

**REPORT OF THE ICCAT SCRS
WEST ATLANTIC BLUEFIN TUNA STOCK ASSESSMENT SESSION**
(Madrid, Spain - September 18 to 22, 2000)

1 Opening and meeting arrangements

The 2000 ICCAT SCRS West Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Session was held at the ICCAT Headquarters in Madrid, Spain. The meeting was opened by the SCRS Chairman, Dr. Joseph Powers. Having consulted with national scientists prior to the meeting, Dr. Powers recommended that Dr. Michael Sissenwine (USA) chair the meeting. Scientists were then nominated as rapporteurs for specific Agenda items. These arrangements were agreed to by all participants. The list of rapporteurs was as follows:

Detailed Report

1 Opening and meeting arrangements	Peter Miyake and Julie Porter
2 Review of Methods Working Group	Victor Restrepo
3 Review of GFCM/ICCAT Meeting	Steve Turner
4 Review of recent developments in fisheries	Julie Porter
5 Catch statistics	Peter Miyake
6 Stock structure & biological parameters	Julie Porter and Gerald Scott
7 Relative abundance indices	Gerald Scott
8 Environmental influences	Gerald Scott
9 Assessments and methods	Victor Restrepo
10 Projections	Pamela Mace
11 Effect of regulatory measures	Peter Miyake
12 Recommendations:	
12.1 Statistics	Julie Porter
12.2 Research	Julie Porter
12.3 Management	Michael Sissenwine
13 Adoption and closing	Peter Miyake

Draft Executive Summary

Preamble	Michael Sissenwine
BFT-1 Biology	Julie Porter
BFT-2 Description of fisheries	Julie Porter
BFT-3 State of stock	Victor Restrepo
BFT-4 Outlook	Pamela Mace
BFT-5 Effects of regulations	Peter Miyake
BFT-6 Management recommendations	Michael Sissenwine

In addition, Dr. Julie Porter served as General Rapporteur for the meeting.

The Agenda, circulated by the ICCAT Executive Secretary on July 26, 2000, was adopted (**Appendix 1**).

The participants introduced themselves and the List of Participants is presented in **Appendix 2**.

The List of Documents is presented in **Appendix 3**.

2 Review of the methods working group meeting

The 2000 meeting of the ICCAT Working Group on Stock Assessment Methods was summarized by its Chairman, Dr. Victor Restrepo. The main purpose of this first meeting was to establish goals and a working strategy for the group, under the SCRS' general mandate to improve the overall quality of the assessments conducted by ICCAT. As a result, the Methods Working Group proposed the creation and maintenance of a catalogue of assessment methods at the Secretariat, intended to better document the software used by assessment working groups. The Working Group also recommended a set of actions that should be taken by scientists before and during assessment meetings in order to enhance quality control. One such action was to ensure that a copy of all inputs, software and outputs of analyses conducted during an assessment be kept at the Secretariat. The West Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Group strongly endorsed this recommendation.

The Methods Working Group also dealt with methods for CPUE standardization that address spatial and targeting issues and provided several recommendations that are addressed in the report of that meeting.

The Methods Working Group briefly addressed the question of consistency in assessment methods for the purpose of providing advice during rebuilding programs. That Group recommended that: *“The current model should be the null hypothesis and the working group should be sufficiently convinced that any new method is an improvement in order for a change to occur, and should prepare sufficient documentation to that effect.”*

The Methods Working Group also served as a venue for its participants to present papers on a variety of methodological subjects of interest to ICCAT assessment working groups. It was noted that discussion of a particular issue at the Methods Working Group would not necessarily supplant a full discussion of the appropriateness of the same method subsequently, during a given species assessment. The West Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Group participants endorsed this idea but noted that it could be profitable for the Methods Working Group to examine methodological issues generically, and, in particular, point out instances in which a given method should not be used.

3 Review of GFCM/ICCAT Meeting

The SCRS Chairman reported on the GFCM/ICCAT meeting held in Malta (COM-SCRS/00/25). The meeting concerned the basic fisheries data (catch, catch-effort and size) for bluefin, swordfish and albacore available from Mediterranean fisheries. In practice, emphasis was placed on bluefin and swordfish because reported catches of albacore were relatively low and because there was concern about the consistency of the albacore catch reports.

Considerable progress was noted in improving Mediterranean fisheries statistics in recent years (1998 and 1999) especially for the western Mediterranean basin, where the COPEMED project (financed by Spain through the FAO) has led to expanded data collection systems in participating countries (including Morocco, Tunisia, Libya and Malta). However, the meeting did note the need for continued improvement for several countries. Furthermore, it was noted that some major fishing countries have not reported any size or catch rate data since the last assessment on bluefin (and swordfish). The GFCM/ICCAT decided that the present size data do not warrant creating catch at size for Mediterranean bluefin (or swordfish) at the present time, unless some unsubstantiated substitutions are made, in particular, for the very large European Union-Italy catches.

The meeting considered the problem of characterizing uncertainty in reported statistics and estimates derived from that information for assessment. It recognized that estimates of variance can be estimated for some statistics, but for others estimating variance would be difficult. The meeting recommended that

ICCAT Sub-Committee on Statistics consider collecting information on national sampling objectives, sampling procedures and estimation systems as a first step towards developing an understanding of the strengths and weaknesses of the information used from assessment and management.

The progress on electronic tagging of bluefin on both sides of the Atlantic was reviewed. It was noted that the tag recovery network established by GFCM/ICCAT in 1998 apparently had been successful in that many (but apparently not all) electronic tags have been recovered in Mediterranean countries and that the recovery rate of conventional tags may have increased. The results of pop-up satellite archival tagging (PSAT) and implantable archival tagging experiments in the Atlantic and Mediterranean were reviewed. Lower success rates were reported for Mediterranean and east Atlantic PSAT releases than for releases in the west Atlantic. European scientists felt that research to investigate the reason for these differences were essential before PSAT experiments are conducted to investigate bluefin biology and recommendations were made to conduct those investigations.

The GFCM/ICCAT made several additional recommendations including (1) that an intersessional meeting be held to develop standardized catch rates from Mediterranean and associated east Atlantic (such as Spanish and Moroccan traps) fisheries for bluefin and swordfish and (2) that ICCAT consider holding an intersessional meeting to review and integrate research results related to biological mechanisms and stock structure and how they should be best addressed in stock assessments.

4 Review of recent developments in fisheries

Bluefin tuna are caught throughout the Atlantic Ocean and in the Mediterranean Sea (**Figure 1**). The 1998 and 1999 reported catches (including estimated discards) for the west Atlantic were 2,652 and 2,771 MT. From 1995 through 1999, western Atlantic catches (including estimated discards) averaged about 2,500 MT, the same average as for the previous five year period (1990-1994) (**Table 1; Figure 2**).

Canada: In general, in 1998 and 1999, the Canadian bluefin fishing fleets report both higher catch rates and a greater number of productive fishing areas (SCRS/00/44). The Canadian nominal landings of Atlantic bluefin tuna in 1998 and 1999 were 595 and 576 MT, respectively. In addition, 16 and 11 MT, respectively, were estimated to be discarded dead from the swordfish longline fleet. Canadian bluefin tuna fisheries currently operate in several geographic areas off the Atlantic coast from July to November when bluefin tuna have migrated into Canadian waters (**Figure 3**). The main commercial fisheries occur off the coast of Nova Scotia (Hell Hole rod and reel/tended line, Bay of Fundy harpoon, St. Margaret's Bay trap, Canso rod and reel, and Halifax rod and reel/tended line), in the southern Gulf of St. Lawrence (tended line/rod and reel) and sporadically along western edge and central region of the Grand Banks of Newfoundland (tended line/rod and reel). Generally, locations of bluefin tuna captured within these areas have been consistent over the past two years, and are comparable to those reported by Stone and Porter (SCRS/98/42) for 1994 through 1997. The only major difference is that catches (number of tuna) in the Hell Hole are somewhat higher than 1996 and 1997, and have become more concentrated spatially, with rod and reel gear now being used extensively in this fishery in addition to the traditional tended line gear.

Japan: There are no new developments in the western Atlantic Japanese longline fishery in recent years. The annual catches in 1998 and 1999 calendar years were 691MT and 365 MT, respectively. The fleet starts fishing in the west Atlantic in late October or early November and continues its operations until the fishery is closed by fulfilling the quota for bluefin. This normally occurs in early or mid-January. Bigeye are also targeted in the same area. The majority of catch is made in December followed by January. The fish caught are small to medium ranging from 120-200 cm, and tend to be larger at the beginning, then smaller as time progresses. The area of fishing is outside of the US EEZ, and further northern waters in the west Atlantic including the Canadian EEZ (**Figure 4**). Some change in gear configuration has been observed; nylon material has become common for both main and branch lines since

after 1995. The number of hooks between floats used for bluefin fishing increased from 5 and 6 to 7 and 8 during the late 1980s.

Although the Japanese fishery East of 45°W is considered in the eastern Atlantic assessment, the central Atlantic fishery was reviewed for a sensitivity analysis. The development of fishing in the central North Atlantic between 50°N and 65°N (south of Iceland) has continued since 1995. The start of fishing has moved one month earlier, from September to August, in recent years. The boats have shifted their fishing area towards the southwest as the season progresses and reach 40°W in December, when they normally stop fishing for bluefin tuna.

USA: Reported landings by U.S. fisheries in 1998 and 1999 were similar at 1,235 and 1,212 MT, respectively, and slightly lower than in 1997 (1,317 MT). The similarity of recent landings is thought to be primarily due to management effects, and the decline in catches of small fish from 1998 (166 MT) to 1999 (103 MT) is also thought to be due to management. Estimates of U.S. dead discards have been revised for the time series (1987 to present; SCRS/00/97), although with considerable associated uncertainty (see Section 5). In 1998 and 1999, they were estimated to be 105 and 151 MT, respectively.

There were changes in the rod and reel fishery during the winter off North Carolina from 1997 through 1999. Nearly all fish greater than 177 cm SFL caught in that fishery were released as a result of regulations, fishermen were permitted to land one fish per trip in the 66 to 177 cm size range. During 1998, catch rates in the area fished during 1994-1997 were quite low, and a concentration of bluefin was located 80-160 km further southwest along the coast. During 1999, catch rates continued to be higher in that more southerly area.

United Kingdom (Bermuda): Of the Overseas Territories of the United Kingdom which have acceded to ICCAT, only Bermuda is presently fishing for bluefin tuna. This fishery is carried out in the west Atlantic, primarily in the Bermuda Exclusive Economic Zone. All the vessels in this fishery are longliners and landings of bluefin tuna were 2 MT in 1998 and 1 MT in 1999.

Other: There were 13 MT reported by Brazil (Equatorial Guinea flagged vessels chartered by Brazil), and 14 MT reported by Mexico. The Blue Tuna Statistical Document indicated an additional 429 MT of western Atlantic bluefin taken by Equatorial Guinea (NEI 81 in **Table 1**) which were not reported by the flag country. There are no other details on these fisheries (see Section 5).

5 Catch statistics

Catch

The Secretariat presented data on Atlantic bluefin tuna catches and landing statistics by region, country/entity/fishing entity and by fishing gears, 1950-1999. The data included all the changes adopted at the recent Meeting of the GFCM/ICCAT Ad Hoc Working Group on Stocks of Large Pelagic Fishes in the Mediterranean (Malta, September 11 to 15, 2000) relative to the Mediterranean statistics and a part of the Atlantic Ocean.

Document SCRS/00/97 presented estimates of longline discards based on direct observation of the U.S. pelagic fleet for the period 1992-1999. The method applied provided a basis for characterizing the uncertainty in the estimates. Due to sparse sampling in a number of geographical and time strata, the estimation procedure pooled across strata to achieve a minimum of 30 observations per stratum. The pooling order applied was based on an analysis that indicated smaller differences between years than between geographical or quarterly strata. The effect of the pooling assumption was compared and it was

observed that in recent years estimates made without pooling were somewhat lower than with pooling. It was not clear to the Group that the pooling method resulted in the best estimation for each individual year, but it was noted that the pooling method, when considering the entire time series, provided a consistent time series. The Group agreed to use the pooling method time-series in the assessment, but recommended that increased numbers of per stratum observations be considered to avoid the need for pooling in the future.

Unreported catch

The Group reviewed COM-SCRS/00/15 by the Secretariat which provided the results of the Bluefin Tuna Statistical Documents (BTSD) compared with Task I catch. It was noted that a significant amount of bluefin tuna caught by vessels flying the flag of Equatorial Guinea had been exported to Japan, according to BTSD records provided by Japan. In this document, the Secretariat only gave exported product weight, according to instructions from the Commission. The Group converted the product weight (in gilled and gutted) to round weight (using a conversion factor of 1.13) to arrive at 429 MT. It was noted that imported catches of Equatorial Guinea were only from the east Atlantic and Mediterranean Sea in the past few years, but in 1999, for the first time, they were from the west Atlantic instead of the east Atlantic. These origins of fish were taken from information filled in the BTSDs and hence they are not necessarily correct. An analysis of the database indicated that the majority of the fish imported to Japan in 1999 were from Port of Spain, Trinidad & Tobago, and some was from Las Palmas, Spain. They were all gilled and gutted products. Aside from these estimates, there was a total of 13 MT of bluefin caught by Equatorial Guinean flag vessels chartered by Brazil and reported by Brazil. It was confirmed that these Brazilian fish were caught in the west Atlantic. The fish were exported to Japan and the BTSD was validated by the Brazilian authority. Therefore, it is believed that these catches were not included in the BTSD records validated by the Government of Equatorial Guinea. Since there is no further circumstantial evidence to judge whether or not these fish were all caught in the west Atlantic, it was decided to include the total catches in the west Atlantic as NEI-81, as described in the BTSD.

The Group further studied the catch table and introduced some modification for 1998 and 1999, for western bluefin tuna, for which new data became available. The Task I catch data, as reported in **Table 1** and **Figure 2**, were approved.

Catch at size (CAS) and catch at age (CAGE)

The substitution scheme was proposed by the Secretariat for western Atlantic bluefin tuna to update the catch at size used at the 1998 assessment session, up and including 1999. For most of the fisheries, CAS data were provided by the national scientists for recent years. CAS data corresponding to the new series of dead discards for the U.S. Atlantic longline fisheries were also provided by national scientists.

Catches by UK-Bermuda, Brazil-Equatorial Guinea, Equatorial Guinea, and Mexico have no matching size data. As these catches were assumed to comprise mostly large fish, the U.S. longline size data were used as size data substitution. In the case of Mexico, this is consistent with past practice.

The same age slicing procedure used for several years was again employed to convert catch at size to catch at age. That procedure uses the growth curve from SCRS/93/52 and empirical model separation for ages 1-3, where appropriate, were applied as in the past to convert the CAS to CAGE. A summary of the results is shown in **Table 2** for the west Atlantic, and **Table 3** including the central North Atlantic. Weights at age from the age-slicing for the west are shown in **Table 4**.

6 Biological parameters and stock structure

6.1 Input biological parameters

Growth-curve parameter values were adopted as for the 1994, 1996 and 1998 western Atlantic assessments: $L_4=382.0$ cm, $t_0=-0.707$, $k=0.079$ (SCRS/93/52). The age at first sexual maturity was assumed, as in the past, to be 8 years for the west Atlantic. Document SCRS/00/98 provided a methodology for estimating M within a VPA formulation when tagging data are taken into account. Although the estimates of M from this procedure could be confounded with other sources of tag loss, the estimates resulting from the application to data from 1970-1998, generally support a level of about 0.14, but did not suggest a higher value for younger fish, within the age-ranges for which tagging data were available. In 1998, the Group examined the implications of an age-variable natural mortality rate vector as used in the analyses of southern bluefin with respect to the assessment of western bluefin. It was noted that the overall patterns in the assessment were not generally sensitive to this assumption. It was also found that available tagging data with which to estimate age-specific natural mortality rates for western bluefin did not permit rejection of the hypothesis of an age-constant natural mortality rate for the age ranges in the assessment. The Group agreed to continue to use a constant natural mortality rate $M=0.14$ for the assessment update.

6.2 Mixing and stock identification

Mixing Models. Several papers addressed different approaches to considering the effect of mixing on stock assessment results. Document SCRS/00/98 built upon prior VPA model formulations that accommodated simultaneous assessment of two stocks with overlapping ranges. The model was applied to catch, abundance, and tag-recapture data for Atlantic bluefin from 1970-1997. In the applications examined, although the mixing coefficients estimated were found to be significantly different from 0 with both the overlap and diffusion models, the corresponding abundance trends estimated are similar to the VPA without mixing. The Group noted that considerable improvements in the way tagging data can be incorporated into the assessment had been made. The Group also noted that inclusion of the tagging data into the assessment procedure has been shown to provide either more optimistic or more pessimistic appraisals of western stock status, depending on the model application and the data, but that the eastern stock appraisal is much less sensitive to the range of mixing coefficients estimated from the data. It was discussed that there were complexities in the movements implied by current tagging data that could be better accommodated by finer spatial and temporal strata in models that consider mixing effects. The Group noted that additional research on this topic could be beneficial.

Document SCRS/00/105 examined through simulation, the effect of conducting assessment under a two-stock hypothesis when the underlying simulated data were from a single stock. Although not generalizable, the document indicated that under the assumptions of the simulations, the general VPA recruitment patterns estimated in the east and west could, in part, be explained by allocation of catches in analyses assuming two stocks. The document also indicated that mis-specification of F -ratios can also impact the trends estimated by the assessment. The Group noted that these simulations would require a much broader range of underlying assumptions before the results could be generalized.

Review of information on stock identification. The Group reviewed new information to summarize the new biological knowledge of stock identification and mixing.

Catch distribution. The distribution of catches was reviewed (see Section 5) and it was noted that the Japanese longline catch is continuous across the North Atlantic (**Figure 4**).

Tagging. The 1999 ICCAT SCRS Report noted that a number of electronic tagging projects have been initiated in the east Atlantic and Mediterranean, and in the west Atlantic. The projects appear to

have somewhat different objectives and it was not clear what specific hypotheses are being tested within each project, making interpretation of the results in the context of evaluation of Atlantic bluefin tuna stock structure difficult. The 1999 SCRS recommended that more coordination between these projects be sought and that experimental designs be developed in support of testing hypotheses critical to stock status evaluations conducted by ICCAT. This was addressed in a special session at the recent GFCM/ICCAT Joint Meeting (COM-SCRS/00/25 (Section 6 and Appendix 4)). It was proposed by GFCM/ICCAT that an intersessional be held to further address coordinated research in the Mediterranean and Atlantic including research objectives and priorities, and that has been endorsed by the western bluefin stock assessment group.

Two tagging papers from the west were presented, and a third from the east was also examined at this assessment session. SCRS/00/95 reported a summary of pop-up satellite tagging of giant bluefin tuna in the joint U.S.-Canadian program, Gulf of Maine and Canadian Atlantic. Since 1997, 58 single point and 21 light-sensing pop-up archival satellite tags were deployed on giant bluefin tuna (178-266 cm SFL) in the western North Atlantic. Without exception, results from 1997-2000 tagging showed that all tagged fish were in the central Atlantic when their tags reported, and 30-58% annually were in the eastern management area. There are now data capable of depicting full migration paths and environmental associations (at-large for 80-342 days) of twelve fish (193-266 cm). SCRS/00/148 reported on archival and pop-up tagging of bluefin in the western North Atlantic. A total of 380 Atlantic bluefin have been equipped with implantable archival tags or pop-up satellite tags since 1996. Of the 279 implantable archival tags deployed, 30 have been recovered and 21 of these instruments have been returned. Seventy pop-up satellite tags have provided positions, ambient temperature and/or depth movements. Data on seasonal movements, transatlantic movement patterns, depth preferences and breeding behaviors have been obtained for fish assumed to be in the age 6-13 range. The authors suggest that bluefin tagged in the west display at least three distinct types of behaviors: (1) western residency with no visitation to spawning areas; (2) western residency with Gulf of Mexico breeding; and (3) transatlantic migrations to the east Atlantic or Mediterranean Sea. SCRS/00/109 reported on further results of tagging Mediterranean bluefin tuna with pop-up satellite tags. Six (50%) of the 1998 and six (15%) of the 1999 tags popped up successfully; tags from 2000 are not yet due to report. Several of the tags have shown interesting results. A tag deployed at Barbate was detected in the Greenland Sea, the most northerly reported position for bluefin tuna. Another tag deployed in Barbate popped up at 20.269°N, 29.673°W, close to the southern limit of the eastern Atlantic stock. The GFCM/ICCAT Group concluded that it is essential to understand the low reporting rates experienced in this study and proposed that further investigations be conducted to that end.

In addition, SCRS/00/106 in reviewing the advice provided to the Commission under the two stock hypothesis, pointed out that the returns of conventional tags placed on small (<6.4 kg) fish marked in the west and recaptured in the east during the 1990s, as well as conventional tags for all sizes and the recent electronic tag information for medium and large bluefin, suggested mixing rates are much higher than previously considered. The paper also questioned the advantage of continuing to provide advice on the west independent of the fisheries elsewhere in the Atlantic. For earlier decades, the paper showed similar proportions of transatlantic recaptures as in previous examinations of the tagging data. During discussion, it was noted that population analyses which incorporated these tagging data had been conducted (SCRS/00/98) and estimated relatively low transfer rates consistent with previous analyses. Further review of these data was recommended.

Based on more than forty years of conventional tagging studies and other research, the SCRS has stated clearly that “the condition of the eastern Atlantic stock and fishing could adversely affect recovery in the west Atlantic because of mixing” (ICCAT 2000). The results of electronic tagging studies to date reviewed at this meeting lend further support to that advice. The electronic tagging shows substantial exchange of fish tagged in the west across the management boundary. In addition, it raises important questions about spawning behavior (where it occurs, when it occurs and how often, see below).

While these new electronic tagging techniques considerably speed and broaden the information gained when compared to conventional tagging studies, caution must be taken to ensure that the data are representative in both time and space. It is important to have a sufficient time series to understand the underlying mechanisms for movement patterns; conclusions based on a short time series could be confounded by environmental anomalies and lead to spurious conclusions. In the same way, it is important to have research over the entire distribution of bluefin in the Atlantic and Mediterranean; conclusions based only on studies in the west Atlantic *could* have a different interpretation had the same intensity of research also been conducted in the east Atlantic (including the entire Mediterranean).

