicators. Weaknesses: - has struggled to achieve some of PA2 identified thresholds for PGK.	SCRS/2021/127



<b>PW</b>	W-MED LAR SUV JPN LL NEAtl2	GOM LAR SUV MEXUS_LL	Similar to LW, PW uses indices in the East and the West (as specified on the left) to achieve a constant exploitation rate. It adjusts Western TAC according to Eastern indices under the assumption that Western TACs are supported by Eastern mixing.	Strengths: - performs well across several indicators. Weaknesses: - poor stability and yield.	SCRS/2021/155 SCRS/2022/078
<b>TC</b>	MOR POR TRAP JPN LL NEAtl2 W-MED LAR SUV GBYP AER SUV BAR	US RR 66- 144 JPN_LL_Wes t2 GOM_LAR_ SUV	Two fishery indices for each area (West: JPN_LL_West2, US_RR_66_144. East: JPN_LL_NEAtl2, MOR_POR_TRAP) and three stock-specific fishery independent indices (West: GOM_LAR_SUV. East: MED_LAR_SUV, GBYP_AER_SUV_BAR) are used to predict area biomass assuming a fixed rate of stock mixing (e.g., a fixed fraction of the Eastern stock enters the West area). The TAC is calculated for each area by multiplying the predicted area biomass by a constant harvest rate.	Strengths: - highest stability Weaknesses: - increased stability causes somewhat lower biomass and yield performance.	SCRS/2020/150 SCRS/2020/165

East indices: FR AER SUV2 – French aerial survey in the Mediterranean; JPN LL NEAtl2 – Japanese longline index in the Northeast Atlantic; W-MED LAR SUV – Larval survey in the western Mediterranean; MOR POR Trap – Moroccan-Portuguese trap index; GBYP AER SUV BAR – GBYP aerial survey in the Balearics.

West indices: US RR 66-144 – U.S. recreational rod & reel index for fish 66-144 cm; CAN SWNS RR – Canadian Southwest Nova Scotia handline index; US-MEX GOM PLL – U.S. & Mexico combined longline index for the Gulf of Mexico; GOM LAR SUV – U.S. larval survey in the Gulf of Mexico; JPN LL West2 - Japanese longline index for the West Atlantic.

**Table 2.** Table of Operational Management Objectives and Performance Statistics.

Management Objectives (Res. 18-03) + May 2022 PA2 guidance	Primary Performance Statistics (Tuning Objective & Quilt 1)	Secondary Performance Statistics (Quilt 2)
<p><b>Status</b> The stock should have a greater than [60]% probability of occurring in the green quadrant of the Kobe matrix.</p> <p>(To be evaluated at intermediate points between zero and 30 years, and at the end of the 30-year period.)</p>	<p><b>Br30</b> – Br [i.e., biomass ratio, or spawning stock biomass (SSB) relative to dynamic SSB<sub>MSY</sub><sup>1</sup>] after 30 years.</p> <p><b>PGK</b>: probability of being in the Kobe green quadrant (i.e., SSB&gt;dSSB<sub>MSY</sub> and U&lt;UMSY<sup>2</sup>) in year 30.</p>	<p><b>AvgBr</b> – Average Br over projection years 11-30.</p> <p><b>Br20</b> – Br after 20 years.</p> <p><b>POF</b> – Probability of overfishing (U&gt;UMSY) after 30 projected years.</p> <p><b>PNRK</b> - Probability of not being in the red Kobe quadrant (SSB &gt; SSB<sub>MSY</sub> or U &lt; UMSY) after 30 projected years.</p> <p><b>OFT</b> – Overfished Trend, SSB trend if Br30&lt;1.</p> <p><b>PrpOF</b> – Proportion U &gt; U<sub>MSY</sub> (i.e., probability of overfishing in projection years 1-30). (<i>See presentation. Not currently in quilt plot.</i>)</p> <p><b>AvUrel</b> – mean U/U<sub>MSY</sub> in projection years 1-30. (<i>See presentation. Not currently in quilt plot.</i>)</p> <p><b>U/U<sub>MSY</sub></b> – exploitation rate (U) in biomass divided by exploitation rate at MSY. (<i>Shown as a trajectory in the presentation rather than in a quilt plot.</i>)</p>
<p><b>Safety</b> There should be no more than a [15]% probability of the stock falling below BLIM at any point during the years 11-30 of the projection period.</p>	<p><b>LD*</b> – Lowest depletion (i.e., SSB relative to dynamic SSB<sub>MSY</sub>) over years 11-30 in the projection period. LD* value is evaluated relative to SCRS-proposed B<sub>LIM</sub> (40% of dynamic SSB<sub>MSY</sub>).<sup>3</sup> LD5%, LD10% and LD15% will all be evaluated, with the latter in Quilt 1 and the former 2 in Quilt 2.</p>	
<p><b>Yield</b> Maximize overall catch levels.</p>	<p><b>AvC10</b> – Median TAC (t) over years 1-10.</p> <p><b>AvC30</b> – Median TAC (t) over years 1-30.</p>	<p><b>C1</b> – TAC in first 2 years of MP (i.e., 2023-24).</p> <p><b>AvC20</b> – Median TAC (t) over years 1-20.</p>
<p><b>Stability</b> Any change in TAC between management periods should be no more than a 20% increase or a [20][30]% decrease, except during the application of the MP in the first two management periods, where any TAC change shall not exceed a 20% increase or a 10% decrease.</p>	<p><b>VarC</b> – Variation in TAC (%) between 2-year management cycles.</p>	