Larval distribution and spawning areas. Since 1981, Atlantic bluefin tuna have been managed by ICCAT as two biological units separated by a management line at 45°W. The biological basis of this management division is based partly on separate and exclusive spawning grounds (in the Gulf of Mexico and the Mediterranean Sea). However, since 1997, new fishery-independent pop-up satellite tagging efforts targeting adult and spawning size fish in New England and Canada (SCRS/00/95), and North Carolina (SCRS/00/148) showed that most of the spawning size fish were not located in either known spawning ground when their tags reported their location, raising the *possibility* of a previously unknown spawning area in the central Atlantic (SCRS/00/125). SCRS/00/148 did demonstrate visitation of a fish tagged off North Carolina that first entered the Gulf of Mexico during the spawning period, after three years. SCRS/00/148 also indicated that a fish tagged on the Gulf of Mexico spawning grounds revisited the Gulf in a subsequent year. To address the possibility of spawning areas outside the Gulf of Mexico and Mediterranean, SCRS/00/125 proposed exploratory research sampling of larvae and spawning-sized bluefin in the central Atlantic in 2001.

Genetics. SCRS/00/136 reported on progress on genetic analyses of Atlantic bluefin tuna using both mitochondrial DNA control region nucleotide sequences and nuclear gene *ldhA* allele frequencies. The results, while still preliminary and inconclusive, illustrate the importance of analyzing multiple year-classes and ages, and large sample sizes in stock structure analyses.

Conclusions. Results of electronic tagging have demonstrated that there is considerable exchange of bluefin across the 45°W, and raised important questions about the timing and location of spawning. The new research has re-emphasized the importance of mixing in terms of added uncertainty about the assumptions underlying assessment models. The uncertainty makes more complex the way the stock assessment is approached, the perception of MSY, and the management of bluefin tuna. Modeling has indicated that the eastern stock is relatively insensitive to activities in the west, given the large differences in the assessed stock size and estimated catches between the two areas. However, the west is substantially influenced by what happens in the east; for example, if the eastern stock is overfished, then it affects both the fishery and the stock in the west. Until the uncertainty can be reduced, caution should be exercised to avoid risks of over-harvest of bluefin in either or both the west and the east.

It was agreed to use the existing bluefin tuna stock boundary for assessment purposes. However, the Group made several recommendations for additional research (see Section 12) in order to further refine our understanding of Atlantic bluefin tuna stock identification and mixing.

7 Relative abundance and CPUE

Information from all of the catch rate data series used in the previous assessment of western Atlantic bluefin (Table 6 in the Report of the 1998 ICCAT SCRS Bluefin Tuna Stock Assessment Session, SCRS/98/22) was updated, where possible, and available for the current assessment (**Table 5a, Figure 5**). In 1998, several newly analyzed catch rate series were also presented and the analytical treatment of two of the indices (U.S. rod & reel small and U.S. rod & reel large) resulted in separation of these time series into two stanzas. This treatment of the time series was continued in the updates presented in SCRS/00/96). One of the previously available series which was updated and available for the present

assessment was based on a systematic, fishery-independent survey (U.S. Larval Survey in the Gulf of Mexico, SCRS/00/101). Another was based on catch rate data from the Canadian tended line fisheries for large fish in the Gulf of St. Lawrence, which was also updated to include additional information and standardized through a general linearized model (SCRS/00/44). Two of these were from Japanese longline catch rate data. Document SCRS/00/133 updated catch rates from the Japanese longline fishery; one updated index was from the northwest Atlantic and another was a provisional catch rate time series from the Japanese central Atlantic fishery for 1990-1999. SCRS/00/133 also presented updated catch rate information for the Mediterranean and east Atlantic, although that information is not shown in **Table 5a**. An updated analysis from the U.S. long line fishery in the Gulf of Mexico (SCRS/00/102) was also provided

Document SCRS/00/133 presented results of various GLM analyses of the Japanese bluefin tuna catch rate time series. Previously, the Group concluded that inclusion of by catch species in the standardization had little effect on the catch rate series from the western North Atlantic, but noted that the inclusion of catch rates of by-catch species in the Gulf of Mexico index could result in different patterns than when by-catch is not included or when different by-catch species were included. This was further investigated during the 1998 assessment session. These time series were modeled during the working session using generalized linear mixed models with random effects terms for year*area and year*month as well as year*area*month interactions, a procedure recommended in SCRS/96/63 (Rev.) to take account of correlation between observations in catch rate time series. The Group agreed to apply the same time-series in the present assessment.

The United States presented a fishery-independent index based on a larval survey in the Gulf of Mexico during the spawning season (SCRS/00/101), an index derived from longline catches from the Gulf of Mexico and nearby waters (SCRS/00/102), and multiple indices from the rod and reel fishery off the northeastern United States (SCRS/00/96). All indices were derived using the approach in which separate analyses are conducted on the proportion of the observations with positive catches and on the positive catches. At the 1996 Group meeting, for the U.S. rod and reel time series for small and large bluefin fish catch rates, the delta-lognormal approach was adopted as the standard for this assessment. This choice was guided by results of simulation studies previously provided to the Group which indicated that this approach showed superior performance relative to a number of other approaches tested for recovering known catch rate patterns in simulated data and since residual pattern examinations did not allow clear choice of the superior method of modeling. These procedures were used in the updated analyses of these data. Additionally, generalized linear mixed models of these data were employed to take account of correlation between observations in catch rate time series through inclusion of random effects terms involving year interactions. The fishery-based indices were developed with general linear modeling approaches. For each, the proportions positive were analyzed using a binomial error assumption, and lognormal or Poisson error assumptions were used for the positive catch rates. In addition, the fishery-based indices were analyzed using fixed effects models and using random effects models. Initially, each index was developed based on fixed effects such as year, month, and fishing area as well as any continuous covariates. Once a final fixed effects model was determined, then random effects terms were added and tested for significance; the random effects terms included year interactions with each of the main effects in the final fixed effects model as well as any continuous covariates. In the small fish case, the analysis was constructed to control for potential regulatory effects by separating the time series pre- and post- 1993. Additionally, size structure information for the later time series was available, and the recent time series was separated into components representing fish 66-114 cm SFL (primarily fish aged 2 and 3) and 114-144 cm SFL (mainly fish aged 4 and 5). Document SCRS/00/96 also applied random effects generalized mixed models to the U.S. rod & reel large fish data series. As with the small fish series, an analysis was constructed to better control for regulatory effects by separating the time series pre- and post-1993. The 1998 Group recognized that the approach used for analysis could provide a better way to control for regulatory effects, but found the assessment results somewhat sensitive to inclusion of a recent, short time (5 years) series and recommended use of a single time series for the 1998 western Atlantic stock assessment. Although the present analysis extended the recent times series to seven years,

the Group agreed to retain the single time series for fish >195 cm for the present assessment, as was done in 1998, since time did not permit a full suite of sensitivity analyses to investigate this and other features of the assessment.

Updated standardized relative abundance indices were presented for Canadian bluefin tuna fisheries in the Gulf of St. Lawrence (1981-99) and off southwest Nova Scotia (1988-99) based on data from commercial log records (SCRS/00/44). Methods used were as in the 1998 Bluefin Tuna Stock Assessment. A delta lognormal-binomial model was used to standardize the Gulf of St. Lawrence series, which is characterized by high proportions of "0" catch trips and a Poisson loglinear model was used for the southwest Nova Scotia data. In addition, alternate analyses using step-wise regression to determine the most appropriate delta lognormal-binomial model specifications for standardizing CPUE series were presented for both series. For both indices, the 1998 and 1999 points are substantially higher than values for the years immediately prior to this period. These increases in the commercial catch rates are consistent with reports from the Canadian bluefin tuna fishing industry. In past assessments, a series of pre-specified factors were estimated for each year based on the ratio of the numbers at age from Canadian tended line catches for ages 13 and older fish (numbers at age for fish aged 13+14+15+16 and older) to fish ages 10 and older, to make allowance for the fact that the Gulf of St. Lawrence index applies to age 13+ rather than age 10+ fish. The proportional catch of age 13 and older fish in the age 10+ grouping for the period from 1981 to 1999, respectively, are listed in **Table 5b**. At the 1998 assessment, the Group agreed to use the standardized series for the southwest Nova Scotia fisheries (1988-97) in analysis. At the current assessment, the Group agreed to apply the updated standardized index in the assessment. In the assessment, partial catches at ages 7 to 12 (13+ from the tended line fishery were considered to reflect the Gulf of St. Lawrence fishery) from the tended line and harpoon fisheries were used in weighting the southwest Nova Scotia index (see **Table 5b**).

The updated, standardized catch rates from the U.S. Gulf of Mexico longline index showed a similar pattern as in previous years. Document SCRS/00/102 derived GLM-standardized indices of abundance for large (age 8+) bluefin tuna from the pelagic long line fishery in the Gulf of Mexico. This research updated the information used for this index in the previous assessment to account for additional data. The analysis employed random effect terms involving significant year interactions. As for several other series, the 1996 Group decided to adopt the delta-lognormal modeling approach for use in assessment analyses. The Group previously and again discussed the pattern resulting from this set of data, which indicated relatively higher catch rates in the early (1987-1991) part of the time series followed by lower catch rates (1992-1999). Although the pattern might be interpreted as resulting from regulatory changes in management of the U.S. longline fishery in the Gulf of Mexico which further restricted the allowable landing limits for bluefin tuna starting in 1992, the analysis conducted was based on catch rates of both landed and discarded fish and was structured to account for operational and gear characteristics provided in fishermen's reports of daily catch and effort which were believed to relate to targeting effort. Although it cannot be demonstrated that the pattern in the catch rates are wholly due to change in abundance (likely with noise), nor can it be demonstrated that the pattern resulted wholly from changes in regulations. The Group decided that the index would be used as a single time series in the base case assessment runs, applied to age 8+ fish.

At the 1996 assessment session, the Group discussed the value of incorporating more historical catch rate information into the stock assessment. Previous SCRS reports have also stressed the importance of incorporating information of this type into analysis to provide an improved basis for assessing more historical trends in spawning biomass and recruitment. It was then recommended that data from the Japanese longline fishery from fishing areas and time periods similar to those described in SCRS/83/64 could be incorporated into the analysis. Information from these fisheries (off Brazil and off the U.S. east coast near Florida) was evaluated in SCRS/98/85. At the 1996 assessment, summarized data (5x5 monthly catch and effort) were examined, and the preliminary analyses conducted confirmed the general patterns in catch rates for the "Western Large Fish" and "Tropical" regions reported in SCRS/83/64. SCRS/98/85 presented analyses of these data and contrasted the results against SCRS/83/64. For the part of the time

series which overlapped, the results in SCRS/98/85 were similar to those of SCRS/83/64. However, SCRS/98/95 found, for the Brazilian fishery, that inclusion of earlier data (pre-1960) resulted in a pattern of increasing and then decreasing catch rates over time, which could have indicated a pattern of learning, changes in targeting, or of some localized abundance pattern. During that pre-1960 period, the Japanese longline fishery did not target bluefin. Additional analyses conducted at the 1998 assessment, using random effects models to account for correlation between observations in the time series, modified the results from that presented in SCRS/98/85. These comparisons and results of analysis were presented in SCRS/98/22. The 1998 Group discussed the possibility that the patterns observed off Brazil may have related to only a portion of the resource and for this reason, might not be as reliable an indicator as other time series. It was noted that this feature is more or less common to all of the catch rate time series available for bluefin assessments. The Group discussed the possibility that the catch rate pattern from off Brazil represented depletion of a separate stock of bluefin to levels which could not be replenished in the face of fishing pressure. It was noted that after the large catches from this region in the 1960's, bluefin have been absent from this region. Under this hypothesis, the "Brazil stock" would be considered separate from the balance of the Atlantic and effectively extinct, thus neither catches nor catch rates from this fishery would be applicable to assessment analyses applied to the balance of the resource. On the other hand, it was proposed that the catch rate pattern could also be explained by considering the catch rate pattern to result from learning followed by a rapid decline in the abundance of the component of the resource in the region. The rate of decline could be related to reduced concentrations of bluefin in part due to movement from the region. To account for this possibility, and since linkages between the western tropical fishing zone and the Brazilian zone are known from tagging, the Group decided to consider the historical catch rate patterns as an area-weighted average between the "Western Tropical" and "Brazil" fishing areas for consideration in an Age-Structured Production Modeling approach. This information is not easily incorporated into the ADAPT assessment since reliable catch-at-age estimates for all fisheries components are not yet available for the period before 1970. The 1998 Group recommended that the sensitivity of the ASPM results to inclusion and exclusion of these historical time series in the modeling be evaluated. Based on the reported size distributions for the catches in SCRS/98/85, age range assignments of 5+ were assumed for purposes of assessment analyses.

One new relative abundance pattern for small fish (ages 1-3) was developed by the 1998 Group based on the analysis of tagging data from the west Atlantic in document SCRS/98/65. Analysis of time at large information from tags indicated an F pattern on age 1-3 fish (which was estimated with relatively high precision: CV's below 0.2). The relative abundance pattern, taking catch of fish aged 1-3 into account for the period 1964-1981 was found to be insensitive to two levels of assumed M. This pattern suggests relatively higher age 1-3 abundance in the period preceding the ADAPT assessment. This feature is consistent with other analyses (*e.g.* ASPM analyses previously employed by the Group and results of other modeling approaches which take more historical catch and effort information into account, see for instance SCRS/96/119 for results of the 'CATCHEM' algorithm) and implies both higher recruitments and spawning biomasses than in the period examined by ADAPT assessments. This feature of the data was believed by the Group to provide an improved basis for estimating long-term productivity reference levels (*e.g.* MSY and B_{MSY}).¹ The Group agreed to again apply this index to the updated assessment.

In 1998, the Group noted that an updated CPUE series, for large and medium-sized fish taken by a sub-set of commercial troller/handline and harpoon boats operating off Cape Cod and in the Gulf of Maine was made available. It was noted that this index was available for the 1993 assessment but was not used "because of concerns about the representativeness (sic) of the sample, because of the short time series and because that data (1988-93) could, in principle, be included in the <longer> us rod and reel large fish CPUE series (1983-93)". For the 1998 assessment, document SCRS/98/73 provided updated analysis of the available information for a selected set of commercial troller/handline and harpoon boats operating

¹ Note that throughout the Report, spawning biomass (or spawning stock biomass, SSB) and B are both measured in terms of the weight of fish age 8 and older. Also note that B_{MSY} and SSB_{MSY} are used interchangeably.

in the Gulf of Maine. The harpoon catch rate time series was quite similar in pattern to that for southwest Nova Scotia fish in document SCRS/98/42. As the time series was not used in the 1998 assessment, it was not updated for the present assessment. In 1998, the commercial troller/handline and the information from tournaments in Massachusetts (SCRS/98/71) showed similar levels (although with noise) to the U.S. rod & reel index information. As the time series in SCRS/98/73 and SCRS/98/71 were of shorter duration and not fully analyzed for the effects on the catch rates thought not to relate to fish abundance, and represented information for age ranges and fisheries already included in other standardized time series in the analysis, the Group decided not to include them in the base assessment in 1998. This time series was not updated for the present assessment.

For the current assessment, random effects were used to model the catch rate time series showing significant interactions involving the year term. Models were applied to updated data sets and some model error structure assumptions were changed from those used in the 1998 analyses. These data updates and error assumption changes resulted in some change in the estimated precision of the various indices. In addition, for some series for which random effects were applied at the 1998 assessment meeting, it was not possible to replicate the estimates of precision (SCRS/00/44). The reader is referred to the Detailed Report from the 1998 assessment.

The Group agreed, as it had previously in 1998, to apply 12 time series of catch rates in the ADAPT procedure to assess the status of the western Atlantic bluefin resource. These index series used are indicated in **Table 5a**. The indices included in the base case assessment represent different age ranges and different fisheries. Drawing inference by direct comparison of the indices absent of the information about the proportional contribution of each age-class in the index and the selectivity characteristics of each fishery is difficult. The assessment procedure incorporated this information in estimation of stock size and fishing mortality rate estimates. Some of the indices used in the assessment represent information from relatively large geographic ranges, in pelagic zones (generally outside of various nations Exclusive Economic Zones), while others represent information from more restricted, coastal ranges (within various nations EEZ's). Previous Groups have discussed the attributes of the coastal and pelagic indices for bluefin. The degree to which each of the different indices represent population-wide abundance trends could not be determined by the Group. However, it was noted that, to a large extent, both large and small bluefin are known to concentrate in coastal waters and can also be caught in pelagic zones, although the largest fish appear to be relatively less available to fisheries operating in the pelagic zone.

8 Environmental influences

Several documents concerning bluefin tuna presented to the SCRS in 2000 make reference to environmental conditions that may influence the fisheries or bluefin behavior. Document SCRS/00/44 suggests that the similarities in the CPUE trends observed in the past three years in the bluefin fisheries of southwest Nova Scotia and the Gulf of St. Lawrence may be influenced by environment conditions. It also questions if the catch rate series in later years in the Gulf of St. Lawrence track abundance in an environment where bluefin are approaching the northern limit of their distribution range. As previously, the Group noted that the environment can influence catch rate patterns.

Documents SCRS/00/95, SCRS/00/109, SCRS/00/126, and SCRS/00/148, collectively give information on the sea surface temperatures recorded in the areas where electronic tags have recorded data. Document SCRS/00/95 reported on the pop-up tags placed on giant bluefin tagged in the Gulf of Maine and Canadian Atlantic that were jettisoned. More extensive environmental analyses on the data collected by those tags are being prepared. SCRS/00/109 also provided information from Mediterranean and eastern Atlantic electronic tagging results to date, including information on environmental conditions at the position of pop-off. Document SCRS/00/126 provided summarized results of the Japanese tagging experiment in the Adriatic. Document SCRS/00/148 provided summary information from electronic

tagging results from large bluefin tagged along the U.S. east coast and in the Gulf of Mexico. These results are also discussed under section 6.2.

Document SCRS/00/100 examined the correlations between an environmental index (the winter NAO) and the estimates of western Atlantic bluefin year-class strength from an integrated population analysis which took pre-1970s catch and effort data into account. The document updated analyses using a statistical modeling formulation previously presented to the Group and which is responsive to the Group's previous recommendations to make use of these types of models for stock assessments. It was demonstrated, as in previous analyses, that recruitment (one-year-old fish) in the 1960s was generally similar to the levels estimated for the early 1970s in the ADAPT procedure. Although SCRS/00/100 found a negative correlation with estimates of year-class strengths with the winter NAO for the period 1960-1995, the winter NAO was found not to provide any additional predictive power when jointly considering spawning biomass and the winter NAO in explaining variation in year-class strength. The analysis also indicated that the winter NAO did not correlate with estimated survival ratios (R/SSB), while there was indication of an inverse relationship between the relative catch levels of age 10+ fish and the survival ratio estimates.

9 Assessments and methods

9.1 Weighting of data sets in the assessment

The discussions and work carried out by the bluefin assessment group during 1998 gave rise to a series of questions about how the different pieces of data, primarily abundance indices, should be weighted in the assessment. Given the knowledge available at that time, the base case 1998 assessment weighted all indices equally. It was noted that the assessment results were sensitive to the form of weighting adopted and the species group recommended "to further investigate methods to objectively estimate the variance of indices of abundance, particularly in regards to how they are used in weighting in the population models." Several papers on this topic were presented by participants in the 2000 assessment.

Document SCRS/00/94 presented a qualitative framework for evaluating western Atlantic bluefin CPUE series in terms of area and time covered by the fisheries and in terms of operational changes such as those due to gear modifications or regulatory measures. The Group noted that this was an interesting framework for examining the suitability of different indices as measures of relative stock abundance, and that with further refinement it could be made into a more quantitative approach. It was also mentioned that care should be taken to avoid using the same type of information twice, when using this approach in addition to other quantitative weighting schemes (for example, because a method of standardization may already attempt to address some of the issues in SCRS/00/94).

Document SCRS/00/33 proposed a weighting procedure, termed the "additional variance" method, which is essentially a combination of the "input variance" and "maximum likelihood" weighting scenarios applied at the 1998 bluefin assessment session. The authors suggested that this application was preferred in terms of statistical model selection criteria, such as AIC, as it out-performed the three weighting options used for the 1998 assessment ("input variance", "equal weights" and "maximum likelihood"). Meeting participants were encouraged by the results but noted that the robustness tests conducted by the authors were limited in scope, and suggested that further testing was desirable. In particular, it would be useful to examine a broader range of model mis-specification examples, and to test a broader range of weighting options.

Document SCRS/00/35 compared the "maximum likelihood", "equal weights" and "input weights" weighting schemes from the point of view that the impact that an index has on tuned-VPA results is influenced by the number of age groups represented in the index, and by pre-specified constraints such as the F-ratios (the ratio of F on the plus group to the F on the preceding age group every year). The

authors suggested that “maximum likelihood” weighting did not offer any substantive advantage over “equal weighting”. The Group noted that the simulations conducted by the authors could be expanded in scope. In addition, some of the assumptions could be scrutinized; for example, the authors assumed equal CVs for age-specific and grouped indices, but in practice it may be more realistic to assume that age-specific indices are more variable.

Document SCRS/00/104 presented a protocol for choosing a method to weight indices of abundance in an assessment. The paper recommended choosing a weighting method before the assessment is performed, based on the scientific merits of each method. Criteria for evaluating a method included whether the method allowed for input of GLM estimated variances for each data point, whether it could be adjusted for goodness of fit, whether it prevented unrealistically high weights being given to individual series and whether expert judgement on the relative reliability of the data series could be incorporated. According to the protocol, once a weighting method has been chosen, it can only be reconsidered if diagnostics showed lack of fit or model mis-specification. Nine different index weighting schemes, including input variance, equal weighting, iterative re-weighting, and several methods that input variances and estimated one or more additional variance terms, were evaluated according to the proposed scientific criteria. The document suggested that three of the methods examined can give an accurate assessment of parameter uncertainty. The three methods were based on input variances that were then modified either by expert judgement, by estimated scale parameters, or both. The Group was pleased with the framework used by the authors as a useful one to carry out this type of evaluation.

The Group decided that the weighting option to be used for the base case assessment should be decided primarily upon with the information at hand, taking into consideration that further computer coding at the meeting should be avoided. However, the base case could be reconsidered if the preponderance of evidence from model fit diagnostics suggested that it should be changed, but before examining the model predictions in any detail. The Group decided not to use “input weighting” because of some of the problems its use created during the 1998 assessment. “Maximum likelihood” weighting was also deemed problematic because, for example, it can lead to problems when applied to indices that have conflicting trends. Two of the weighting schemes in SCRS/00/104 that appeared to be good candidates were not considered because they would need to be coded, and because most participants were not yet sufficiently familiar with the methods. Similarly, the Group felt that the “added variance” method of SCRS/00/33 should be examined further inter-sessionally before being applied in the assessment.

The Group’s decision was to use “equal weighting” for the base case, and “additional variance” weighting in a sensitivity analysis. This “equal weighting” would be applied in a slightly different way than it was applied in 1998: Instead of fixing all index variances to a CV of 0.4, a common variance would be estimated as a parameter. This approach was felt to be statistically superior to assuming a variance level. It was also felt that the two approaches for equal weighting should provide similar point estimates of the parameters but would influence the bootstrap estimates of variability.

9.2 Definition of assessment model runs

The Group discussed at length what assessment runs should be made. Concern was expressed that too many methodological aspects changed between assessments over the last decade, such that it had been difficult for the SCRS to formulate consistent and concise advice to the Commission over time. Concern was also expressed that the 1998 assessment report was not sufficiently clear in explaining, in simple terms, the reasons for including alternative assumptions about the stock-recruitment relationship (SRR) directly in the population model. The Group’s discussions evolved in the context of defining a base case ADAPT assessment model that was not very different from the 1998 assessment.

With regards to the SRR, there was concern that its direct inclusion in the population model created more problems than it solved. It was noted that this issue of including it or not had been discussed over

previous assessments, and the decision had been made to include it in order to (a) help stabilize the estimates of recruitment near the terminal year, and (b) allow for a more direct match between the historical assessment of the stock and the projections. While these two goals were achieved in 1998, a side effect of including the SRR in the assessment was that, for some runs, the estimated B_{MSY} was much higher than seemed realistic when compared to ASPM results for the full time period of the fishery.

It was noted that the inclusion of a SRR in the assessment model could be best accomplished using a “statistical catch-age” model (e.g., ASAP, SCRS/98/58; ASPM, SCRS/98/77; CATCHEM, SCRS/00/100) that would essentially behave as an age-structured production model. It was also noted that such an approach could easily accommodate the historical data from the 1960s (which were not used in ADAPT because the catch-at-age data for the 1960s were deemed to be of poor quality), which would enhance the dynamic range over which the SRR is being fitted. However, the Group decided that, while a statistical catch-age approach was technically superior, its efforts would focus on ADAPT runs and a detailed examination of diagnostics. For this reason, and for the problems mentioned above, it was decided that the base case assessment would be conducted using ADAPT and excluding a stock-recruitment relationship. The choice of SRR was left to be made separately from the historical assessment of the population (see Section 10). The following runs were defined (see **Table 6** for details):

Run 98-Like: Similar to the equal weighting base case 1998 assessment, but using current catch and index data. Equal weights (ϕ assumed to be 0.4) given to the indices; “2-line” stock-recruitment relationship penalty included. Purpose: To serve as a “calibration” run for comparison between one of the 1998 base case assessments, and this year’s base case.

Run 0 (prior base case): Equal weights, but overall ϕ estimated instead of fixed as was done in 1998. Purpose: Initial candidate for the base case, to be adopted as the base case unless the model fit diagnostics suggested otherwise.

Run 1 (3 variants): As for Run 0, except that the “added variance” method of SCRS/00/33 was used for index weighting. Purpose: To explore the effect of using a new weighting method that may or may not be preferable than the “equal weights” chosen for Run 0.

Run 2 (2 variants): As for Run 0, except that F-ratios were estimated with a random walk constraint. Purpose: To explore the sensitivity of Run 0 to estimating the F-ratios with fewer input assumptions. (Note: SCRS/00/105 suggested, based on simulation, that fixing some of the F-ratios as was done in 1998 could introduce biases in the results).

Run 3: As for Run 0, except that the catches and Japanese LL index for the central Atlantic were also included.² Purpose: To explore the sensitivity of Run 0 to using a different boundary for the western bluefin stock. (Note: The group noted that contrasting sensitivity tests could be conducted by moving the stock boundary westward. As such, Run 3 should only be considered illustrative, and by no means exhaustive).

² At the request of the Commission the Group conducted analyses which included the central Atlantic catch and catch rates in the west Atlantic assessment as an illustration of possible effect. The Japanese longline fishery is the primary fishery which catches bluefin in that region. The paper on Japanese longline catch rates (SCRS/00/133) considered data from 30-45°W as well as from 0-30°W where the new fishery in the northeast east Atlantic developed in recent years, and therefore the Group decided to extract catch from those same areas. The Japanese longline catch at size from the east Atlantic have not been separated spatially to identify catches from different areas in the east Atlantic. Catches made in September-December were used to reflect catches in 30-45°W (through 1997) and catches in August in 1998-1999 were included to reflect the catches made in the area of recent expansion (0-30°W).

In terms of diagnostics, the Group decided that it would examine the following: Log-likelihood, AIC, ModelDeviance³, and residuals. Based on examination of residual trends, the group decided to make the following additional sensitivity run:

Run 4: As for Run 0, but eliminating the following relative abundance indices which showed trends that differed systematically from those expected from the model fit: Canadian southwest Nova Scotia, Japanese LL Gulf of Mexico, USA LL Gulf of Mexico, and USA RR > 195cm.

In the course of choosing the set of projections to make (Section 10), the group decided that it was necessary to carry out two more assessments. The results of these are not discussed in this section because they were made solely for the purpose of seeding the projections.

Run 5: As for Run 0, but dropping catches by Equatorial Guinea (recorded as NEI-81 in **Table 1**) for 1999 (429 MT) from the input catch data. Purpose: To investigate the sensitivity of the projections to the occurrence of this catch for which there was no quota allocated .

Run 6: As for Run 0, but dropping the U.S. rod & reel index for 66-114 cm. Purpose: To investigate the sensitivity of the projections to the lower estimates of recent recruitment levels that would be expected to result from excluding this index. This expectation was based on the notion that this index of small fish, being of short duration and placed at the end of the time series of available data, would have high leverage on the results.

9.3 Assessment results

Table 7a summarizes various diagnostics for Runs 0, 1 and 2. For comparison, **Table 7b** presents the average normalized weights for each index of abundance in each of the runs. According to the AIC criterion corrected for small sample size and to the model deviance test, one variant of the “added variance” weighting method (Run 1a) performed slightly better than the equal-weight base case (Run 0). However, the group did not believe that the improvement in fit between equal weighting and added variance was sufficiently substantial to warrant changing the base case. In the process of applying the added variance runs, the AIC value for an “input variance” became available (AIC_c = 122.6). This indicates that, according to this criterion, input variance weighting performed poorly compared to equal weighting or added variance weighting.

³ As a general test of goodness of fit, the overall model deviance was calculated for each model. This test statistic is chi-squared distributed. Values greater than 0.99 or less than 0.01 indicate that the model or the model’s likelihood function is misspecified. Deviance is given by (Gelman et al. 1995):

$$c_{n-1}^2 = \sum_i \sum_y \frac{(x_{i,y} - E(x_{i,y} | q))^2}{\text{var}(x_{i,y} | q)}$$

where n is the number of data points, $x_{i,y}$ is the observed value of index i in year x , $E(x_{i,y}|q)$ is the expected value of the index i in year y , given the estimated parameters q , (i.e. $E(x_{i,y}|q)$ is the predicted value of index i in year y), and $\text{var}(x_{i,y}|q)$ is the variance of $x_{i,y}$. The variances were calculated from the variances (s^2) output from the VPA model as:

$$\text{var}(x_{i,y} | q) = (\exp(s^2) - 1) \cdot E(x_{i,y} | q)^2$$

Figure 6 depicts the observations for each index (symbols) and the values predicted by the various ADAPT runs (lines). Visual examination of the residual patterns led the group to make a sensitivity analysis (Run 4) in which the indices for Canada SWNS, Japan and US LL for the Gulf of Mexico, and U.S. rod & reel (bluefin larger than 195 cm) were removed because the patterns exhibited positive and negative “residual runs”. This new assessment run, also depicted in **Figure 6**, did not lead to very different residual patterns compared to the base.

Based on these comparisons and on the diagnostics presented, the group decided to keep Run 0 as the base case assessment.

Figure 7 (a through c) shows the SSB, recruitment and F_{8+} point estimates obtained with Run 0 (base), Run 1 (a-c) and Run 2(b-c). Overall, estimates of the three quantities exhibited similar tendencies. However, there were substantial differences in magnitudes in different time periods. In terms of SSB, Run 2b (F-ratios estimated with a constraint to force small variations) and Run 4 (four indices with suspect residual patterns excluded) gave higher initial estimates than the base and added variance cases (**Figure 7a**). In terms of recruitment, estimates varied more towards the end of the time series, with lower values for two of the added variance runs than for all other runs (**Figure 7b**). Fishing mortality estimates on adult bluefin showed small differences between the runs, particularly towards the end of the time series (**Figure 7c**).

Figure 8 compares the base case to Run 98-like and to the 1998 base case assessment that was closest to the model in Run 98-like (equal weights, fixed input ϕ of 0.4, 2-line stock-recruit relationship). The initial (1970) SSB estimate from the 1998 assessment was substantially higher than the estimates obtained with the base case or with Run 98-like, suggesting that the updating of the time series of data (both catch and indices) had an influence. Recent recruitment estimates are somewhat higher for the base case than for Run 98-like.

Figure 9 compares the base case with Run 3 where data from the central Atlantic east of the 45° line were annexed to the western stock for illustrative purposes. As expected from the additional catches since the early 1980s, recruitment estimates are higher; recent SSBs are also slightly higher. Fishing mortalities, though not shown in the figure, were also higher. As previously noted, contrasting sensitivity tests could be conducted by moving the stock boundary westward but this was not done by the Group.

Table 8 (a through c) provides point estimates of stock sizes, biomass and fishing mortalities from the base case ADAPT assessment. Note that the recruitment values for 1997-1999 were replaced by the prediction of the 2-line SRR fitted to the 1976-1996 estimates and subsequent cohorts recalculated. Plots of some of the results including bootstrap confidence intervals are shown together with the projections (see Section 10).

In summary, the new stock assessment gives a perception of stock status that is very similar to that obtained in the last assessment, with one important exception: That recent (1995-1996) estimated recruitment levels are notably higher than estimated on average during the previous 1½ decades. However, as explained in the following section, there is much uncertainty associated with such estimates and they should be viewed with circumspection. The perception of stock status is that recruitment has remained low since 1977 and that spawning biomass declined between the early 1970s and 1990, and has since then remained stable. Estimates of current status relative to MSY-based reference levels (Section 9.4) are indicative of an overfished resource.

The magnitude of recent recruitment levels has obvious implications for the projections. Unfortunately, with the current assessment approach and data, it will not be possible to obtain more accurate estimates of these values until more data have accumulated (i.e., until each cohort has been “observed” in the fishery for a number of years). This problem has been experienced by this assessment working group in

past years (**Figure 15**), and it will likely be experienced again in the future, until such time as more reliable monitoring of juvenile abundance is implemented.

9.4 Yield per recruit and spawning per recruit analysis

Methods: Yield per recruit (YPR) and spawning biomass per recruit (SPR) analysis was conducted for the base case ADAPT run. Inputs to the analysis are given in **Table 9** and the results are plotted in **Figure 10**. All fishing mortalities are expressed relative to the 10+ age group, which is the fully-selected age group. Partial recruitments were calculated as the normalized geometric means of fishing mortalities from the base case ADAPT run for the years 1995-97 run (the method was identical to that used to calculate partial recruitments for the stock projections). Weights at age were calculated from the growth curve up to age 25, beyond which the same weight (760 kg) was assumed for all older ages.

Results: $F_{0.1}$ was estimated to be 0.097 and F_{max} was estimated to be 0.168. The corresponding values of YPR are 40.03 and 42.95 kg/R, respectively. Corresponding estimates of SPR are 407.3 and 242.6 kg/R, respectively. The SPR values correspond to 38.2% and 22.8% of the maximum SPR attained at $F=0$ (1065.85 kg/R). The current fishing mortality, $F_{99} = 0.36$, is well in excess of both $F_{0.1}$ and F_{max} .

10 Projections

10.1 Methods

Inputs to the primary set of projections were derived from the base case described in Section 9 (equal weighting of indices). Past projections for western Atlantic bluefin tuna stocks have generally relied on some parametric model for predicting recruitment, conditional on the estimated or projected value of spawning biomass. Technically, the method used to conduct the projections is called a model-conditioned parametric bootstrap; i.e., replicate data sets used for the computation of confidence intervals are generated by adding noise to the index values predicted by the best fit of the population model to the original data.

There was one paper (SCRS/00/103) that presented new methodologies pertinent to stock projections which suggested a decision analysis approach for presenting stock assessment results to facilitate their interpretation. This requires the identification of alternative scenarios or hypotheses that can affect the outcomes of alternative management policies, presentation of the expected outcomes of each policy under each alternative hypothesis, and estimation of the probabilities for each alternative hypothesis that reflect the weight of evidence in support of each alternative. The paper provided a methodology to compute the probabilities for the alternative assumptions about future recruitment for western Atlantic bluefin tuna using importance sampling. The paper also suggested a protocol that could be applied to construct a balanced set of alternative recruitment hypotheses for consideration in decision making and provided an example based on the 1998 assessment.

Stock-recruitment relationships. Stock-recruitment relationships were formulated on the basis of two alternative scenarios: (i) average future recruitment levels will not exceed the levels observed for 1976-1996 (about 77,000) (*the low recruitment scenario*, LRS), and (ii) average future recruitment levels will increase towards the levels observed in the early to mid-1970s (about 224,000), once the spawning stock rebuilds sufficiently (*the high recruitment scenario*, HRS). The Group believed that these represented reasonable (but not extreme) lower and upper bounds on rebuilding potential.

For the low recruitment scenario, both 2-line and Beverton-Holt stock-recruitment relationships were fitted to the data to determine which provided the best representation. The fits were very similar over the range of the data, but the estimate of steepness for the Beverton-Holt relationship was about 1.0, implying

infinite slope at the origin. Therefore, the 2-line model was used to represent the low recruitment scenario. The 2-line model was specified by constructing a straight line from the origin to the recruitment given by the mean spawning biomass during 1991-1995, and above this level, a constant value for recruitment was estimated from the ADAPT stock and recruitment estimates for recruitments covering the period 1976-1996. For the deterministic version of the base case (**Figure 11a**), this resulted in the two lines joining at a spawning biomass of 7087 MT and a recruitment level of 76,967 age 1 fish, with corresponding estimates of $MSY = 3460$ MT, $B_{MSY} = 16,900$ MT (19.9% of the unexploited stock size, B_0), and $F_{MSY} = 0.167$. For the high recruitment scenario, a Beverton-Holt relationship was fit with the constraint that recruitment not exceed the average 1970-74 level. For the deterministic version of the base case (**Figure 11b**), this resulted in estimates of Beverton-Holt parameters of $\hat{a} = 220,982.5$ and $\hat{a} = 16,441.44$, with associated variables, steepness (h) = 0.787, $MSY = 7500$ MT, $B_{MSY} = 65,000$ MT (28.6% of the unexploited stock size, B_0), and $F_{MSY} = 0.101$.

It should be noted that the maximum recruitment levels used in 2-line models for 1994, 1995 and 1998 projections were based on recruitment estimates from 1981 onward, instead of 1976 onward (excluding the most recent three years in all cases).⁴ Neither period is inherently more valid than the other. Using the 1976-1996 period in this session results in a maximum recruitment level for the 2-line model about 2.5% higher than if the 1981-1996 period had been used.

The other main difference between the LRS and the HRS is that the 2-line model assumed no serial correlation in recruitment, whereas the Beverton-Holt model assumed a correlation coefficient of 0.5.

For the bootstrapped projections, recruitment variability, $\hat{\sigma}_R$, was estimated from the historical time series, rather than assuming a fixed $\hat{\sigma}_R = 0.4$ as was done for the 1998 assessment. For the deterministic version of the base case, $\hat{\sigma}_R$ was estimated to be 0.383 for the LRS and 0.584 for the HRS. Values of $\hat{\sigma}_R$ were estimated individually for each bootstrap projection and re-set to 0.4 whenever estimates were less than this value.

Current population size. The recruitment values estimated from ADAPT for 1997-1999 were replaced with predicted values from the stock-recruitment relationship used to represent either the LRS or the HRS, as appropriate. Numbers and fishing mortality at age values for young ages in the last three years were recalculated based on these substituted recruitments and the observed catches at age (see SCRS/98/54-Rev). Projections were initiated with the terminal year (2000) numbers at age for ages 4 and older.

Partial recruitment. Partial recruitment (which combines the effects of gear selectivity and availability of fish by age) was calculated from the normalized (re-scaled) geometric mean values of fishing mortality at age for the years 1995-1997. The partial recruitment vector for the deterministic version of the base case was also used as input to yield per recruit analysis (**Table 9**).

Weights-at-age. For equilibrium reference points, the 1999 calculated weights at age were used for all age groups, with the weight at age for ages beyond the 10+ group being assumed to be identical to that for the 10+ group (**Table 4**). The Group noted that the assumption that the weight of the plus group

⁴ During the 1998 session of the Group, a Beverton-Holt stock-recruitment function was fit within the adapt assessment software to the recruitment estimates from 1976 onwards under the assumption of zero serial correlation. However, this model was not used in the 1998 low recruitment projections. Instead the 2-line model with maximum recruitment set to the geometric mean of recruitments from 1981 onwards (excluding the last three years) was used. Doing so necessitated using an *ad hoc* method to estimate MSY related quantities (see page 27 of the 1998 Detailed Report). For the 2000 session, the maximum recruitment level was estimated by fitting the 2-line model to the 1976-1996 recruitment and corresponding spawning biomass estimates, in a similar manner to the previous Beverton-Holt fit, again assuming zero serial correlation in residuals. This made it possible to calculate MSY-related quantities directly, rather than relying on the previous *ad hoc* method. It subsequently emerged that most participants had not realized during the meeting that this change in the baseline period for the projections using the 2/line model had occurred. However, as noted in the text, the difference is relatively small.

remains at the 1999 level, without allowing for changes in the age composition of the plus group as stock abundance changes, could result in substantial mis-estimates of B_{MSY} and related variables. The Group recommended that existing assessment software be modified to properly account for changes in the age and size composition of the plus group. In contrast, for the projections, the average weight of the plus group was recomputed each year. The observed weights at age for the terminal year, 1999, were used to set the weights for ages 1-9. Then, as in previous assessments, the average age of the plus group was projected into the future and converted into an average weight using the standard growth curve, as detailed in SCRS/98/54(Rev).

Natural mortality. All projections were conducted using a constant natural mortality rate of $M = 0.14$.

Future catches. The catch for 1999 was calculated by multiplying the estimated catch numbers at age for 1999 by the average weights at age for 1999 and summing over ages. This resulted in an estimated catch of 2889 MT, somewhat higher than the 2771 MT recorded in ICCAT's Task I database (**Table 1**). The calculated 1999 catch was assumed for 2000. For years beyond 2000, projections were continued using various levels of constant catch, to the extent that such constant catches were feasible to achieve. To determine whether a target catch is feasible in a given year, the fully-selected F corresponding to the target catch, the projected stock sizes and vector of partial recruitments was calculated. However, F was constrained to not exceed a value of 2.0 per year so, if necessary, catches were recalculated to conform to this constraint. Catch levels in the range 0-3000 MT were examined. An additional run with a catch of 5000 MT was also conducted.

Reference biomass levels. Projected spawning stock biomass was expressed relative to both the spawning biomass associated with MSY (i.e. B_{MSY}) for the appropriate recruitment scenario, and the 1975 SSB. B_{MSY} was used as a reference level for rebuilding because it is the target of the current Rebuilding Program. The 1975 SSB was used as a reference level for rebuilding because it has frequently been assumed as the rebuilding target in previous assessments where it had been suggested as a proxy for B_{MSY} .

10.2 Results

Projection results were presented as medians (50th percentile) and 10th and 90th percentiles of 200 runs. However, concern was expressed over the possibility of bias in the uncorrected medians and other percentiles. One factor contributing to differences between deterministic and bootstrap median spawning biomass projections was the assumption of a lognormal distribution for recruitment variation about the stock-recruitment relationship for the latter. The fact that the mean of this distribution is larger than its median will tend to move the median bootstrap projections above their deterministic counterparts. Furthermore, there are other factors related to the non-linearity of the estimation model which could also introduce bias into the bootstrap distributions (Efron, 1982). It is important that these issues concerning potential bias be resolved before the next assessment meeting.

Projected spawning stock biomass (SSB) was expressed in three ways for each of the two recruitment scenarios (LRS and HRS): in absolute numbers, relative to the 1975 SSB, and relative to the appropriate estimate of B_{MSY} . Median results from bootstrap runs using constant future catches ranging from 0 to 3,000 MT are presented in **Figure 12**. All constant catch levels within this range resulted in some degree of stock rebuilding. An additional run showed that a constant catch of 5,000 MT essentially resulted in extinction by about 2010 for both recruitment scenarios, but constant catch levels between 3,000 and 5,000 MT were not projected. For the low recruitment scenario, all catch levels less than or equal to 3,000 MT resulted in rebuilding to the LRS B_{MSY} prior to the year 2018, while catch levels less than 2,700 MT resulted in rebuilding to the 1975 SSB by 2018. For the high recruitment scenario, catch levels of 2,300 MT or less resulted in rebuilding to the HRS B_{MSY} , while all catch levels less than or equal to 3,000 MT resulted in rebuilding to the 1975 SSB by 2018. Corresponding deterministic runs gave similar results in that all constant catches between 0 and 3,000 MT resulted in rebuilding; however, the rates of rebuilding

were somewhat lower, reflecting the concerns about potential bias in the median estimates discussed in the previous paragraph.

Figures 13 and 14 provide deterministic estimates, medians, and 10th and 90th percentiles for recruitment, SSB, F/F_{MSY} , SSB/SSB_{75} , and SSB/SSB_{MSY} for the LRS and the HRS, respectively. In some cases, the deterministic estimates were substantially different from the medians, a phenomenon that requires further examination in the context of the concerns expressed about the possibility of biased estimates, as noted above. For example, for the LRS, the point estimate of B_{MSY} was 16,868 MT while the median estimate was 16,811 MT. For the HRS, the point estimate of B_{MSY} was 65,012 MT and the median estimate was 65,916 MT (**Table 10**). As in previous years, the Group decided to present median results in the Executive Summary. It should be noted that fishing mortality often exceeds F_{MSY} for the first several years of rebuilding.