<sup>1</sup>Dynamic SSB<sub>MSY</sub> is a set fraction of dynamic SSB<sub>0</sub>, which is the spawning stock biomass that would occur in the absence of fishing, historically and in the future. Dynamic SSB<sub>MSY</sub> can change over time since it is based on current recruitment levels, which fluctuate due to time-varying dynamics in the models.

<sup>2</sup>The exploitation rate (U) is annual catch (in tonnes) divided by the total annual biomass in tonnes. U<sub>MSY</sub> is the fixed harvest rate (U) corresponding with SSB/SSB<sub>MSY</sub>=1 at year 50.

<sup>3</sup>SCRS proposed a B<sub>LIM</sub> of 40% of dynamic SSB<sub>MSY</sub> for the purposes of the MSE for CMP testing and performance tuning. Status relative to B<sub>LIM</sub> is calculated as the lowest depletion (spawning biomass relative to dynamic SSB<sub>MSY</sub>) over projection years 11-30 for which the CMP is applied across the plausibility weighted operating models. B<sub>LIM</sub> is proposed as a performance statistic, not as an ‘active’ or functional trigger for determining a management action.

**Table 3.** Performance for management cycle variations of the BR CMP tuned to a common LD\*15 (0.4 of dynamic  $SSB_{MSY}$ ) for comparative purposes. Performance statistics are described in **Table 2**. The 3-year cycle (BR5c) was slower to react to signals to decrease TAC and thus had slightly worse performance for status, yield and stability when compared to the 2-year cycle (BR5a). Improved status (Br30 5<sup>th</sup> and 50<sup>th</sup> percentiles) can be achieved with a 3-year management cycle by allowing for greater reductions in TAC as shown by BR5d.

Variant	Mgmt Cycle	Stability	East						West					
			Br30 0% tile	Br30 5% tile	LD*15	LD*10	Difference in AvC30 (kt)	Var C	Br30 50% tile	Br30 5% tile	LD*15	LD*10	Difference in AvC30 (kt)	VarC
BR5a	2-year	+20/-30	1.03	0.24	0.4	0.31	-	19.7	1.07	0.41	0.4	0.32	-	13.56
BR5c	3-year	+20/-30	1.1	0.20	0.4	0.28	-1.81	20.1	1.15	0.37	0.4	0.29	-0.11	15.12
BR5d	3-year	+20/-35	1.13	0.31	0.4	0.34	-2.37	20.9	1.17	0.42	0.4	0.31	-0.08	15.33

**Table 4.** Comparative performance for variations of the BR CMP with symmetric TAC change restrictions. Performance statistics are described in **Table 2**. Performance of BR2g (+20/-20 stability) has slightly lower yields (AvC30) compared to BR2a (+20/-30 stability), as well as poorer conservation (LD\*) performance.

Variant	Mgmt Cycle	Stability	East					West				
			Br30 50% tile	LD*15	LD*10	Difference in AvC30 (kt)	VarC	Br30 50% tile	LD*15	LD*10	Difference in AvC30 (kt)	VarC
BR2a	2-year	+20/-30	1.5	0.66	0.58	-	16.56	1.25	0.49	0.38	-	12.61
BR2g	2-year	+20/-20	1.49	0.55	0.46	-0.27	14.53	1.24	0.46	0.32	-0.01	12.15

**Figure 1.** Primary ‘Quilt’ plot for the West and East for tuning level 2 (i.e., Br30=1.25 for West and Br30=1.5 for East) using the default weighting scheme (i.e., 0 for PGK; 0.5 for AvC10 and AvC30; 1.0 for VarC and LD15) and ordered relative to the total column. Colour scale represents relative performance from dark (best) to light (worst) within a column. This plot shows the top 5 performance statistics chosen on the basis of removing duplicative statistics and focusing on the four operational performance statistics of safety, status, stability and yield. The five statistics and associated percentiles are PGK: probability of being in the Kobe green quadrant (i.e.,  $SSB > SSB_{MSY}$  and  $U < U_{MSY}$ ) in year 30; AvC10: average catch (kilotons, kt) over years 1-10 (50%tile); AvC30: average catch (kt) over years 1-30 (50%tile); VarC: Variation in catch (kt) between 2-year management cycles (50%tile); LD\*(15%): 15%tile of lowest depletion over years 11-30. PGK is not weighted in the scoring as all CMPs are tuned to achieve similar biomass status. Ordering is achieved by scaling each column according to its minimum and maximum, within a column, giving a rank order from 0 (best) to 1 (worst), weighting columns according to the default weighting, obtaining an average for West and East and then taking the average across East and West (Tot). See **Table 2** for more detailed descriptions of performance statistics. The ‘a’ for each CMP refers to the +20/-30 stability tuning without phase-in.