For the LRS, the projections indicate that a constant catch of 3,000 MT per year has about a 75% probability of allowing rebuilding to the associated B_{MSY} by the year 2018 (**Table 11**). Furthermore, a constant catch of 2,500 MT per year has about a 56% probability of allowing rebuilding to the 1975 stock size by 2018. For the HRS, a constant catch of about 3,000 MT per year has about a 62% probability of allowing rebuilding to the 1975 stock size, and with a constant annual catch of 2,500 MT there is about a 47% chance of rebuilding to the associated B_{MSY} by 2018.

The Group was concerned about the influence of (a) the unexpectedly high catches attributed to Equatorial Guinea, and (b) the high recruitment levels estimated for the 1994 and 1995 year classes (**see Figure 7b**). There were three main reasons for concern about the reliability of the high recruitment estimates: (i) previous assessments have often resulted in high estimates of recruitment for proximate years, but these estimates have failed to be substantiated in subsequent assessments (**Figure 15**); (ii) the catch rate indices that pertain to young bluefin tuna are generally short time series that may therefore have high leverage in the assessment fitting process (particularly the U.S. rod & reel 66-114 cm index); and (iii) the addition of two relatively high levels of recruitment means that the stock-recruitment relationship for the LRS results in estimates of resilience (as indexed by the slope at the origin) and maximum recruitment that are considerably in excess of those used in projections in the 1998 assessment. The effect of the large 1994 and 1995 year-classes also carries through into the projections in two different ways: it inflates the sizes of incoming year-classes in the initial years of the projection due to the use of autocorrelation in the estimates of recruitment, and it augments the projected spawning biomass from the age of maturity onwards. Thus, the Group was very concerned that the estimated size of the 1994 and 1995 year-classes may give an overly optimistic picture of both the rate and extent of rebuilding.

To address concerns about the Equatorial Guinean catches and the estimated high recent recruitments, three sensitivity runs were conducted in a deterministic mode only. The first was identical to the base case except that Equatorial Guinea catches were excluded (case 5 in Section 9). The second was identical to the base case except that the 1994 and 1995 year-classes were excluded from the stock-recruitment relationships and substituted based on the remaining data. The third was identical to the base case except that the U.S. rod & reel index for 66-114 cm fish was excluded from the analysis (case 6 in Section 9).

In all three cases, attempts to fit stock recruitment relationships for the high recruitment scenarios resulted in unstable estimates of parameters. In particular, estimates of MSY and B_{MSY} from the Beverton-Holt relationship were very sensitive to the amount of auto-correlation assumed. However, there was inadequate time to pursue this important issue further. In the meantime, the high recruitment scenarios were not considered further for these sensitivity analyses.

Results for the case with Equatorial Guinean catches excluded were similar to the base case for the LRS (**Figure 16**). This was not surprising given that Equatorial Guinean catches were only recorded in a single year. Estimates of biomass trajectories indicate that catch levels up to 3,000 MT will rebuild to

the associated B_{MSY} level by the year 2018, and catches of 2,300 MT or less will rebuild to the 1975 level by the year 2018. Note that these results and those for the following two sensitivity analyses were from deterministic runs only, and therefore cannot be compared directly to the median results presented for the base case.

Results for the case with the 1994 and 1995 year-classes substituted by recruitments computed from a stock-recruitment relationship incorporating data from the earlier years indicated that rebuilding is retarded by this substitution, but that the stock would still increase at catch levels up to 2,700 MT for the LRS (**Figure 17**). Estimates of biomass trajectories indicate that catch levels up to 2,300 MT will rebuild to the associated B_{MSY} level by the year 2018, and catches of 1,500 MT or less will rebuild to the 1975 level by the year 2018.

Results for the case where the U.S. rod & reel index for 66-114 cm fish is excluded indicated that all constant catches up to 3,000 MT would result in some degree of rebuilding for the LRS (**Figure 18**), although not as rapidly as in the base case projections. Estimates of biomass trajectories indicate that catch levels up to 3,000 MT will rebuild to the associated B_{MSY} level by the year 2018, and catches of 2,000 MT or less will rebuild to the 1975 level by the year 2018. Therefore, the U.S. rod & reel 66-114 cm index is not the only factor leading to estimates of the 1994 and 1995 year-classes that are appreciably higher than any of the 1980-93 year-classes.

Effect of the choice of recruitment scenarios. Compared to the HRS, the LRS results in a lower rebuilding potential for the stock and a lower estimate of B_{MSY} . Thus, under the LRS, it may be relatively easier to rebuild to the corresponding B_{MSY} , but it will be more difficult to rebuild to a target that is independent of the stock-recruitment relationship, such as B_{75} . These comparisons are evident from **Figures 13 and 14**.

Effect of the biomass level used as a reference point for rebuilding. This choice, whether to measure rebuilding in terms of SSB in 1975 or an estimate of B_{MSY} , depends on the parameters of the stock-recruitment relationship, does not have much impact in terms of the sustainability of catch levels examined here. Choice of this measure is however important in terms of rebuilding time schedules.

Comparison of biomass reference levels between this assessment and the 1998 assessment. Biomass reference levels in the current assessment (**Table 10a**) differed considerably from those used in the 1998 assessment (Table 13 of the 1998 Detailed Report, reproduced here in **Table 10b**). There are several reasons for the difference:

- S** The data used to fit stock-recruitment relationships (i.e., assessment estimates of recruitment and spawning stock biomass) differed due to the addition of two more years of catch and catch rate indices
- S** For the HRS, the Beverton-Holt relationship was constrained to produce recruitments and B_{MSY} estimates that were within the range deemed reasonable based on the collective experience of the Group, particularly in terms of previous western Atlantic bluefin tuna assessments conducted using alternative models such as ASPM and CATCHEM.
- S** In this assessment, recruitment variability, $\hat{\sigma}_R$, was estimated from the historical time series for each bootstrap projection and re-set to 0.4 whenever estimates were less than this value, rather than assuming a fixed $\hat{\sigma}_R = 0.4$ as was done for the 1998 assessment

Overall, estimates of MSY and B_{MSY} for the low recruitment scenario were somewhat higher in the current assessment compared to the 1998 assessment, while estimates for the high recruitment scenario were considerably higher in the 1998 assessment compared to the current assessment. The primary

reason for the LRS differences is the inclusion of the 1994 and 1995 year-classes which are appreciably larger than any of the 1980-93 year-classes. The HRS differences also arise from the high estimated recruitments at low spawning biomass which change the slope (increase the steepness) of the estimated stock-recruitment relationship.

In summary, the results presented here are more optimistic than the 1998 projections about the sustainability of future catches near or somewhat in excess of recent levels. In terms of relative trends in catch and stock size, the current assessment is similar to recent previous western Atlantic bluefin tuna assessments. However, projections based on recent assessments have not been as consistent or stable as the assessments themselves. The reason for this is that the sustainability of specific constant catch levels is highly dependent on the estimates of population size and recruitment in recent years and the stock-recruitment relationship used for projections, all of which have large uncertainty. The other important feature in the current projections is the striking differences in the results obtained from the two recruitment scenarios. The median estimate of B_{MSY} is 3.9 times higher for the HRS compared to the LRS (**Table 10**). Thus, the HRS results in much more rapid rebuilding to much higher levels. For the LRS, the primary assumption is that recruitment cannot get much higher than the level observed since the late 1970s, no matter how much stock size rebuilding takes place; for the HRS, the primary assumption is that rebuilding to higher levels of biomass will eventually result in recruitment values as high as those observed in the early 1970s. At present, the Group has no objective means to decide which of these recruitment scenarios is more probable, but both are plausible.

11 Effect of regulatory measures

An extract of the regulatory measures adopted by the Commission for the western Atlantic bluefin tuna stocks is given in **Table 12** (as given in COM-SCRS/00/10-bis).

11.1 Catch limits

The first regulatory measure for a scientific monitoring level was adopted for western Atlantic bluefin catches in 1981. Since then, monitoring levels have been changed in various years. The history of the catch limits and reported and/or estimated catches (landings and dead discards) are compared in **Table 13**. Up to 1998, limits were for catches while for 1999, the allowance for discards was specifically mentioned and separated (see last column of **Table 13**). In **Figure 19**, the catch limit (including discard allowance for 1999) is compared to the estimated catch.

Until 1987, both estimated catches and landings were below or equal to the level of the catch limits. However, from 1988 to 1997, estimated landings were very close to the level of the limits and, for some years, exceeded the limit by a maximum of 100 MT. Estimated catches (including discards) were higher than the limits every year during this period (by about 200 to 300 MT) with the exceptions of 1992 and 1997. The estimated catches and landings exceeded the limits in 1998 and 1999, by approximately by 300 MT and 200 MT, respectively.

It should be pointed out that for compliance purposes, some countries are using years that do not correspond to calendar years, while in **Table 13** and **Figure 19**, the catches are shown in calendar years. Also, according to the ICCAT regulatory measure, the amount of catch which exceeded the quota or was left over from the quota can be carried over to succeeding years. Hence, the catch limit set for each year could have been adjusted accordingly. It should also be pointed out that the excess of the catch limits in most recent years is due to some new fisheries which operated without a legal quota (see Section on catch).

11.2 Minimum size regulations

For the west Atlantic, a size limit of 6.4 kg with 15 percent allowance, in number of fish, has been in effect since 1975. In addition, a prohibition on the taking and landing bluefin tuna less than 30 kg (or 115 cm) with an 8% tolerance, by weight on a national basis, became effective in 1992. **Table 14** and **Figure 20** provide a summary of the proportions of undersized fish (in weight). The 6.4 kg minimum weight limit is not shown in the table, since the 115 cm size limit is more restrictive. It is noted that, since 1992, the proportion of undersized fish for all catches combined has been below the allowance level.

12 Recommendations

12.1 Statistics

1 The Group recommended that the fishing authorities, fishing institutes, national statistical institutions, and individual scientists in ICCAT and cooperating countries/entities/fishing entities provide the ICCAT Secretariat with reliable data on catch, effort, and size in the format requested, and on as fine a scale as possible. These obligations are considered as minimum standard as they are clearly stated in the ICCAT Convention, FAO's Code of Conduct for Responsible Fisheries as well as the UN Implementation Agreement (UNIA).

2 The Group recommended that efforts be made to provide estimates of uncertainty (e.g., coefficients of variation) for statistics (e.g., landings, discarded catch, other forms of fishery induced mortality) which are estimated from sampling surveys.

3 The Group recommended that logbooks or other reporting systems providing equivalent detailed information be completed for all commercial and recreational fisheries. At present, some fisheries do not have requirements for such data collection systems, and there is a paucity of information on these fisheries.

4 The Group recommended that the estimated catches by Equatorial Guinea (NEI 81) based on the Bluefin Tuna Statistical Documents (BTSDs) in the west Atlantic be further investigated to determine their accuracy. This requires collaboration among pertinent authorities involved in collecting BTSDs. If the catch is confirmed as being from the west Atlantic, every effort must be made to obtain more detailed data as to area, time, and size of the fish caught.

5 The Group recommended that further attention be paid to the collection of data on discards and their subsequent estimation so that the effect of discarding can be fully included in the stock assessment. The quality of the information is enhanced by Observer Programs. Observer sampling should be sufficient to quantify discarding in all months and areas and to avoid the need for pooling across time or area strata thought to be important to constructing estimates. Studies should be conducted to improve estimation of discards and to identify methods that would reduce discard mortality. Studies should also be conducted to estimate the subsequent mortality of bluefin discarded alive.

12.2 Research

Biological

1) Issues associated with spawning site fidelity, migration paths, and mixing are amongst the most important of the uncertainties in the assessment and management of Atlantic bluefin tuna. The Group noted considerable progress in this research and believed that the most expedient means to fully address hypotheses related to these issues are as follows:

Spawning site fidelity:

- S** conventional, archival, and pop-up satellite tagging on the spawning grounds during the spawning season
- genetic analyses based on samples of small juveniles collected near the spawning grounds or spawning fish collected on the spawning grounds during the spawning season
- microconstituents analyses of small juveniles collected near the spawning grounds or spawning fish collected on the spawning grounds during the spawning season (once methods for identifying natal spawning grounds have been developed)

Migration paths:

- S** conventional, archival, and pop-up satellite tagging of spawning fish on the spawning grounds
- development and application of archival tags to small fish
- conventional, archival, and pop-up satellite tagging of other fish in other locations, preferably based on experimental designs to test specific hypotheses, rather than relying on opportunistic tagging

Extent of mixing:

- S** microconstituents and/or genetic analyses of age 0 or 1 individuals to identify spawning grounds (pilot study, and if successful, to be followed by representative sampling from each major fishery)
- conventional tagging based on a statistical design to ensure adequate and representative recaptures in each major fishery

The Group recommended continued and enhanced cooperation among scientists conducting research on the eastern and western stocks, in order to collaborate on tagging experiments, and to collect and analyze samples for genetics and microconstituents studies. The Group suggested that priority be given to the tagging of spawning fish on the Gulf of Mexico and Mediterranean spawning grounds, the collection and exchange of tissue samples for genetics analysis from age zero fish or spawning fish from these spawning grounds, and the collection and exchange of tissue and otolith samples from young-of-the-year (preferable) or one year-old fish for genetic and microconstituents analysis. It was noted that problems associated with the low recovery rates of PSATs deployed in the east Atlantic and Mediterranean must be resolved before tagging research objectives can be achieved.

2 The Group endorsed the recent recommendations of the GFCM/ICCAT Ad Hoc Working Group (COM-SCRS/00/25). In particular, the Group supported the recommendation for an intersessional meeting to review and integrate research results as they relate to biological mechanisms and how they should be best addressed in stock assessments (including the implications of possibly different growth rates). Participation should include scientists from the east and west Atlantic and Mediterranean, as well as global experts. There is a strong need to move from an opportunistic to a broad-scale design based program. The need for dialogue between scientists and managers was also highlighted as these new research results point to the need to rethink both assessment and management approaches.

3 The Group recommended a fuller exploration of the tagging database to generate testable hypotheses about migration paths by age and area of origin. More formal and statistically rigorous incorporation of tagging data (e.g., SCRS/00/98) into assessment models should be further explored.

4 The Group recommended that carefully designed and closely-monitored scientific fishing (by research vessels or commercial fishing vessels) be allowed and encouraged, even in areas where there are currently prohibitions on full-scale commercial fishing, in order to address specific hypotheses about spawning locations and site fidelity, migration paths, extent of mixing, trends in abundance, and life history parameters. Limited scientific fishing should also be allowed in areas where very small juveniles are

known to be present, in order to conduct tagging and provide samples for genetic and microconstituents analysis.

5 The Group recommended that extensive maturity studies already underway be continued in the east and west Atlantic and Mediterranean. This should be a priority as a difference in the age of maturity ogives would be compelling evidence for two or more biological stocks. In addition, satellite tagging results showed fish of spawning age in the central Atlantic at the time which they would be expected to spawn, which should be investigated. The Group endorsed the proposed exploratory research sampling of larvae and spawning-sized tuna in the central Atlantic as outlined in SCRS/00/125.

6 The Group recommended that a quantitative review of information on larval bluefin samples be undertaken.

Tuning Indices

7 The Group recommended that treatment of zeros in the CPUE analyses be further examined and standardized. For those indices not using delta lognormal approaches for dealing with zeros, this should be investigated.

8 The Group recommended that interaction effects in abundance indices where the underlying reason is not apparent should be investigated. These interactions may be explained when finer spatial and temporal scales are used and this should be explored.

9 The Group recommended that standardized methods to select CPUE model variables be implemented. Analyses using step-wise regression to select the model variables (SCRS/00/44) is one alternative that the West Bluefin Tuna Stock Assessment Group may wish to consider.

10 The Group recommended that, to the extent possible, the effects of changes in regulatory measures be incorporated more explicitly into procedures for standardizing CPUE indices. CPUE by age should be calculated where possible in order to compare age-specific trends across the various indices and to attempt to evaluate inter-age covariance within specific fisheries.

11 The Group noted that most of the indices of abundance calculated for the various Atlantic bluefin fisheries indicated time-area effects that might be explained in part by environmental variability. Causes for this variability may include short- and long-term, small- and large-scale changes in the ocean climate and/or changes in the availability of prey species over a similar time and area scale. The Group recommended research to document the fishery and oceanographic history for the areas in which fisheries for Atlantic bluefin be conducted. Such research might include the compilation of an oceanic climatological series for the area, and information related to the abundance of forage species as, such as squid, herring, sardines, mackerel, butterfish, sand eel, and other species. The expectation is that where such data series exist, they might be used when standardizing the abundance indexes for Atlantic bluefin tuna. Further, if these data series prove of sufficient extent in time and area, they also may be used to investigate reasons for the apparent major historical shifts in areas of abundance for Atlantic bluefin that have occurred over the past five decades.

12 The Group recommended the application of survey techniques, such as aerial surveys, to provide consistent time series of relative abundance for small fish.

Assessment methods

13 The Group recommended that a clearer process be established for evaluation of and agreement to new methods to be used in the Bluefin Tuna Stock Assessment Group.

14 The Group recommended further evaluation and use of diagnostics to be used in the assessment models. This would also be helpful to the other SCRS stock assessment groups.

15 The Group recommended evaluation of stock assessment methods that are robust to bias and variability of the estimates of F ratios, estimate absolute abundance of large fish (or at least bounds on these estimates), and are robust to misreporting of catch and to mis-ageing of the catch.

16 The Group recommended that data be collected on items that will allow better estimates of the F on older ages, such as direct ageing, separate indices of abundance for older ages or the plus group, and/or tagging experiments designed for this purpose.

17 The Group recommended further investigation of methods to objectively estimate the variance of indices of abundance, particularly in regard to how they are used in weighting in the population models.

18 The Group recommended that alternate assessment approaches, such as CATCHEM (SCRS/00/100) that allow for errors in the catch at age, be further developed for more extensive use at meetings in the near future. This has broad implications (not just for assessment results) in the way data are reported by national scientists and retained by ICCAT and this should be addressed (e.g., the actual size frequency observations used to estimate the catch at size for the various fleets).

19 The Group raised concerns over the potential bias in the uncorrected median (50th percentile) results reported for the projections. If such a bias exists, it means that the results presented, including the probability of rebuilding to target levels by the 2018, may be optimistic to an unknown degree. It is important that this issue of potential upward bias be investigated for the next assessment.

20 The Group recommended that existing assessment software be modified to account for changes in the age and size composition of the plus group as stock abundance changes, where this has not already been done.

12.3 Management

The Group's management recommendation is directed at the Rebuilding Program (described in the first paragraph of the BFT section of this Report) adopted by the Commission in 1998. In light of the uncertainty in the assessment (particularly with regard to estimates of recent high recruitment), projections, the choice between recruitment scenarios, and assumption about mixing, the Group recommended that the TAC not be changed significantly from the current level of 2,500 MT per year. Projections based on the low recruitment scenario, assuming the estimates of recent high recruitment are accurate, indicate that the TAC could be increased without violating the Rebuilding Program (**Table 11**); however high levels of recruitment are inconsistent with the low recruitment scenario. The high levels of recent recruitment estimated in this assessment point to a higher biomass level as a rebuilding target, such as the B_{MSY} associated with the high recruitment scenario, in which case there is almost a 50% probability of rebuilding with the current TAC of 2,500 MT (**Table 11**). The Group noted that B_{MSY} for the high recruitment scenario is not well determined by the spawner-recruit data examined in this assessment. Previous analyses, based on a longer time series of spawner-recruit estimates, indicated that the biomass level in 1975 is a reasonable proxy for B_{MSY} . Maintaining the annual catch at about the current TAC level gives at least a 50% probability of rebuilding to the 1975 biomass by 2018, for both recruitment scenarios (**Table 11**).

One implication of mixing of bluefin tuna between the western and eastern management units that is clear from the work of the Group is that the abundances of fish and the fisheries in the east and west are related. The condition of the eastern Atlantic stock and fishery could adversely affect recovery in the west Atlantic, which was also noted in the Group's 1998 report. Therefore, the Group stressed the

importance of continuing efforts to manage the fisheries in both the east and west Atlantic in a sustainable manner.

References

BUCKLAND, S.T., K.P. Burnham, and N.H. Augustin. 1997. Model selection: An integral part of inference. *Biometrics*. 53:603-618.

EFRON, B. 1982. *The Jackknife, the Bootstrap and Other Resembling Plans*. CABS Monograph No. 38, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

GERMAN, A., J. B. Carlin, H. S. Stern and D. B. Rubin. 1995. *Bayesian Data Analysis*. Chapman and Hall.

ICCAT. 1984	SCRS/83/64
ICCAT. 1994	SCRS/93/52
ICCAT. 1997	SCRS/96/119
ICCAT. 1999	SCRS/98/22
ICCAT. 1999	SCRS/98/33 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/42
ICCAT. 1999	SCRS/98/54 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/58
ICCAT. 1999	SCRS/98/65
ICCAT. 1999	SCRS/98/71
ICCAT. 1999	SCRS/98/73
ICCAT. 1999	SCRS/98/77
ICCAT. 1999	SCRS/98/85
ICCAT. 1999	SCRS/98/95
ICCAT. 2000	1999 SCRS Report

**RAPPORT DE LA SESSION D'ÉVALUATION DU SCRS ICCAT
DES STOCKS DE THON ROUGE OUEST-ATLANTIQUE**
(Madrid, Espagne - 18-22 septembre 2000)

1 Ouverture et organisation de la réunion

La session d'évaluation de 2000 du stock de Thon rouge ouest-atlantique a eu lieu au siège de l'ICCAT à Madrid, Espagne. La séance a été ouverte par le Dr Joseph Powers, Président du SCRS. Après consultation des scientifiques nationaux avant la réunion, le Dr Powers a recommandé que le Dr Michael Sissenwine (États-Unis) soit désigné pour présider cette réunion. Des scientifiques ont ensuite été désignés comme rapporteurs au titre des points spécifiques de l'ordre du jour. Cette procédure a été acceptée par les participants. La liste des rapporteurs est la suivante:

Rapport détaillé

1	Ouverture et organisation de la réunion	Peter Miyake, Julie Porter
2	Examen de la réunion du Groupe du travail sur les Méthodes	Victor Restrepo
3	Examen de la réunion CGPM/ICCAT	Steve Turner
4	Examen des faits nouveaux intervenus dans les pêcheries	Julie Porter
5	Statistiques de capture	Peter Miyake
6	Structure du stock et paramètres biologiques	Julie Porter, Gerald Scott
7	Indices d'abondance relative	Gerald Scott
8	Influences environnementales	Gerald Scott
9	Évaluations et méthodes	Victor Restrepo
10	Projections	Pamela Mace
11	Effet des mesures de réglementation	Peter Miyake
12	Recommandations:	
	12.1 Statistiques	Julie Porter
	12.2 Recherche	Julie Porter
	12.3 Gestion	Michael Sissenwine
13	Adoption et clôture	

Projet de résumé exécutif

Préambule	
BFT-1 Biologie	Michael Sissenwine
BFT-2 Description des pêcheries	Julie Porter
BFT-3 État du stock	Victor Restrepo
BFT-4 Perspectives	Pamela Mace
BFT-5 Effets des réglementations	Peter Miyake
BFT-6 Recommandations de gestion	Michael Sissenwine

En outre, le Dr Julie Porter a assumé les fonctions de Rapporteur général de la réunion.

L'ordre du jour, diffusé par le Secrétaire exécutif de l'ICCAT le 26 juillet 2000, a été adopté (**Appendice 1**).

Tous les participants se sont présentés. La liste des participants est jointe en **Appendice 2** à ce Rapport.

Les documents présentés lors de la session se trouvent en **Appendice 3**.

2 Examen de la réunion du Groupe de travail sur les Méthodes

La réunion 2000 du Groupe de travail ICCAT sur les Méthodes d'évaluation des stocks a fait l'objet d'une récapitulation par son Président, le Dr Victor Restrepo. Cette première réunion avait pour principal objectif d'améliorer la qualité générale des évaluations menées par l'ICCAT. C'est pourquoi le Groupe de travail sur les Méthodes a proposé la création et le maintien d'un catalogue des méthodes d'évaluation au Secrétariat, destiné à mieux documenter le logiciel utilisé par les groupes de travail d'évaluation. Le Groupe a également recommandé un ensemble de mesures que les scientifiques devraient prendre avant ou pendant les réunions d'évaluation afin de renforcer le contrôle de la qualité. Une de ces mesures consistait à conserver au Secrétariat une copie de toutes les valeurs d'entrée, logiciels et valeurs de sortie des analyses réalisées lors d'une évaluation. Le Groupe d'évaluation du stock de thon rouge ouest-atlantique a donné son ferme appui à cette recommandation.

Le Groupe de travail sur les Méthodes a également traité des méthodes employées pour la standardisation de la CPUE qui abordent des questions spatiales et de ciblage, et a formulé plusieurs recommandations qui figurent dans le rapport de cette réunion.

Le Groupe de travail sur les Méthodes a brièvement abordé la question de la cohérence dans les méthodes d'évaluation destinées à fournir un avis lors des programmes de rétablissement. Il a recommandé que le modèle actuel soit l'hypothèse zéro et que le groupe de travail soit suffisamment convaincu que toute nouvelle méthode apporte une amélioration pour qu'un changement se produise, et prépare suffisamment de documentation à l'appui.

Le Groupe de travail sur les Méthodes a aussi permis aux participants de présenter des documents sur divers thèmes méthodologiques intéressant les groupes de travail d'évaluation ICCAT. Il a été noté que les débats sur une question individuelle au sein du Groupe de travail sur les Méthodes ne remplaceraient pas nécessairement les débats généraux sur le bien-fondé de la même méthode lors de l'évaluation ultérieure d'une espèce donnée. Le Groupe de travail sur l'évaluation du stock de thon rouge ouest-atlantique a fait sienne cette idée mais a fait remarquer que le Groupe de travail sur les Méthodes gagnerait à examiner les questions méthodologiques de manière générale, et signale des cas particuliers où une méthode donnée ne devrait pas être employée.

3 Examen de la réunion CGPM/ICCAT

Le Président du SCRS a présenté un résumé de la réunion CGPM/ICCAT tenue à Malte (COM-SCRS/00/25). La réunion avait pour thème les données de base des pêcheries (prise, prise-effort et taille) de thon rouge, d'espadon et de germon disponibles à partir des pêcheries méditerranéennes. Dans la pratique, l'accent a été mis sur le thon rouge et l'espadon car les prises déclarées de germon étaient relativement faibles et manquaient de cohérence.

Les statistiques des pêcheries méditerranéennes se sont nettement améliorées ces dernières années (1998 et 1999), notamment en ce qui concerne le bassin méditerranéen occidental, où le projet

COPEMED (financé par l'Espagne à travers la FAO) a permis aux pays participants d'élargir leurs systèmes de collecte de données (y compris le Maroc, la Tunisie, la Libye et Malte). Il a toutefois été observé que plusieurs pays doivent continuer dans cette voie. En outre, on a signalé que certains grands pays pêcheurs n'ont déclaré aucune donnée de taille ou de taux de capture depuis la dernière évaluation du thon rouge (et de l'espadon). La réunion CGPM/ICCAT a décidé que les données de taille actuelles ne justifient pas à ce stade la création de données de prise par taille au titre du thon rouge méditerranéen (ou de l'espadon), à moins que des substitutions non confirmées soient réalisées, notamment pour les très fortes prises de la CE-Italie.

La réunion s'est penchée sur le problème de la caractérisation de l'incertitude dans la déclaration des statistiques et des estimations dérivées de cette information aux fins de l'évaluation. Elle a reconnu que la variance de certaines statistiques peut être estimée, mais qu'il serait difficile de l'estimer pour d'autres. Il a été recommandé que le Sous-Comité des Statistiques ICCAT envisage de recueillir des informations sur les objectifs d'échantillonnage national, les procédures d'échantillonnage et les systèmes d'estimation, ce qui servirait de premier pas en vue d'appréhender les points forts et les points faibles de l'information utilisée pour l'évaluation et la gestion.

L'évolution du marquage électronique du thon rouge des deux côtés de l'Atlantique a été examinée. Il a été noté que le réseau de récupération des marques établi à la réunion CGPM/ICCAT de 1998 avait apparemment bien fonctionné dans la mesure où de nombreuses marques électroniques (mais vraisemblablement pas la totalité) avaient été récupérées dans des pays méditerranéens et que le taux de récupération des marques conventionnelles pourrait avoir augmenté. On a procédé à l'examen des résultats du marquage expérimental réalisé dans l'Atlantique et en Méditerranée au moyen de marques-archives pop-up par satellite (PSAT) et de marques-archives apposables. Les marques pop-up libérées dans la Méditerranée et dans l'Atlantique ont rencontré moins de succès que celles de l'Atlantique ouest. Les scientifiques européens ont signalé qu'il était indispensable de rechercher la raison de ces différences avant d'effectuer un marquage PSAT expérimental visant à déterminer la biologie du thon rouge. Des recommandations ont été formulées à cet effet.

D'autres recommandations ont été formulées à la réunion CGPM/ICCAT, à savoir (1) qu'il serait bon de tenir une réunion inter-sessions destinée à élaborer des taux de capture standardisés à partir des pêcheries méditerranéennes et associées dans l'Atlantique est (telles que les madragues espagnoles et marocaines) pour le thon rouge et l'espadon, et (2) que l'ICCAT devrait envisager de tenir une réunion inter-sessions afin d'examiner et d'intégrer les résultats de la recherche sur les mécanismes biologiques et la structure des stocks et d'identifier la meilleure façon de les utiliser dans les évaluations de stocks.

4 Examen des faits nouveaux intervenus dans les pêcheries

Le thon rouge est capturé dans l'ensemble de l'océan Atlantique et de la Méditerranée (**Figure 1**). Les prises déclarées au titre de 1998 et 1999 (estimations de rejets comprises) pour le thon rouge ouest-atlantique se sont élevées à respectivement 2.652 t et 2.771 t. De 1995 à 1999, les prises ouest-atlantiques (estimations de rejets comprises) se sont situées en moyenne à 2.500 t, soit le même niveau que pour la précédente période de cinq ans (1990-1994) (**Tableau 1; Figure 2**).

Canada: En règle générale, les flottilles de pêche au thon rouge canadiennes ont déclaré, en 1998 et 1999, des taux de capture plus élevés et un nombre accru de zones de pêche productive (SCRS/00/44). Les débarquements nominaux canadiens de thon rouge se sont élevés à 595 t en 1998 et 576 t en 1999. En outre, on estime respectivement à 16 t et à 11 t les rejets de thons rouges morts dans la pêcherie palangrière visant l'espadon. Les pêcheries de thon rouge canadiennes opèrent dans plusieurs zones géographiques au large des côtes atlantiques, de juillet à novembre, période durant laquelle le thon rouge migre dans les eaux canadiennes (**Figure 3**). Les principales pêcheries commerciales se trouvent au large

de la Nouvelle Écosse (Hell Hole, canne et moulinet/ligne à main; Baie de Fundy, harpon; Baie de Ste Marguerite, madrague; Canso, canne et moulinet; et Halifax, canne et moulinet/ligne à main), au sud du Golfe du St Laurent (ligne à main/canne et moulinet), et sporadiquement le long de la côte occidentale et au centre des Grand Banks of Newfoundland (ligne à main/canne et moulinet). Généralement, la localisation du thon rouge capturé dans ces zones a suivi un schéma cohérent ces deux dernières années et est comparable à celle signalée par Stone et Porter (SCRS/98/42) pour la période 1994-1997. La seule différence majeure réside dans le fait que les prises (le nombre de thons) effectuées dans le Hell Hole sont quelque peu supérieures à celles de 1996 et 1997, et se sont davantage concentrées dans l'espace, la pêche ayant de plus en plus recours à la canne et au moulinet en sus de la ligne à main traditionnelle.

Japon: Aucun fait nouveau n'est à signaler dans la pêche palangrière ouest-atlantique au titre de ces dernières années. Les captures annuelles se sont chiffrées à 691 t en 1998 et à 365 t en 1999. La flottille commence ses opérations dans l'Atlantique ouest à la fin octobre ou au début novembre et y met fin lorsque le quota de thon rouge est atteint, habituellement au début ou à la mi-janvier. Le thon obèse est également ciblé dans la même zone. La majorité de la capture se concentre en décembre, puis en janvier. Le poisson capturé est de taille petite à moyenne et se situe dans une fourchette de 120 à 200 cm; sa taille a tendance à être plus grande au début puis diminue au fur et à mesure que la saison avance. La zone de pêche se situe à l'extérieur de la ZEE des États-Unis et couvre la frange septentrionale de l'Atlantique ouest, notamment la ZEE canadienne (**Figure 4**). Certains changements ont été observés dans la configuration des engins; à partir de 1996, l'utilisation de matériel nylon pour les lignes principales et les avançons s'est généralisée. À la fin des années 1980, le nombre de hameçons entre les flotteurs est passé de 5 et 6 à 7 et 8.

Bien que la pêche japonaise située à l'est du parallèle 45°W soit considérée dans l'évaluation est-atlantique, la pêche de l'Atlantique central a été examinée aux fins d'une analyse de la sensibilité. Depuis 1995, le développement de la pêche se poursuit dans l'Atlantique centre-nord entre 50° et 65° de latitude Nord (sud de l'Islande). La saison de pêche démarre un mois plus tôt, c'est-à-dire en août au lieu de septembre. Au fur et à mesure que la saison avance, les bateaux progressent vers le sud-ouest pour atteindre le parallèle 40°W en décembre et cesser habituellement leur activité de pêche.

États-Unis: Les débarquements déclarés par les pêcheries se sont élevés à 1.235 t en 1998 et à 1.212 t en 1999, soit un chiffre légèrement inférieur à celui de 1997 (1.317 t). Ce volume similaire de débarquements entre 1998 et 1999 est supposé être dû principalement à des effets de gestion, et la baisse des prises de petits poissons, qui sont passées de 166 t en 1998 à 103 t en 1999, est également attribuée à la gestion. Les estimations des rejets morts ont été révisées pour la série temporelle (1987 à ce jour; SCRS/00/97), mais il subsiste une incertitude considérable (voir Section 5). En 1998 et 1999, les rejets morts étaient estimés respectivement à 105 t et à 151 t.

De 1997 à 1999, des changements sont intervenus dans la pêche de canne-moulinet opérant l'hiver au large de la Caroline du Nord. Conformément à la réglementation en vigueur, pratiquement tous les poissons supérieurs à 177 cm (SFL - longueur droite à la fourche) capturés dans cette pêche ont été relâchés, et les pêcheurs ont été autorisés à débarquer un poisson par sortie dans la gamme 66-177 cm. En 1998, les taux de capture enregistrés dans la zone exploitée entre 1994 et 1997 étaient assez faibles, et une concentration de thon rouge a été localisée à 80-160 km de la côte en direction sud-ouest. En 1999, les taux de capture ont continué à être plus élevés dans cette zone plus méridionale.

Royaume-Uni (Bermudes): Parmi les Territoires d'Outre-mer du Royaume-Uni qui ont accédé à l'ICCAT, seuls les Bermudes pêchent actuellement le thon rouge. Cette pêche est pratiquée dans l'Atlantique ouest, principalement dans la Zone Économique Exclusive des Bermudes. Tous les bateaux de cette pêche sont des palangriers et les débarquements de thon rouge se sont élevés à 2 t en 1998 et 1 t en 1999.

Autres: Le Brésil (bateaux battant le pavillon de la Guinée équatoriale affrétés par le Brésil) a déclaré 13 t, et le Mexique 14 t. Le Document Statistique Thon rouge a signalé 429 t additionnelles de thon rouge ouest-atlantique capturées par la Guinée équatoriale (NEI 81 au **Tableau 1**) qui n'ont pas été déclarées par l'État de pavillon. Il n'existe aucune autre information sur ces pêcheries (voir Section 5).

5 Statistiques de capture

Prise

Le Secrétariat a présenté les données de capture de thon rouge atlantique et les statistiques de débarquement par région/pays/entité/entité de pêche et par engin pour les années 1950-1999. Ces données tenaient compte de tous les changements adoptés à la récente réunion du Groupe de travail *ad hoc* CGPM/ICCAT sur les Stocks de grands pélagiques de la Méditerranée (Malte, 11-15 septembre 2000) concernant les statistiques de la Méditerranée et d'une partie de l'océan Atlantique.

Le document SCRS/00/97 a présenté les estimations des rejets palangriers fondées sur l'observation directe de la flottille pélagique des États-Unis entre 1992 et 1999. La méthode appliquée a fourni une base permettant de caractériser l'incertitude des estimations. En raison du faible échantillonnage obtenue dans un certain nombre de strates géographiques et temporelles, la procédure d'estimation a regroupé des strates de façon à atteindre un minimum de 30 observations par strate. L'ordre de groupage utilisé s'est fondé sur une analyse qui a indiqué des différences moindres entre les années qu'entre les strates géographiques ou trimestrielles. L'effet du postulat du groupage a été comparé et l'on a observé que les estimations réalisées ces dernières années sans groupage étaient quelque peu inférieures à celles effectuées avec le groupage. Le Groupe n'a pas su avec certitude si la méthode de groupage offrait la meilleure estimation pour chaque année individuelle, mais il a fait observer que, si l'on examinait l'intégralité de la série temporelle, cette méthode fournissait une série temporelle cohérente. Le Groupe a convenu d'utiliser dans l'évaluation la série temporelle de la méthode de groupage, mais il a recommandé d'envisager un plus grand nombre d'observations par strate afin d'éviter le recours au groupage à l'avenir.

Prise non déclarée

Le Groupe a examiné le document COM-SCRS/00/15 du Secrétariat qui présentait les résultats des Documents Statistiques Thon rouge (BTSD) par rapport aux données de capture Tâche I. Il a signalé qu'un volume important de thon rouge capturé par des bateaux battant le pavillon de la Guinée équatoriale avait été exporté au Japon, selon les informations fournies par le Japon dans ses BTSD. Dans ce document, le Secrétariat n'indiquait que le poids du produit exporté, conformément aux instructions de la Commission. Le Groupe a converti le poids du produit (éviscéré et sans branchie) en poids vif (à l'aide d'un facteur de conversion de 1,13) pour parvenir à 429 t. Il a été noté que ces dernières années, les captures importées de Guinée équatoriale étaient uniquement originaires de l'Atlantique est et de la Méditerranée, mais qu'en 1999, pour la première fois, elles provenaient de l'Atlantique ouest au lieu de l'Atlantique est. L'origine du poisson est consignée dans les documents BTSD et cette information n'est pas nécessairement correcte. Une analyse de la base de données a indiqué que la majorité du poisson importé au Japon en 1999 provenait de Port of Spain, Trinidad-et-Tobago, et qu'une petite quantité émanait de Las Palmas, Espagne. Il s'agit uniquement de produits éviscérés et sans branchie. En sus de ces estimations, il faut ajouter 13 t de thon rouge capturées par des bateaux battant le pavillon de la Guinée équatoriale affrétés par le Brésil et déclarés par ce dernier. Il a été confirmé que ce poisson brésilien a été capturé dans l'Atlantique ouest. Le poisson a été exporté au Japon et le BTSD a été validé par les autorités brésiliennes. On croit donc savoir que ces prises n'étaient pas incluses dans les documents BTSD validés par le Gouvernement de Guinée équatoriale. Comme on ne peut pas prouver

que ces poissons ont bel et bien été pêchés dans l'Atlantique ouest, il a été décidé d'inclure la totalité des captures dans l'Atlantique ouest, dans la catégorie NEI-81, comme il est décrit dans le BTSD.

Le Groupe a ensuite examiné le tableau des captures et a introduit quelques modifications au titre de 1998 et 1999 pour le thon rouge de l'ouest pour lequel de nouvelles données sont devenues disponibles. Les données de capture Tâche I, telles qu'elles figurent au **Tableau 1** et à la **Figure 2**, ont été approuvées.

Prise par taille et prise par âge

Le schéma de substitution a été présenté par le Secrétariat pour le thon rouge de l'Atlantique ouest afin d'actualiser la prise par taille utilisée lors de la session d'évaluation de 1998 jusqu'à 1999 compris. Pour la plupart des pêcheries, les données de prise par taille ont été récemment fournies par les scientifiques nationaux. Les données de prise par taille correspondant aux nouvelles séries de rejets morts pour les pêcheries palangrières atlantiques des États-Unis ont également été soumises par les scientifiques nationaux.

Les prises du RU-Bermudes, Brésil-Guinée équatoriale, Guinée équatoriale et Mexique n'ont pas de données de taille correspondantes. Comme ces prises étaient prétendument constituées d'une majorité de gros poissons, les données de taille de la pêche palangrière des États-Unis ont été utilisées comme données de taille de substitution. Dans le cas du Mexique, ce procédé est conforme à la pratique antérieure.

La même procédure de découpage des âges utilisée depuis plusieurs années a été à nouveau employée pour convertir la prise par taille en prise par âge. Cette procédure a recours à la courbe de croissance du SCRS/93/52, et une séparation empirique de modèles pour les âges 1-3, selon le cas, a été appliquée comme par le passé pour convertir la prise par taille en prise par âge. Les résultats de l'Atlantique ouest sont récapitulés au **Tableau 2** et au **Tableau 3**, lequel inclut l'Atlantique centre-nord. Le **Tableau 4** indique le poids à l'âge à partir du découpage des âges pour l'Atlantique ouest.

6 Structure du stock et paramètres biologiques

6.1 Paramètres biologiques d'entrée

Des valeurs paramètres de courbe de croissance ont été adoptées comme pour les évaluations de l'Atlantique ouest de 1994, 1996 et 1998: $L_4 = 382,0$ cm, $t_0 = 0,707$, $k = 0,079$ (SCRS/93/52). On a postulé, comme par le passé, que l'âge de la première maturité sexuelle était de 8 ans pour l'Atlantique ouest. Le document SCRS/00/98 a fourni une méthodologie permettant d'estimer M dans une formulation VPA lorsque les données de marquage sont prises en compte. Bien que les estimations de M obtenues avec cette procédure pourraient être confondues avec d'autres sources de perte de marques, les estimations provenant de l'application aux données entre 1970 et 1998 appuient généralement un niveau d'environ 0,14, sans toutefois suggérer une valeur supérieure pour les poissons juvéniles, dans la fourchette des âges où les données de marquage sont disponibles. En 1998, le Groupe a examiné les implications d'un vecteur de taux de mortalité naturelle variable avec l'âge, tel que celui utilisé dans les analyses du thon rouge du sud en ce qui concerne l'évaluation du thon rouge de l'ouest. Il a été noté que les schémas globaux de l'évaluation n'étaient généralement pas sensibles à ce postulat. Il a également été constaté que les données de marquage disponibles pour estimer les taux de mortalité naturelle spécifiques de l'âge pour le thon rouge de l'ouest ne permettaient pas de rejeter l'hypothèse d'un taux de mortalité naturelle constant en fonction de l'âge pour la fourchette des âges indiquée dans l'évaluation. Le Groupe a convenu de continuer à utiliser un taux de mortalité naturelle constant $M=0,14$ pour actualiser l'évaluation.

6.2 Mélange et identification du stock

Modèles de mélange. Plusieurs documents ont abordé différentes façons d'examiner l'effet du mélange sur les résultats de l'évaluation du stock. Le document SCRS/00/98 s'est appuyé sur des formulations du modèle de VPA à priori qui accommodait l'évaluation simultanée de deux stocks avec des gammes chevauchantes. Le modèle a été appliqué aux données de capture, d'abondance et de récupération de marques du thon rouge atlantique durant la période 1970-1997. Dans les applications examinées, bien que les coefficients de mélange estimés se soient avérés considérablement différents de 0, à la fois avec le modèle de chevauchement et le modèle de diffusion, les tendances de l'abondance correspondantes qui ont été estimées sont semblables à la VPA sans mélange. Le Groupe a noté les progrès considérables réalisés dans la façon dont les données de marquage sont incorporées dans l'évaluation. Il a également fait observer que l'inclusion de données de marquage dans la procédure d'évaluation donnait une appréciation de l'état du stock ouest plus optimiste ou plus pessimiste en fonction de l'application du modèle et des données utilisées, mais que l'évaluation du stock est bien moins sensible à la gamme des coefficients de mélange estimés à partir des données. Il a été constaté que la complexité des déplacements suggérée par les données de marquage actuelles pourrait être améliorée si les modèles comprenaient des strates spatio-temporelles plus fines qui tiennent compte des effets du mélange. Le Groupe a noté qu'il serait bon de mener une plus ample recherche sur ce thème.