CMP	West					East					Tot	# indices
	PGK (Mean)	AvC10 (50%)	AvC30 (50%)	VarC (50%)	LD (15%)	PGK (Mean)	AvC10 (50%)	AvC30 (50%)	VarC (50%)	LD (15%)		
BR2a	0.63	3.02	2.72	12.61	0.49	0.78	40.9	32.65	16.56	0.66	0.26	10
Al2a	0.58	3.03	2.77	16.43	0.53	0.71	41.16	37.62	16.17	0.65	0.27	10
TC2a	0.61	2.83	2.64	6.71	0.4	0.73	33.43	29.21	8.18	0.54	0.48	7
FO2a	0.62	2.84	2.77	14.29	0.48	0.64	37.37	30.46	13.93	0.47	0.53	6
LW2a	0.59	2.68	2.56	15.63	0.5	0.72	34.63	30.27	17.21	0.6	0.58	4
PW2a	0.67	2.37	2.29	17.11	0.45	0.74	35.36	29.93	13.27	0.6	0.71	4

**Figure 2.** Secondary quilt plots, shown separately for East and West, which depict the following 10 performance statistics - C1: catch in the first year of CMP application (50%); AvC20: average catch (kilotons, kt) over years 11-20 (50%tile); AvgBr: spawning biomass relative to dynamic  $SSB_{MSY}$  over projection years 11-30 (50%), Br20: Depletion (spawning biomass relative to dynamic  $SSB_{MSY}$ ) in projection year 20 (50%); Br30: Depletion (spawning biomass relative to dynamic  $SSB_{MSY}$ ) in projection year 30 (5%); LD\* (5%): 5%tile of lowest depletion over years 11-30; LD\* (10%) 10%tile of lowest depletion over years 11-30; POF: Probability of Overfishing ( $U > U_{MSY}$ ) after 30 projected years (mean); PNRK: Probability of not Red Kobe ( $SSB > SSB_{MSY}$  or  $U < U_{MSY}$ ) after 30 projected years (mean), OFT: Overfished trend, SSB trend over projection years 31 - 35 when  $Br30 < 1$ . See **Table 2** for more detailed descriptions of performance statistics. The ‘a’ for each CMP refers to the +20/- 30 stability tuning without phase-in. Order of the CMPs is the same as in quilt plot 1.

**East**

CMP										
	C1 (50%)	AvC20 (50%)	AvgBr (50%)	Br20 (50%)	Br30 (5%)	LD (5%)	LD (10%)	POF (Mean)	PNRK (Mean)	OFT (P>0)
BR2a	43.2	34.05	1.49	1.45	0.73	0.49	0.58	0.03	0.99	0.96
AI2a	32.27	40.51	1.53	1.51	0.47	0.42	0.55	0.11	0.9	0.86
TC2a	37.26	28.84	1.59	1.58	0.52	0.37	0.47	0.07	0.94	0.9
FO2a	43.2	29.83	1.52	1.5	0.3	0.25	0.37	0.21	0.81	0.84
LW2a	43.2	30.14	1.52	1.5	0.55	0.44	0.53	0.08	0.95	0.92
PW2a	41.14	30.2	1.53	1.5	0.57	0.43	0.52	0.06	0.97	0.93

**West**

CMP										
	C1 (50%)	AvC20 (50%)	AvgBr (50%)	Br20 (50%)	Br30 (5%)	LD (5%)	LD (10%)	POF (Mean)	PNRK (Mean)	OFT (P>0)
BR2a	2.71	2.73	1.34	1.31	0.54	0.28	0.38	0.22	0.83	0.86
AI2a	2.82	2.83	1.35	1.31	0.63	0.32	0.42	0.26	0.87	0.87
TC2a	2.68	2.59	1.42	1.41	0.35	0.18	0.27	0.28	0.78	0.86
FO2a	2.41	2.78	1.38	1.35	0.48	0.3	0.38	0.26	0.81	0.85
LW2a	2.53	2.56	1.34	1.3	0.49	0.28	0.38	0.26	0.81	0.84
PW2a	2.42	2.27	1.23	1.18	0.49	0.28	0.38	0.09	0.95	0.94