Le document SCRS/00/105 a examiné la simulation, l'effet de réaliser une évaluation avec un postulat de deux stocks, lorsque les données simulées sous-jacentes émanaient d'un seul stock. Bien qu'il ne puisse être généralisé, le document a indiqué que sous les postulats des simulations, les schémas de recrutement généraux de la VPA estimés à l'est et à l'ouest pouvaient, en partie, s'expliquer en affectant des prises aux analyses postulant deux stocks. Le document a également indiqué qu'une spécification erronée des F-ratios peut également se répercuter sur les tendances estimées dans l'évaluation. Le Groupe a fait observer que ces simulations nécessiteraient une gamme bien plus vaste de postulats sous-jacents avant que les résultats puissent être généralisés.

Examen de l'information sur l'identification du stock. Le Groupe a examiné les dernières informations disponibles afin de résumer les nouvelles connaissances biologiques sur l'identification et le mélange du stock.

Distribution des captures. La distribution des captures a été examinée (voir Section 5) et a permis de conclure que la capture palangrière japonaise est continue dans tout l'Atlantique nord (**Figure 4**).

Marquage. Le rapport du SCRS de 1999 a indiqué qu'un certain nombre de programmes de marquage ont été mis en oeuvre dans l'Atlantique est et en Méditerranée, ainsi que dans l'Atlantique ouest. Les programmes semblent avoir des objectifs quelque peu différents et l'on ne sait pas au juste quels sont les postulats spécifiques qui sont testés dans chaque programme, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats dans le contexte de l'évaluation de la structure du stock de thon rouge atlantique. En 1999, le SCRS a recommandé de renforcer la coordination entre ces programmes et d'élaborer des prototypes expérimentaux destinés à tester les postulats indispensables aux évaluations de l'état du stock réalisées par l'ICCAT. Cette question a fait l'objet d'une session particulière lors de la récente réunion conjointe CGPM/ICCAT (COM-SCRS/00/25 (Section 6 et Appendice 4)). À cette occasion, il a été proposé de tenir une réunion inter-sessions chargée d'examiner plus avant la coordination de la recherche en Méditerranée et dans l'Atlantique, notamment les objectifs et les priorités de la recherche. Cette proposition a été entérinée par le groupe d'évaluation du stock de thon rouge de l'ouest.

La séance d'évaluation a été saisie de deux documents sur le marquage à l'ouest et d'un document sur le marquage à l'est. Le document SCRS/00/95 a récapitulé le marquage pop-up par satellite réalisé sur le thon rouge géant dans le cadre du programme américano-canadien, dans le Golfe du Maine et dans

l'Atlantique canadien. Depuis 1997, 58 marques-archives pop-up satellite à point unique et 21 marques-archives pop-up satellite photo-sensibles ont été apposées sur le thon rouge géant (178-266 cm SFL) dans l'Atlantique nord-ouest. Sans exception, les résultats du marquage effectué entre 1997 et 2000 ont indiqué que tous les poissons marqués se trouvaient dans l'Atlantique central lorsque leurs marques ont émis un signal, et que 30-58% étaient annuellement dans la zone de gestion orientale. Des données sont actuellement disponibles pour décrire l'intégralité des circuits migratoires et des associations environnementales (au large pendant 80-342 jours) de douze spécimens (193-266cm). Le document SCRS/00/148 a fait le point sur le marquage réalisé au moyen de marques-archives et pop-up sur le thon rouge dans l'Atlantique nord-ouest. Depuis 1996, 380 thons rouges atlantiques ont été équipés de marques-archives ou de marques pop-up via satellite. Sur les 279 marques-archives implantées, 30 ont été récupérées et 21 ont été renvoyées. Soixante-dix marques pop-up par satellite ont fourni la localisation, la température ambiante et/ou les mouvements de fond. Des informations sur les déplacements saisonniers, les schémas de déplacement transatlantique, les préférences de profondeur et les comportements reproducteurs ont été obtenues sur des poissons supposés s'inscrire dans la gamme d'âge de 6-13 ans. Les auteurs ont suggéré que le thon rouge marqué à l'ouest présente au moins trois types distincts de comportement: (1) résidence occidentale sans visite des zones de frai; (2) résidence occidentale avec reproduction dans le Golfe du Mexique; et (3) migrations transatlantiques vers l'Atlantique est ou la Méditerranée. Le document SCRS/00/109 a présenté de nouveaux résultats sur le marquage du thon rouge méditerranéen au moyen de marques pop-up émettant via satellite. Six (50%) des marques de 1998 et six (15%) de celles de 1999 sont remontées avec succès à la surface; il est encore trop tôt pour que les marques déployées en 2000 émettent leur signal. Plusieurs marques ont donné des résultats intéressants. Une marque déployée à la Barbate a été détectée dans la mer du Groenland, la position la plus septentrionale jamais enregistrée sur un thon rouge. Une autre marque déployée à la Barbate a émis à 20.269°N, 29.673°W, à proximité de la limite méridionale du stock est-atlantique. Le Groupe CGPM/ICCAT a conclu qu'il est essentiel d'appréhender les raisons du faible taux de transmission rencontré dans cette étude, et il a proposé de procéder à d'autres recherches à cette fin.

En outre, le document SCRS/00/106, qui examine l'avis fourni à la Commission sous le postulat des deux stocks, a souligné que le retour des marques conventionnelles apposées sur les petits poissons (<6,4 kg) qui ont été marqués à l'ouest et recapturés à l'est dans les années 1990, ainsi que des marques conventionnelles pour toutes les tailles et la récente information sur les marques électroniques sur le thon rouge moyen et grand, ont suggéré que les taux d'échange sont bien plus élevés que prévu. Le document se demande s'il est avantageux de continuer à fournir un avis sur l'ouest indépendamment des pêcheries réparties partout ailleurs dans l'Atlantique. Pour les décennies antérieures, le document a indiqué des proportions similaires de recaptures transatlantiques comme dans les examens précédents des données de marquage. Lors des débats, il a été noté que des analyses de population incorporant ces données de marquage avaient été réalisées (SCRS/00/98) et avaient estimé des taux de transfert relativement faibles compatibles avec les analyses précédentes. Il a été recommandé d'analyser plus avant ces données.

En se fondant sur plus de quarante ans d'études de marquage conventionnel et d'autres programmes de recherche, le Comité scientifique a clairement déclaré que l'état du stock est-atlantique et la pêche pourraient avoir des répercussions négatives sur le rétablissement du stock est-atlantique en raison des échanges (ICCAT 2000). Les résultats des études de marquage électronique menées à ce jour qui ont été examinés à cette réunion n'ont fait qu'étayer cet avis. Le marquage électronique indique que le poisson marqué à l'ouest se déplace considérablement à travers la ligne de démarcation. En outre, il pose d'importantes questions sur le comportement reproducteur (le lieu, la saison et la fréquence; voir ci-dessous).

Même si les techniques de marquage électronique accélèrent et élargissent l'information obtenue par rapport aux études de marquage conventionnel, il faut cependant veiller à ce que les données soient représentatives à la fois dans le temps et dans l'espace. Il est important de disposer d'une série temporelle suffisamment étoffée pour comprendre les mécanismes sous-jacents des modes de déplacement; les

conclusions basées sur des séries temporelles courtes pourraient être invalidées par des anomalies environnementales et mener à des conclusions spéculatives. De la même façon, il est important que la recherche englobe la répartition intégrale du thon rouge dans l'Atlantique et la Méditerranée; les conclusions tirées des études portant uniquement sur l'Atlantique ouest pourraient avoir une interprétation différente si le même niveau de recherche avait également été déployé dans l'Atlantique est (y compris toute la Méditerranée).

Distribution larvaire et zone de frai. Depuis 1981, l'ICCAT gère le thon rouge atlantique comme deux unités biologiques séparées par une ligne de gestion à 45°W. Sur le plan biologique, cette démarcation de gestion se justifie en partie par l'existence de deux zones de frai distinctes et exclusives (dans le Golfe du Mexique et en mer Méditerranée). Toutefois, depuis 1997, de nouveaux programmes de marquage pop-up via satellite réalisés indépendamment des pêcheries et ciblant des poissons adultes reproducteurs en Nouvelle-Angleterre et au Canada (SCRS/00/95), et en Caroline du Nord (SCRS/00/148) ont indiqué que la plupart des adultes reproducteurs ne se trouvaient dans aucune zone de frai connue lorsque leurs marques ont transmis leur localisation, ce qui suggère l'existence *éventuelle* d'une zone de frai jusqu'alors inconnue dans l'Atlantique central (SCRS/00/125). Le document SCRS/00/148 fait état d'un poisson marqué au large de la Caroline du Nord qui, au bout de trois ans, a pénétré pour la première fois dans le Golfe du Mexique durant la saison de frai. Un autre poisson marqué dans la zone de frai du Golfe du Mexique a revisité le Golfe l'année suivante. Pour étudier l'existence éventuelle de zones de frai en dehors du Golfe du Mexique et de la Méditerranée, le document SCRS/00/125 propose de réaliser en 2001 un échantillonnage exploratoire de larves et de thons rouges reproducteurs dans l'Atlantique central.

Génétique. Le document SCRS/00/136 fait état des progrès réalisés dans les analyses génétiques du thon rouge atlantique ayant recours à la fois aux séquences nucléotides de la zone de contrôle mitochondriale de l'ADN et aux fréquences alléliques de type "ldhA" du gène nucléaire. Les résultats, bien que préliminaires et peu concluants, indiquent combien il est important d'analyser diverses classes annuelles et classes d'âge, et un grand nombre d'échantillons dans les analyses de structure des stocks.

Conclusions. Les résultats du marquage électronique ont démontré que des échanges considérables de thons rouges ont lieu aux alentours du parallèle 45°W, et ont posé des questions primordiales sur la période et le lieu du frai. Les nouvelles recherches ont mis l'accent une fois de plus sur l'importance des échanges en termes d'incertitude ajoutée quant aux postulats sur lesquels se basent les modèles d'évaluation. L'incertitude rend plus complexe la façon dont l'évaluation du stock est abordée, la perception de la PME, et la gestion du thon rouge. La modélisation a indiqué que le stock est relativement insensible aux activités de l'ouest, étant donné les grandes différences qui existent dans les tailles des stocks évalués et les prises estimées entre les deux zones. Toutefois, l'ouest est fortement influencé par ce qui se déroule à l'est; à titre d'exemple, si le stock est surexploité, cela affectera à la fois la pêche et le stock de l'ouest. Tant que l'incertitude ne sera pas réduite, il faudra faire preuve de prudence et éviter le risque d'une surexploitation du thon rouge, à l'est comme à l'ouest.

Il a été décidé d'utiliser la délimitation actuelle du stock de thon rouge aux fins de l'évaluation. Or, le Groupe a recommandé de poursuivre la recherche (voir Section 12) dans le but d'affiner davantage notre compréhension de l'identification et des échanges du stock de thon rouge atlantique.

7 Indices d'abondance relative

L'information provenant de toutes les séries de données de taux de capture utilisées dans l'évaluation précédente du thon rouge ouest-atlantique (Tableau 6 du Rapport de la session d'évaluation du stock de Thon rouge, SCRS ICCAT, 1998 (SCRS/98/22)) a été actualisée, dans la mesure du possible, et mise à la disposition des scientifiques pour l'évaluation actuelle (**Tableau 51, Figure 5**). En 1998, plusieurs

séries de taux de capture nouvellement analysées ont également été présentées et le traitement analytique de deux des indices (canne et moulinet, États-Unis, petit, et canne et moulinet, États-Unis, grand) a entraîné la séparation de ces séries temporelles en deux stances. Ce traitement des séries temporelles s'est poursuivi dans les actualisations présentées dans le document SCRS/00/96. L'une des séries antérieurement disponibles, qui a été actualisée et utilisée pour l'évaluation actuelle, s'est fondée sur une prospection systématique, indépendante des pêcheries (Prospection larvaire réalisée par les États-Unis dans le Golfe du Mexique, SCRS/00/101). Une autre s'est basée sur des données de taux de capture obtenues auprès des pêcheries canadiennes de ligne à main visant les grands poissons dans le Golfe du St Laurent, laquelle a également été mise à jour pour inclure des informations supplémentaires, et standardisée par le biais d'un modèle linéaire généralisé (GLM) (SCRS/00/44). Deux d'entre elles provenaient des taux de capture de la pêche palangrière japonaise. Le document SCRS/00/133 a actualisé les taux de capture de la pêche palangrière japonaise; un indice actualisé provenait de l'Atlantique nord-ouest, et l'autre constituait une série temporelle de taux de capture provisoire de la pêcherie japonaise de l'Atlantique central pour la période 1990-1999. Le document SCRS/00/133 a également présenté des taux de capture actualisés pour la Méditerranée et l'Atlantique ouest, bien que cette information n'apparaisse pas dans le **Tableau 5a**. Il a également été fourni une analyse actualisée de la pêche palangrière américaine pratiquée dans le Golfe du Mexique (SCRS/00/102).

Le document SCRS/00/133 a présenté les résultats de diverses analyses GLM des séries temporelles de taux de capture japonaise de thons rouges. Auparavant, le Groupe avait conclu que l'inclusion des espèces accessoires dans la standardisation avait peu d'effet sur les séries de taux de capture de l'Atlantique nord-ouest, mais il avait fait remarquer que l'inclusion de taux de capture d'espèces accessoires dans l'indice du Golfe du Mexique pourrait produire des schémas différents selon que les prises accessoires étaient ou non incluses, ou si différentes espèces accessoires étaient incluses. La session d'évaluation de 1998 a fait de plus amples recherches sur ce thème. À cette occasion, ces séries temporelles ont été modélisées à l'aide de modèles linéaires généralisés mixtes avec des termes d'effets aléatoires pour des interactions année*zone et année*mois ainsi que année*zone*mois, procédure recommandée dans le document SCRS/96/63 (Rev.) pour tenir compte de la corrélation entre les observations dans les séries temporelles de taux de capture. Le Groupe a décidé d'appliquer les mêmes séries temporelles dans la présente évaluation.

Les États-Unis ont présenté un indice indépendant des pêcheries basé sur une prospection larvaire réalisée dans le Golfe du Mexique pendant la saison de frai (SCRS/00/101), un indice dérivé des captures palangrières du Golfe du Mexique et des eaux adjacentes (SCRS/00/102), et de nombreux indices de la pêche à la canne/moulinet pratiquée au large du nord-est des États-Unis (SCRS/00/96). Tous les indices ont dérivé de l'approche selon laquelle des analyses sont effectuées séparément sur la proportion des observations avec captures positives et sur les captures positives. À la réunion du Groupe en 1996, pour les séries temporelles américaines canne/moulinet des taux de capture de thons rouges petits et grands, l'approche delta-lognormal a été adoptée pour servir de norme à cette évaluation. Ce choix a été guidé par les résultats des études de simulation précédemment fournis au Groupe, qui indiquaient que cette approche fournissait une performance supérieure à d'autres approches qui avaient été testées pour récupérer des schémas connus de taux de capture dans des données simulées, étant donné que l'examen du schéma résiduel ne permettait pas de choisir clairement la méthode de modélisation supérieure. On a eu recours à ces procédures dans les analyses actualisées de ces données. En outre, les modèles linéaires généralisés mixtes de ces données ont été utilisés pour tenir compte de la corrélation entre les observations des séries temporelles de taux de capture en incluant des termes d'effets aléatoires impliquant des interactions annuelles. Les indices basés sur les pêcheries ont été élaborés avec des approches de modélisation linéaire généralisée. Pour chacune, les proportions positives ont été analysées à l'aide d'un postulat d'erreur binomiale, et des postulats d'erreur lognormale ou de type Poisson ont été employés pour les taux de capture positifs. De plus, les indices basés sur les pêcheries ont été analysés à l'aide de modèles d'effets fixes et de modèles d'effets aléatoires. Initialement, chaque indice a été mis au point sur une base d'effets fixes, tels que année, mois, zone de pêche, et toute covariance continue.

Une fois qu'un modèle d'effets fixes définitif a été déterminé, des termes d'effets aléatoires ont ensuite été ajoutés et l'on a testé leur signification; les termes d'effets aléatoires incluaient les interactions annuelles avec chacun des effets principaux dans le modèle d'effets fixes définitif, ainsi que toute covariance continue. Dans le cas du petit poisson, l'analyse a été construite de façon à contrôler les éventuels effets régulateurs en séparant les séries temporelles avant et après 1993. En outre, l'information sur la structure des tailles des dernières séries temporelles était disponible, et la récente série temporelle a été divisée en composantes représentant le poisson de 66-114 cm SFL (longueur droite à la fourche) (principalement poisson d'âge 2 et 3) et de 114-144 cm SFL (principalement poisson d'âge 4 et 5). Le document SCRS/00/96 a également appliqué des modèles mixtes généralisés d'effets aléatoires aux séries de données de la pêche américaine à la canne/moulinet ciblant les gros poissons. Comme pour la série de petits poissons, une analyse a été élaborée pour mieux tenir compte des effets régulateurs en séparant les séries temporelles avant et après 1993. En 1998, le Groupe a reconnu que la démarche adoptée dans l'analyse pourrait améliorer la façon dont les effets régulateurs sont contrôlés, mais a jugé que les résultats de l'évaluation étaient quelque peu sensibles pour être inclus dans une récente série à court terme (5 ans), et a recommandé que soit utilisée une seule série temporelle pour l'évaluation du stock ouest-atlantique de 1998. Bien que la présente analyse ait étendu la récente série temporelle à sept ans, le Groupe a décidé de retenir la série temporelle unique pour les poissons > 195 cm aux fins de l'actuelle évaluation, comme il avait été fait en 1998, étant donné que les contraintes temporelles ne permettaient pas de réaliser un jeu complet d'analyses de la sensibilité pour déterminer cette caractéristique et d'autres caractéristiques de l'évaluation.

Une actualisation des indices d'abondance relative standardisée a été présentée pour les pêcheries de thon rouge canadiennes opérant dans le Golfe du St Laurent (1981-1999) et au large du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse (1988-1999); ces données provenaient des registres commerciaux (SCRS/00/44). Les méthodes utilisées étaient identiques à celles de l'évaluation du stock de thon rouge de 1998. On a eu recours à un modèle delta lognormal-binomial pour standardiser la série du Golfe du St Laurent, qui se caractérise par des proportions élevées de prise "0" par sortie; un modèle log-linéaire de type Poisson a été employé pour les données du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse. En outre, il a été présenté, pour les deux séries, des analyses alternées utilisant une régression au pas à pas visant à déterminer les spécifications les plus appropriées du modèle delta log-normal binomes pour standardiser les séries de CPUE. Pour les deux indices, les points de 1998 et 1999 sont considérablement plus élevés que les valeurs correspondant aux années immédiatement antérieures à cette période. Ces augmentations des taux de capture commerciaux concordent avec les rapports émanant de l'industrie de la pêche de thon rouge canadienne. Dans les évaluations antérieures, une série de facteurs prédéfinis a été estimée pour chaque année sur la base du rapport du nombre à l'âge des prises canadiennes à la ligne à main pour les âges 13 et + (nombre à l'âge du poisson âgé 13+14+15+16 et plus) et pour les âges 10 et plus, afin de tenir compte du fait que l'indice du Golfe du St Laurent s'applique aux poissons d'âge 13+ plutôt qu'à ceux d'âge 10+. Les prises proportionnelles du poisson d'âge 13 et du poisson plus âgé appartenant au groupe d'âge 10+ pour la période 1981-1999, respectivement, sont répertoriées au **Tableau 5b**. Lors de l'évaluation de 1998, le Groupe a décidé d'avoir recours dans l'analyse à la série standardisée pour les pêcheries du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse (1988-1997). Lors de l'évaluation actuelle, le Groupe a décidé d'appliquer dans l'évaluation l'indice standardisé actualisé. Dans l'évaluation, les prises partielles d'âges 7 à 12 (on a estimé que les prises d'âge 13+ de la pêcherie à la ligne à main reflétaient la situation dans le Golfe du St Laurent) des pêcheries à la ligne à main et au harpon ont servi à pondérer l'indice du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse (voir **Tableau 5b**).

Les taux de capture actualisés et standardisés de l'indice palangrier américain du Golfe du Mexique ont indiqué un schéma semblable aux années précédentes. Le document SCRS/00/102 a dérivé des indices d'abondance standardisés par GLM pour le thon rouge adulte (âge 8+) capturé par la pêche palangrière pélagique dans le Golfe du Mexique. Cette recherche a actualisé l'information utilisée pour cet indice dans l'évaluation précédente afin de rendre compte des données additionnelles. L'analyse a employé des termes d'effets aléatoires impliquant des interactions annuelles significatives. Comme pour

plusieurs autres séries, le Groupe a décidé en 1996 d'adopter l'approche de modélisation delta-lognormal dans les évaluations. Le Groupe a une fois de plus examiné le schéma issu de ce jeu de données, lequel a indiqué des taux de capture relativement plus élevés au début de la série temporelle (1987-1991), suivis par des taux de capture plus faibles (1992-1999). Bien que l'on puisse interpréter le schéma comme découlant des modifications réglementaires qui ont affecté la gestion de la pêche palangrière américaine dans le Golfe du Mexique en restreignant davantage à partir de 1992 les limites des débarquements de thon rouge autorisés, l'analyse s'est fondée sur les taux de capture du poisson débarqué et rejeté, et s'est structurée de façon à tenir compte des caractéristiques des opérations et des engins consignées dans les carnets de pêche répertoriant la capture et l'effort journaliers supposés correspondre à l'effort de ciblage. Même si l'on ne peut pas démontrer que le schéma des taux de capture est entièrement dû à des modifications de l'abondance (probablement associées au bruit), on ne peut pas non plus prouver que le schéma est entièrement attribuable à des modifications réglementaires. Le Groupe a décidé d'utiliser l'indice comme une série temporelle unique dans les passages d'évaluation du cas de base, appliqués au poisson d'âge 8+.

À la session d'évaluation de 1996, le Groupe a examiné la valeur d'incorporer davantage d'information sur les taux de capture historique dans l'évaluation des stocks. D'anciens rapports du SCRS ont également souligné l'importance d'incorporer ce type d'information dans l'analyse afin d'améliorer la base permettant d'évaluer plus de tendances historiques dans la biomasse de reproduction et dans le recrutement. Il a donc été recommandé d'incorporer dans l'analyse les données sur les zones de pêche et les périodes temporelles similaires à celles décrites dans le document SCRS/83/64 relatives aux palangriers japonais. Le document SCRS/98/85 évalue l'information sur les pêcheries qui opèrent au large du Brésil et au large de la côte est des États-Unis, près de la Floride. À la session d'évaluation de 1996, un résumé de données (prise et effort mensuels 5x5) a été examiné, et les analyses préliminaires ont confirmé les schémas généraux des taux de capture pour le "gros poisson occidental" et les régions "tropicales" mentionnés dans le document SCRS/83/64. Le document SCRS/98/85 a présenté une analyse de ces données et a contrasté les résultats avec ceux du document SCRS/83/64. Pour ce qui est des parties des séries temporelles qui se recoupaient, les résultats du document SCRS/98/85 étaient semblables à ceux du document SCRS/83/64. Toutefois, le SCRS/98/85 a indiqué que, pour la pêcherie brésilienne, l'inclusion de données plus anciennes (avant 1960) entraînait un schéma d'augmentation et puis de diminution des taux de capture au fil du temps, ce qui aurait pu indiquer un schéma d'apprentissage, des changements de ciblage, ou un schéma de l'abondance localisée. Durant cette période pré-1960, les palangriers japonais ne ciblaient pas le thon rouge. Des analyses additionnelles, réalisées lors de l'évaluation de 1998 au moyen de modèles d'effets aléatoires visant à justifier la corrélation entre les observations des séries temporelles, ont modifié les résultats par rapport à ceux présentés dans le document SCRS/98/85. Ces comparaisons et résultats d'analyse ont été présentés dans le SCRS/98/22. En 1998, le Groupe a avancé que les schémas observés au large du Brésil pourraient ne correspondre qu'à une portion des ressources et que, pour cette raison, ils ne constitueraient pas un indicateur aussi fiable que d'autres séries temporelles. Il a fait observer que cette caractéristique était plus ou moins commune à toutes les séries temporelles de taux de capture disponibles pour les évaluations de thon rouge. Le Groupe a suggéré que le schéma du taux de capture observé au large du Brésil pourrait correspondre à la raréfaction d'un stock distinct de thon rouge à des niveaux qui ne pouvaient pas être régénérés face à la pression de la pêche. Il a noté qu'après les fortes captures réalisées dans cette région dans les années 1960, le thon rouge avait disparu de la zone. Sous ce postulat, le "stock du Brésil" serait considéré comme distinct du reste de l'Atlantique et effectivement disparu; ainsi, ni les taux de capture ni les captures de cette pêcherie ne seraient applicables aux analyses de l'évaluation appliquées au reste de la ressource. D'autre part, le Groupe a proposé que le schéma du taux de capture pourrait également être expliqué en examinant le schéma du taux de capture qui résulterait de l'apprentissage, suivi par une baisse rapide de l'abondance de la composante de la ressource dans la zone. Le taux de diminution pourrait être lié à des concentrations réduites de thon rouge, dues en partie à des déplacements hors de la zone. Pour expliquer cette possibilité, et comme l'on sait d'après le marquage que des liens existent entre la zone de pêche ouest-tropicale et la zone brésilienne, le Groupe a décidé de considérer les

schémas de taux de capture historiques comme une moyenne pondérée par zone entre les zones de pêche "ouest tropicales" et "brésiliennes" aux fins de l'examen de l'approche du modèle de production structuré par âge. Cette information ne s'incorpore pas facilement dans l'évaluation ADAPT étant donné que des estimations fiables de prise par âge ne sont pas encore disponibles pour la période antérieure à 1970. En 1998, le Groupe a recommandé d'évaluer la sensibilité des résultats ASPM à l'inclusion et l'exclusion de ces séries temporelles historiques dans la modélisation. Sur la base des distributions de taille déclarées pour les captures indiquées dans le document SCRS/98/85, on a postulé des assignations de gamme d'âge de 5+ aux fins des analyses de l'évaluation.

En 1998, le Groupe a mis au point un nouveau schéma d'abondance relative pour les petits poissons (âges 1-3) en se basant sur l'analyse des données de marquage décrite dans le SCRS/98/65. L'analyse de l'information fournie par les marques sur le temps passé au large a indiqué un schéma F pour les poissons d'âge 1-3 (estimé avec une précision relativement élevée: CV's inférieur à 0,2). Le schéma d'abondance relative, qui tient compte de captures de poissons d'âge 1-3 pour la période 1964-1981, s'est avéré insensible à deux niveaux de M postulé. Ce schéma suggère une abondance de l'âge 1-3 relativement plus élevée pendant la période précédant l'évaluation ADAPT. Cette caractéristique est compatible avec d'autres analyses (par exemple analyses ASPM déjà employées par le Groupe et résultats d'autres approches de modélisation tenant davantage compte des données historiques de prise et effort; se reporter à titre d'exemple au document SCRS/96/119 pour obtenir les résultats de l'algorithme 'CATCHEM'), et suppose des recrutements et des biomasses de reproduction plus élevés que dans la période examinée par les évaluations ADAPT. Le Groupe a estimé que cette caractéristique des données fournirait une meilleure base pour estimer les niveaux de référence de la productivité à long terme (par exemple PME et B_{PME})¹. Le Groupe a convenu d'appliquer une fois de plus cet indice à l'évaluation actualisée.

En 1998, le Groupe a fait observer qu'une série de CPUE actualisée était désormais disponible pour le poisson de moyenne et grande taille capturé par un sous-ensemble de flottilles commerciales de ligneurs et de harponneurs qui opéraient au large de Cape Cod et dans le Golfe du Maine. Cet indice avait été disponible pour l'évaluation de 1993, mais n'avait pas été utilisé "en raison de préoccupations quant à la représentativité (sic) de l'échantillon, à cause des séries temporelles de courte durée et parce que ces données (1988-93) pouvaient, en principe, être incluses dans les séries de CPUE <plus longues> des poissons adultes capturés dans le cadre de la pêche américaine à la canne/moulinet (1983-93)". Pour l'évaluation de 1998, le document SCRS/98/73 a fourni une analyse actualisée de l'information disponible pour un ensemble sélectionné de flottilles commerciales de ligneurs et de harponneurs qui opéraient dans le Golfe du Maine. La série temporelle du taux de capture au harpon était assez semblable dans son schéma à celle du poisson originaire du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse (document SCRS/98/42). Comme la série temporelle n'a pas été utilisée dans l'évaluation de 1998, elle n'a pas fait l'objet d'une actualisation aux fins de la présente évaluation. En 1998, les flottilles de ligneurs commerciaux et l'information sur les championnats survenus au Massachussets (SCRS/98/71) ont indiqué des niveaux similaires (toutefois associés à du bruit) à l'information sur l'indice de la pêche américaine à la canne/moulinet. Étant donné que les séries temporelles dans les documents SCRS/98/73 et SCRS/98/71 étaient de plus courte durée et que l'on n'en avait pas analysé complètement les effets sur les taux de capture jugés n'avoir aucun lien avec l'abondance du poisson, et qu'elles représentaient une information sur les gammes d'âge et les pêcheries déjà incluses dans d'autres séries temporelles standardisées dans l'analyse, le Groupe a décidé de ne pas les inclure dans l'évaluation de base en 1998. Cette série temporelle n'a pas été actualisée pour la présente évaluation.

Aux fins de la présente évaluation, des effets aléatoires ont été utilisés pour modéliser les séries temporelles de taux de capture indiquant des interactions significatives impliquant le terme année. Des modèles ont été appliqués à des jeux de données actualisées et certains postulats de structure d'erreur

¹ Il convient de noter que dans l'ensemble du Rapport, la biomasse reproductrice (ou la biomasse du stock reproducteur, SSB) et B sont mesurés en termes du poids du poisson d'âge 8+. B_{PME} et SSB_{PME} sont employés de façon interchangeable.

du modèle ont été modifiés par rapport à ceux utilisés dans les analyses en 1998. Ces actualisations de données et ces modifications de postulats d'erreur ont quelque peu changé la précision estimée des divers indices. En outre, pour certaines séries pour lesquelles des effets aléatoires ont été appliqués à la session d'évaluation de 1998, il n'a pas été possible de reproduire les estimations de la précision (SCRS/00/44). Il convient de se reporter au Rapport détaillé de la session d'évaluation de 1998.

Le Groupe a décidé, comme il l'avait déjà fait en 1998, d'appliquer 12 séries temporelles de taux de capture dans la procédure ADAPT afin d'évaluer l'état du stock de thon rouge ouest-atlantique. Les séries d'indice utilisées figurent au **Tableau 5a**. Les indices inclus dans l'évaluation du cas de base représentent différentes gammes d'âge et différentes pêcheries. Il est difficile de tirer des conclusions en comparant directement les indices absents de l'information relative à la contribution proportionnelle de chaque classe d'âge dans l'indice et aux caractéristiques de la sélectivité de chaque pêcherie. La procédure d'évaluation a incorporé cette information dans l'estimation de la taille du stock et des taux de mortalité par pêche. Certains des indices utilisés dans l'évaluation représentent une information émanant de gammes géographiques relativement vastes, de zones pélagiques (généralement à l'extérieur de diverses zones économiques exclusives), tandis que d'autres correspondent à une information provenant de gammes côtières plus restreintes (à l'intérieur de diverses zones économiques exclusives). Par le passé, les Groupes ont examiné les attributs des indices côtiers et pélagiques du thon rouge. Le Groupe n'a pas été en mesure d'affirmer dans quelle mesure chacun des différents indices représentent les tendances de l'abondance de l'ensemble de la population. Toutefois, il a noté que, dans une large mesure, les thons rouges grands et petits se concentrent habituellement dans les eaux côtières et peuvent également être capturés dans les zones pélagiques, bien que les plus gros poissons semblent être relativement moins disponibles aux pêcheries qui opèrent dans la zone pélagique.

8 Influences environnementales

Plusieurs documents sur le thon rouge présentés au SCRS en 2000 font référence aux conditions environnementales susceptibles d'influencer les pêcheries ou le comportement du thon rouge. Le document SCRS/00/44 suggère que les similarités des tendances de la CPUE observées ces trois dernières années dans les pêcheries de thon rouge du sud-ouest de la Nouvelle Ecosse et dans le Golfe du St Laurent pourraient être influencées par des conditions environnementales. Il se demande également si les séries de taux de capture de ces dernières années dans le Golfe du St Laurent traquent l'abondance dans un environnement où le thon rouge s'approche de la limite septentrionale de sa gamme de distribution. Comme par le passé, le Groupe a fait remarquer que l'environnement peut influencer les schémas de taux de capture.

Les documents SCRS/00/95, SCRS/00/109, SCRS/00/126 et SCRS/00/148 fournissent collectivement les températures de l'eau en surface recueillies dans les zones où des marques électroniques ont enregistré ces données. Le document SCRS/00/95 fait état des marques pop-up apposées sur des thons rouges géants qui ont été remis à l'eau dans le Golfe du Maine et l'Atlantique canadien. Des analyses environnementales plus approfondies sur les données recueillies par ces marques sont en cours d'élaboration. Le document SCRS/00/109 a également fourni des renseignements sur les résultats du marquage électronique obtenus à ce jour en Méditerranée et dans l'Atlantique est, notamment les conditions environnementales enregistrées à la position de la marque pop-up. Le document SCRS/00/126 a récapitulé les résultats du programme expérimental japonais de marquage mené dans l'Adriatique. Le SCRS/00/148 présente un résumé des résultats du marquage électronique de gros thons rouges le long de la côte est des États-Unis et dans le Golfe du Mexique. Ces résultats sont également traités à la Section 6.2.

Le document SCRS/00/100 examine les corrélations entre un indice environnemental (la NAO hiver) et les estimations de la force de la cohorte de thon rouge ouest-atlantique à partir d'une analyse de

population intégrée qui a tenu compte des données de prise et effort d'avant 1970. Le document actualise les analyses au moyen d'une formule de modélisation statistique déjà présentée au Groupe et qui répond aux recommandations antérieures du Groupe selon lesquelles il convenait d'utiliser ces types de modèles pour les évaluations de stock. On a démontré, comme dans des analyses précédentes, que le recrutement (poisson d'un an) dans les années 1960 était généralement semblable aux niveaux estimés au début des années 1970 dans la procédure ADAPT. Bien que le document SCRS/00/100 ait découvert une corrélation négative entre les forces estimées des cohortes et la NAO hiver pour la période 1960-1995, la NAO hiver s'est avérée ne fournir aucune puissance prévisionnelle additionnelle si l'on examine conjointement la biomasse reproductrice et la NAO hiver pour expliquer les variations de la force de la cohorte. L'analyse a également indiqué que la NAO hiver n'était pas en corrélation avec les taux de survie estimés (R/SSB), alors qu'un rapport inverse semblait exister entre les niveaux relatifs de capture des poissons d'âge 10+ et les taux de survie estimés.

9 Évaluations et méthodes

9.1 Pondération des jeux de données dans l'évaluation

Les discussions et les travaux réalisés par le Groupe d'évaluation du thon rouge en 1998 ont donné lieu à une série de questions sur la façon dont les différentes données, principalement les indices d'abondance, devraient être pondérées dans l'évaluation. Compte tenu des connaissances disponibles à l'époque, l'évaluation du cas de base en 1998 a pondéré de la même manière tous les indices. Il a été noté que les résultats de l'évaluation étaient sensibles à la forme de la pondération adoptée, et le groupe d'espèces a recommandé de continuer à rechercher des méthodes visant à estimer objectivement les variances des indices d'abondance, notamment quant à la façon dont on s'en sert pour pondérer les modèles de population. Plusieurs documents sur ce thème ont été présentés par les participants à la session d'évaluation 2000.

Le document SCRS/00/94 a présenté un cadre qualitatif destiné à évaluer les séries de CPUE du thon rouge ouest-atlantique en termes de zone et période couvertes par les pêcheries et en termes de modifications opérationnelles, telles que celles provoquées par des changements d'engins ou des mesures réglementaires. Le Groupe a noté qu'il s'agissait d'un cadre intéressant pour examiner le caractère approprié des différents indices comme mesures de l'abondance relative du stock, et que si l'on affinait davantage ce cadre, on pourrait le convertir en une approche davantage quantitative. Le Groupe a également mentionné qu'il fallait faire preuve de prudence afin d'éviter de réutiliser le même type d'information, lorsque l'on a recours à cette approche en sus d'autres schémas de pondération quantitative (par exemple, parce qu'une méthode de standardisation pourrait déjà tenter de cerner certaines de ces questions dans le document SCRS/00/94).

Le document SCRS/00/33 a proposé une procédure de pondération dénommée la méthode de la "variance additionnelle", qui est essentiellement une combinaison de la "variance d'entrée" avec des scénarios de pondération de "vraisemblance maximale" appliqués lors de la session d'évaluation du thon rouge en 1998. Les auteurs ont suggéré que cette application était préférée en termes de critères de sélection du modèle statistique, tels que AIC, étant donné qu'elle était plus performante que les trois options de pondération utilisées pour l'évaluation de 1998 ("variance d'entrée", "poids égaux" et "vraisemblance maximale"). Les participants à la réunion ont été encouragés par les résultats, même s'ils ont noté que les tests de solidité menés par les auteurs manquaient d'envergure et qu'il était souhaitable de réaliser d'autres tests. Il serait notamment utile d'examiner une gamme plus vaste d'exemples de spécification erronée du modèle, et de tester un plus grand éventail d'options de pondération.

Le document SCRS/00/35 a comparé les schémas de pondération "vraisemblance maximale", "poids égaux" et "poids d'entrée" en partant de l'opinion selon laquelle l'impact qu'a un indice sur les résultats

ajustés par VPA est influencé par le nombre de groupes d'âges représenté dans l'indice, et par des contraintes préalablement définies, telles que les F-ratios (le ratio de F sur le groupe plus à F sur le groupe d'âge précédent tous les ans). Les auteurs ont suggéré que la pondération "vraisemblance maximale" n'offrait aucun avantage substantiel par rapport à la "pondération égale". Le Groupe a noté que les simulations réalisées par les auteurs pouvaient être élargies. En outre, certains postulats pouvaient être examinés minutieusement; par exemple, les auteurs ont postulé des coefficients de variance égaux pour les indices spécifiques de l'âge et les indices groupés, mais dans la pratique il serait peut-être plus réaliste de supposer que les indices spécifiques de l'âge sont plus variables.

Le document SCRS/00/104 a présenté un protocole destiné à pondérer les indices d'abondance dans l'évaluation. Il préconise de sélectionner une méthode de pondération avant même de réaliser l'évaluation, en se fondant sur le bien-fondé scientifique de chaque méthode. Au nombre des critères envisagés pour évaluer une méthode, on s'est demandé si la méthode permettait d'entrer les variances estimées du modèle linéaire généralisé (GLM) pour chaque point de donnée, si on pouvait améliorer son ajustement, si elle empêchait que des poids excessivement élevés soient conférés à des séries individuelles et si l'on pouvait y incorporer le jugement d'experts sur la fiabilité relative des séries de données. En vertu du protocole, une fois qu'une méthode de pondération a été sélectionnée, elle ne peut être réexaminée que si les diagnostics ont révélé un manque d'ajustement ou une spécification erronée du modèle. Neuf schémas de pondération d'indices différents (entre autres, variance d'entrée, pondération égale, re-pondération itérative, et plusieurs autres méthodes qui ont utilisé des variances comme données d'entrée et estimé un ou plusieurs termes de variance), ont été évalués conformément aux critères scientifiques proposés. Le document a suggéré que trois des méthodes examinées pouvaient évaluer avec précision l'incertitude des paramètres. Ces trois méthodes se fondaient sur des variances d'entrée qui ont été par la suite modifiées, soit suite à l'avis d'experts, soit par des paramètres de strates estimées, soit par les deux. Le Groupe s'est félicité du cadre utilisé par les auteurs qui lui a paru être d'une grande utilité pour mener à bien ce type d'évaluation.

Le Groupe a décidé que l'option de pondération à utiliser pour l'évaluation du cas de base devrait être sélectionnée principalement avec l'information dont il disposait, et qu'il fallait éviter d'avoir recours à plus de codage informatique à la réunion. Toutefois, le cas de base pourrait faire l'objet d'un nouvel examen si les diagnostics d'ajustement du modèle suggéraient, dans leur grande majorité, qu'il fallait le changer, mais il conviendrait auparavant d'étudier dans le détail les prévisions du modèle. Le Groupe a décidé de ne pas employer de "pondération d'entrée" en raison de certains problèmes que son utilisation avait engendrés lors de l'évaluation de 1998. La pondération "vraisemblance maximale" a également été jugée problématique car elle peut par exemple entraîner des problèmes si elle est appliquée à des indices qui ont des tendances conflictuelles. Deux des schémas de pondération indiqués dans le document SCRS/00/104 qui faisaient office de bons candidats ont été éliminés parce qu'il aurait fallu les programmer et que la plupart des participants ne connaissaient pas encore bien les méthodes. Pareillement, le Groupe a estimé que la méthode de la "variance additionnelle" préconisée dans le document SCRS/00/33 devrait être étudiée lors de réunions inter-sessions avant d'être appliquée dans l'évaluation.

Le Groupe a décidé d'avoir recours à la "pondération égale" pour le cas de base, et à la pondération "variance additionnelle" dans une analyse de la sensibilité. Cette "pondération égale" serait appliquée de manière légèrement différente par rapport à 1998: au lieu de fixer toutes les variances d'indice à un coefficient de variance de 0,4, on estimerait une variance commune comme paramètre. Cette démarche a été jugée statistiquement supérieure à celle qui consistait à postuler un niveau de variance. Le Groupe a également estimé que les deux démarches de pondération égale devraient fournir les mêmes points estimés des paramètres, mais qu'elles influeraient sur les estimations bootstrap de la variabilité.

9.2 Définition des passages du modèle d'évaluation

Le Groupe a longuement discuté sur les passages d'évaluation qui devraient être effectués. Il s'est déclaré préoccupé par le fait que, ces dix dernières années, trop de changements méthodologiques étaient intervenus entre chaque évaluation, et que par conséquent le SCRS avait eu du mal à formuler un avis cohérent et concis à la Commission. Il s'est également dit inquiet du fait que le rapport de l'évaluation de 1998 n'expliquait pas clairement et simplement les raisons pour lesquelles des postulats alternatifs sur le rapport stock-recrutement (SRR) avaient été directement inclus dans le modèle de population. Le Groupe a ensuite évoqué la possibilité de définir un modèle d'évaluation ADAPT du cas de base qui ne différerait pas beaucoup de celui issu de l'évaluation de 1998.

En ce qui concerne le rapport stock-recrutement (SRR), le Groupe a constaté avec inquiétude que son inclusion directe dans le modèle de population créait plus de problèmes qu'elle n'en résolvait. Il a fait remarquer que la question de son inclusion avait déjà été débattue lors d'évaluations précédentes, et qu'il avait été décidé de l'inclure afin de (a) contribuer à stabiliser les estimations du recrutement vers la dernière année, et (b) de permettre une concordance plus directe entre l'évaluation historique du stock et les projections. Ces deux objectifs ont été atteints en 1998, mais l'inclusion du rapport stock-recrutement dans l'évaluation a eu un effet secondaire: pour certains passages, la B_{PME} estimée a été beaucoup trop élevée pour être réaliste si on la compare aux résultats ASPM pour la période complète de la pêche.

Le Groupe a fait observer que la meilleure façon d'inclure un rapport stock-recrutement dans le modèle d'évaluation est au moyen d'un modèle "prise-âge statistique" (par ex. ASAP, SCRS/98/58; ASPM, SCRS/98/77; CATCHEM, SCRS/00/100) qui agirait essentiellement comme un modèle de production structuré par âge. Il a également noté que pareille approche pourrait aisément accommoder les données historiques des années 1960 (qui n'ont pas été utilisées dans ADAPT car les données de prise par âge des années 1960 avaient été jugées de qualité médiocre), lesquelles renforceraient la gamme dynamique sur laquelle le rapport stock-recrutement est ajusté. Or, le Groupe a décidé que, même si une approche statistique prise-âge était techniquement supérieure, il concentrerait néanmoins ses efforts sur les passages ADAPT et un examen détaillé des diagnostics. C'est pourquoi, et en raison des problèmes susmentionnés, il a décidé de réaliser l'évaluation du cas de base au moyen d'ADAPT et d'exclure un rapport stock-recrutement. Le rapport stock-recrutement sera choisi indépendamment de l'évaluation historique de la population (cf Section 10). Les passages suivants ont été définis (voir **Tableau 6** pour les détails).

Passage semblable à celui de 1998: Semblable à la pondération égale du cas de base de l'évaluation de 1998, mais utilisant les données actuelles de prise et d'indice. Poids égaux (ϕ supposé être 0,4) donnés aux indices; y compris contrainte rapport stock-recrutement "2-lignes". But: servir de passage de "calibrage" pour comparer une des évaluations du cas de base de 1998 avec le cas de base de cette année.

Passage 0 (cas de base à priori): Poids égaux, mais ϕ global estimé au lieu de fixé, comme cela avait été fait en 1998. But: candidat initial pour le cas de base à adopter, sauf indication contraire du diagnostic de l'ajustement du modèle.

Passage 1 (3 variances): Identique au Passage 0, mais la méthode "variance ajoutée" du SCRS/00/33 a été utilisée pour la pondération de l'indice. But: explorer l'effet d'utiliser une nouvelle méthode de pondération susceptible d'être préférable ou non aux "pondérations égales" choisies pour le Passage 0.

Passage 2 (2 variances): Identique au Passage 0, mais des F-ratios ont été estimés avec une contrainte de déplacement aléatoire. But: explorer la sensibilité du Passage 0 à l'estimation des F-

ratios avec moins de postulats d'entrée. (Note: le document SCRS/00/105 a suggéré, sur la base d'une simulation, que le fait de fixer certains F-ratios de la même façon qu'en 1998 pourrait biaiser les résultats).

Passage 3: Identique au Passage 0, mais les prises et l'indice palangrier japonais pour l'Atlantique central ont aussi été inclus². But: explorer la sensibilité du Passage 0 à l'emploi d'une délimitation différente pour le stock de thon rouge de l'ouest. (Note: le Groupe a noté que des tests de sensibilité contrastée pourraient être effectués en déplaçant à l'ouest la délimitation du stock. Ainsi, le Passage 3 ne devrait être considéré qu'à titre d'illustration, car il est loin d'être exhaustif).

En termes de diagnostic, le Groupe a décidé d'examiner ce qui suit: Vraisemblance logarithmique, AIC, Déviance du modèle³, et valeurs résiduelles. Sur la base de l'examen des tendances résiduelles, le Groupe a décidé d'effectuer de nouveaux passages de sensibilité, à savoir:

Passage 4: Identique au Passage 0, mais élimine les indices d'abondance relative suivants dont les tendances différaient systématiquement de celles escomptées d'après l'ajustement du modèle: Nouvelle Ecosse sud-ouest Canada, LL japonais Golfe du Mexique, LL États-Unis Golfe du Mexique, et canne/moulinet États-Unis >195 cm.

En choisissant le jeu de projections à réaliser (Section 10), le Groupe a décidé qu'il était nécessaire de mener à bien deux autres évaluations. Leurs résultats ne sont pas décrits dans la présente section étant donné qu'elles avaient été faites dans le seul but de tirer des projections.

Passage 5: Identique au Passage 0, mais supprime les prises de la Guinée équatoriale (déclarées comme NEI-81 au **Tableau 1**) au titre de 1999 (429 t) des données de captures en entrée. But: déterminer la sensibilité des projections à la circonstance de cette prise pour laquelle aucun quota n'avait été alloué.

Passage 6: Identique au Passage 0, mais supprime l'indice canne/moulinet américain pour les poissons de 66-114 cm. But: déterminer la sensibilité des projections aux estimations plus faibles des récents niveaux de recrutement que l'exclusion de cet indice serait susceptible d'entraîner. Cette prévision

² À la demande de la Commission, le Groupe a réalisé, dans le cadre de l'évaluation ouest-atlantique, des analyses qui ont porté sur les prises et les taux de prise de l'Atlantique central, afin d'illustrer leurs effets éventuels. La pêche palangrière japonaise est la principale pêcherie qui capture du thon rouge dans cette région. Le document sur les taux de capture palangrière japonaise (SCRS/00/133) a examiné des données de 30-45°W et 0-30°W où la nouvelle pêcherie a pris son essor ces dernières années dans l'Atlantique nord-est. Le Groupe a donc décidé d'extraire les données de prise de ces mêmes zones. Les données de prise par taille de la pêche palangrière japonaise est-atlantique n'ont pas été séparées dans l'espace pour identifier les prises originaires de différentes zones de l'Atlantique est. On s'est servi des captures effectuées entre septembre et décembre pour refléter les prises de 30-45°W (1997) et l'on a inclus les prises d'août (1998-1999) pour traduire les captures réalisées dans la nouvelle zone d'expansion (0-30°W).

³ Pour tester la justesse de l'ajustement, la déviance globale du modèle a été calculée pour chaque modèle. Ce test-statistique est réparti en carrés de khi. Les valeurs supérieures à 0,99 ou inférieures à 0,01 indiquent que le modèle ou la fonction de probabilité du modèle est incorrectement spécifié. La déviance s'obtient comme suit (Gelman et al. 1995):

$$c_{n-1}^2 = \sum_i \sum_y \frac{(x_{i,y} - E(x_{i,y} | q))^2}{\text{var}(x_{i,y} | q)}$$

où n représente le nombre de points de donnée, $x_{i,y}$ est la valeur observée de l'indice i dans l'année y , $E(x_{i,y} | q)$ est la valeur escomptée de l'indice i dans l'année y , étant donné les paramètres estimés q , (p.ex. $E(x_{i,y} | q)$ représente la valeur prédite de l'indice i dans l'année y), et $\text{var}(x_{i,y} | q)$ est la variance de $x_{i,y}$. Les variances ont été calculées à partir des valeurs de sortie des variances (s^2) du modèle VPA, comme suit:

$$\text{var}(x_{i,y} | q) = (\exp(s^2) - 1) \cdot E(x_{i,y} | q)^2$$

s'est fondée sur la notion que cet indice de petit poisson, étant de courte durée et placé à la fin de la série temporelle des données disponibles, aurait un fort impact sur les résultats.

9.3 Résultats des évaluations

Le **Tableau 7a** récapitule divers diagnostics pour les Passages 0, 1 et 2. À titre de comparaison, le **Tableau 7b** présente les poids moyens normalisés pour chaque indice d'abondance dans chacun des passages. Selon le critère AIC corrigé pour les échantillons de petite taille et le test de déviance du modèle, une variante de la méthode de pondération "variance ajoutée" (Passage 1a) a donné des résultats légèrement meilleurs que le cas de base poids-égal (Passage 0). Or, le Groupe n'a pas estimé que l'amélioration de l'ajustement entre la pondération égale et la variance ajoutée était suffisante pour justifier le changement du cas de base. En appliquant les passages de la variance ajoutée, la valeur AIC pour une "variance d'entrée" est devenue ($AIC_c=122,6$). Ceci indique que, selon ce critère, la pondération de la variance d'entrée a donné des résultats médiocres si on la compare à la pondération égale ou à la pondération de la variance ajoutée.

La **Figure 6** décrit les observations de chaque indice (symboles) et les valeurs prédites par les divers passages (lignes) ADAPT. L'examen visuel des schémas résiduels a mené le Groupe à faire une analyse de la sensibilité (Passage 4) dans laquelle les indices de la pêche palangrière au Canada SWNS, Japon et États-Unis pour le Golfe du Mexique, et canne/moulinet États-Unis (thon rouge > 195 cm) ont été supprimés étant donné que les schémas ont montré des "passages résiduels" positifs et négatifs. Ce nouveau passage d'évaluation, également illustré à la **Figure 6**, n'a pas donné de schémas résiduels très différents par rapport au cas de base.

En se fondant sur ces comparaisons et sur les diagnostics présentés, le Groupe a décidé de conserver le Passage 0 comme l'évaluation du cas de base.

La **Figure 7** (a à c) indique la biomasse du stock reproducteur (SSB), le recrutement et les points estimés F_{8+} obtenus avec le Passage 0 (base), Passage 1 (a-c) et Passage 2 (b-c). En règle générale, les estimations des trois quantités ont donné des tendances similaires. Toutefois, des différences considérables sont apparues dans différentes périodes temporelles. En termes de SSB, Passage 2b (F-ratios estimés avec une contrainte pour forcer les faibles variations) et Passage 4 (quatre indices excluant les schémas résiduels suspects) ont donné des estimations initiales supérieures au cas de base et à la variance ajoutée (**Figure 7a**). En termes de recrutement, les estimations ont varié davantage vers la fin de la série temporelle, avec des valeurs plus faibles pour deux des passages de variance ajoutée que pour tous les autres passages (**Figure 7b**). Les estimations de la mortalité par pêche du thon rouge adulte ont indiqué de légères différences entre les passages, notamment vers la fin de la série temporelle (**Figure 7c**).

La **Figure 8** compare le cas de base au Passage semblable à celui de 1998 et à l'évaluation du cas de base de 1998 qui ressemblait le plus au modèle du Passage semblable à celui de 1998 (poids égaux, valeur d'entrée ϕ fixée à 0,4, rapport stock-recrutement à 2 lignes). L'estimation initiale de la biomasse du stock reproducteur (SSB) (1970) obtenue de l'évaluation de 1998 était considérablement plus élevée que les estimations obtenues du cas de base ou du Passage semblable à celui de 1998, ce qui suggère que l'actualisation de la série temporelle des données (prises et indices) a bien eu une répercussion. Les récentes estimations du recrutement sont quelque peu plus élevées pour le cas de base que pour le Passage semblable à celui de 1998.

La **Figure 9** compare le cas de base avec le Passage 3 où les données de l'Atlantique central, à l'est du 45° parallèle, ont été annexées au stock ouest à des fins d'illustration. Comme les prises additionnelles depuis le début des années 1980 le laissaient prévoir, les estimations de recrutement sont plus élevées; les SSB sont aussi légèrement plus fortes. La mortalité par pêche, sans apparaître dans la figure, était

également supérieure. Comme il a déjà été noté, le Groupe aurait pu réaliser des tests de sensibilité contrastée, mais il a opté pour ne pas le faire.

Le **Tableau 8** (a-c) fournit des points estimés des tailles du stock, de la biomasse et de la mortalité par pêche à partir de l'évaluation ADAPT du cas de base. Il est à noter que les valeurs du recrutement pour 1997-1999 ont été remplacées par la prévision du rapport stock-recrutement (SRR) à 2 lignes ajustée aux estimations de 1976-1996 et des cohortes ultérieurement recalculées. Des diagrammes indiquant quelques-uns des résultats, y compris les intervalles de confiance par bootstrap, sont présentés avec les projections (voir Section 10).

En résumé, la nouvelle évaluation du stock donne une perception de l'état du stock très semblable à celle qui avait été obtenue lors de la dernière évaluation, avec une importante exception, à savoir que les niveaux de recrutement récemment estimés (1995-1996) sont notablement plus élevés que la moyenne estimée ces 15 dernières années. Toutefois, comme il est expliqué à la section suivante, ces estimations contiennent beaucoup d'incertitude et il convient de les examiner avec circonspection. L'observation de l'état du stock indique que le recrutement est demeuré faible depuis 1977 et que la biomasse reproductrice a chuté entre le début des années 1970 et 1990, et qu'elle est restée stable depuis lors. Les estimations de l'état actuel par rapport aux niveaux de référence basés sur la PME (Section 9.4) indiquent qu'il s'agit d'une ressource surexploitée.

L'ampleur des récents niveaux de recrutement a des implications évidentes pour les projections. Malheureusement, compte tenu de la démarche actuelle de l'évaluation et des données, il ne sera pas possible d'obtenir des estimations plus précises de ces valeurs tant que de nouvelles données n'auront pas été accumulées (c'est-à-dire tant que chaque cohorte n'aura pas été observée dans la pêcherie durant un certain nombre d'années). Le Groupe d'évaluation a déjà été confronté à ce problème ces dernières années (**Figure 15**) et il risque de devoir y faire à nouveau face à l'avenir, tant que l'abondance juvénile ne fait pas l'objet d'un suivi plus fiable.

9.4 Analyse de la production par recrue et de la reproduction par recrue

Méthodes: Une analyse de la production par recrue (YPR) et de la biomasse reproductrice par recrue (SPR) a été menée pour le passage ADAPT du cas de base. Le **Tableau 9** fournit les données d'entrée de l'analyse et les résultats sont indiqués à la **Figure 10**. Toutes les mortalités par pêche sont exprimées par rapport au groupe d'âge 10+, qui représente le groupe d'âge entièrement sélectionné. Des recrutements partiels ont été calculés comme la moyenne géométrique normalisée des mortalités par pêche à partir du passage ADAPT du cas de base pour le passage correspondant aux années 1995-97 (la méthode était identique à celle utilisée pour calculer les recrutements partiels pour les projections de stock). Les poids à l'âge ont été calculés à partir de la courbe de croissance jusqu'à l'âge 25; au-delà de cet âge, le même poids (760 kg) a été postulé pour tous les âges plus avancés.

Résultats: $F_{0,1}$ a été estimé être 0,097 et $F_{\max}$ a été estimé être 0,168. Les valeurs correspondantes de la production par recrue sont 40,03 et 42,95 kg/R, respectivement. Les estimations correspondantes de la production par recrue sont 407,3 et 242,6 kg/R, respectivement. Les valeurs de la production par recrue correspondent à 38,2% et 22,8% de la production par recrue maximale obtenue à $F=0$ (1.065,85 kg/R). La mortalité par pêche actuelle, $F_{99}=0,36$, dépasse largement à la fois $F_{0,1}$ et $F_{\max}$.

10 Projections

10.1 Méthodes

Des valeurs d'entrée au principal jeu de projections ont été dérivées du cas de base décrit à la Section 9 (pondération égale des indices). Par le passé, les projections des stocks de thon rouge atlantique ont généralement dépendu d'un modèle paramétrique pour prédire le recrutement, lequel était conditionné par la valeur estimée ou projetée de la biomasse reproductrice. Techniquement, la méthode employée pour mener des projections est désignée sous le terme de bootstrap paramétrique conditionné par le modèle, à savoir que des jeux de données reproduites utilisés pour calculer des intervalles de confiance sont créés en ajoutant du bruit aux valeurs d'indice prédites par le meilleur ajustement du modèle de population aux données d'origine.

Un document (SCRS/00/103) a présenté de nouvelles méthodologies pertinentes aux projections de stocks qui ont suggéré une démarche de décision analytique pour présenter les résultats de l'évaluation des stocks et d'en faciliter leur interprétation. Ceci suppose l'identification de scénarios ou d'hypothèses alternatifs susceptibles d'affecter les résultats de politiques de gestion alternatives, la présentation des résultats escomptés de chaque politique en vertu de chaque hypothèse alternative, et l'estimation des probabilités pour chaque hypothèse alternative qui traduise le poids de la preuve à l'appui de chaque alternative. Le document a fourni une méthodologie destinée à calculer les probabilités pour les postulats alternatifs sur le recrutement futur du thon rouge ouest-atlantique, à l'aide d'un échantillonnage d'importance. Le document a également suggéré un protocole qui pourrait être appliqué pour construire un jeu équilibré d'hypothèses de recrutement alternatives dont on devrait tenir compte dans la prise de décision, et il a fourni un exemple basé sur l'évaluation de 1998.

Rapports stock-recrutement: Des rapports stock-recrutement ont été formulés sur la base de deux scénarios alternatifs: (i) les niveaux de recrutement moyen ne dépasseront pas à l'avenir les niveaux observés pour la période 1976-1996 (environ 77.000) (*scénario de faible recrutement*, LRS), et (ii) les niveaux de recrutement moyen atteindront à l'avenir les niveaux observés entre 1970 et 1975 (environ 224.000), une fois que le stock reproducteur se sera suffisamment rétabli (*scénario de fort recrutement*, HRS). Le Groupe a estimé que ces chiffres représentaient les limites supérieures et inférieures raisonnables (sans être extrêmes) du potentiel de rétablissement.

Pour le scénario de faible recrutement, les rapports stock-recrutement à 2 lignes et de Beverton-Holt ont été ajustés aux données afin de déterminer lequel des deux fournirait la meilleure représentation. Les ajustements se sont avérés très similaires sur la gamme de données, mais l'estimation de l'inclinaison (steepness) pour le rapport de Beverton-Holt était d'environ 1,0, ce qui suppose une pente infinie à l'origine. C'est pourquoi le modèle à 2 lignes a été utilisé pour représenter le scénario de faible recrutement. Le modèle à 2 lignes a été spécifié en dessinant une ligne droite à partir de l'origine du recrutement donnée par la moyenne de la biomasse reproductrice entre 1991-1995, et au-dessus de ce niveau, une valeur constante du recrutement a été estimée à partir des estimations du stock et du recrutement ADAPT pour des recrutements couvrant la période 1976-1996. Pour la version déterministe du cas de base (**Figure 11a**), il en a résulté que les deux lignes se sont rencontrées à une biomasse reproductrice de 7.087 t et à un niveau de recrutement de 76.967 poissons d'âge 1, avec des estimations correspondantes de $PME=3.460$ t, $B_{PME} = 16.900$ t (19,9% de la taille du stock inexploité, B_0), et $F_{PME} = 0,167$. Pour le scénario de fort recrutement, un rapport de Beverton-Holt a été ajusté, assorti de la contrainte que le recrutement ne dépasserait pas le niveau moyen de 1970-74. Pour la version déterministe du cas de base (**Figure 11b**), les estimations résultantes des paramètres de Beverton-Holt ont été de $\hat{a} = 220.982,5$ et $\hat{a} = 16.441,44$, avec des variables associées, inclinaison (h) = 0,787, $PME = 7.500$ t, $B_{PME} = 65.000$ t (28,6% de la taille du stock inexploité, B_0), et $F_{PME} = 0,101$.

Il convient de noter que les niveaux de recrutement maximaux utilisés dans les modèles à 2 lignes pour les projections de 1994, 1995 et 1998 se sont basés sur des estimations du recrutement à partir de 1981, et non à partir de 1976 (exception faite des trois dernières années dans tous les cas)⁴. Aucune période n'est intrinsèquement plus valide l'une que l'autre. En utilisant la période 1976-1996 à la présente session, le niveau de recrutement maximum pour le modèle à 2 lignes est environ 2,5% plus élevé que si l'on avait utilisé la période 1981-1996.

L'autre différence principale entre le scénario LRS et le scénario HRS réside dans le fait que le modèle à 2 lignes n'a postulé aucune corrélation séquentielle dans le recrutement, tandis que le modèle de Beverton-Holt a postulé une corrélation de coefficient 0,5.

Pour les projections par bootstrap, la variabilité du recrutement, σ_R , a été estimée à partir de la série temporelle historique, au lieu de postuler un $\sigma_R=0,4$ fixe, comme il avait été fait lors de l'évaluation de 1998. Pour la version déterministe du cas de base, on a estimé que σ_R correspondait à 0,383 pour le scénario LRS et 0,584 pour le scénario HRS. Les valeurs de σ_R ont été estimées individuellement pour chaque projection par bootstrap et redéfinies à 0,64 chaque fois que les estimations étaient inférieures à cette valeur.

Taille de la population actuelle. Les valeurs du recrutement estimées par ADAPT pour 1997-1999 ont été remplacées par les valeurs prédites par le rapport stock-recrutement utilisé pour représenter soit le scénario LRS, soit le scénario HRS, selon les besoins. Les nombres et la mortalité par pêche aux valeurs d'âge pour les jeunes âges correspondant à ces trois dernières années ont été recalculés sur la base de ces recrutements substitués et des prises observées par âge (voir document SCRS/98/54-Rev). Des projections ont été lancées avec les chiffres de l'année terminale (2000) par âge pour les âges 4 et plus.

Recrutement partiel. Le recrutement partiel (qui combine les effets de la sélectivité de l'engin et de la disponibilité du poisson par âge) a été calculé à partir des valeurs de la moyenne géométrique normalisée (ré-échelonnée) de la mortalité par pêche par âge pour les années 1995-1997. Le vecteur du recrutement partiel pour la version déterministe du cas de base a également été utilisé comme valeur d'entrée de l'analyse de la production par recrue (**Tableau 9**).

Poids à l'âge. Pour obtenir des points de référence en conditions d'équilibre, les poids à l'âge calculés en 1999 ont été utilisés pour tous les groupes d'âge, en supposant que le poids à l'âge pour les groupes d'âge au-delà de 10+ était identique à celui correspondant au groupe 10+ (**Tableau 4**). Le Groupe a noté que le postulat selon lequel le poids du groupe plus demeure au niveau de 1999, sans que la composition démographique du groupe plus ne puisse être modifiée en fonction de l'évolution de l'abondance du stock, pourrait entraîner des estimations fortement erronées de la B_{PME} et des variables connexes. Le Groupe a recommandé de modifier les logiciels d'évaluation actuels pour tenir dûment compte des changements intervenus dans la composition démographique et par taille du groupe plus. En revanche, pour les projections, le poids moyen du groupe plus a été recalculé tous les ans. On a utilisé les poids à l'âge observés pour l'année terminale 1999 pour définir les poids pour les âges 1-9. Ensuite, comme dans des

⁴ Lors de la session du Groupe en 1998, une fonction stock-recrutement de Beverton-Holt a été ajustée, à l'intérieur du logiciel d'évaluation ADAPT, aux estimations de recrutement à partir de 1976 sous le postulat d'une corrélation séquentielle zéro. Or, ce modèle n'a pas été utilisé dans les projections de faible recrutement de 1998. En revanche, on a eu recours au modèle à 2 lignes avec un recrutement maximum réglé à la moyenne géométrique des recrutements à partir de 1981 (exception faite des trois dernières années). Pour ce faire, il a fallu employer une méthode ponctuelle permettant d'estimer les quantités liées à la PME (voir la page 27 du Rapport détaillé de 1998). A la session de 2000, le niveau de recrutement maximum a été estimé en ajustant le modèle à 2 lignes au recrutement de 1976-1996, et aux estimations de la biomasse reproductrice correspondantes, de la même manière que l'ajustement antérieur de Beverton-Holt, en postulant une fois de plus une corrélation séquentielle zéro dans les valeurs résiduelles. Ceci a permis de calculer directement les quantités liées à la PME, au lieu de dépendre de la méthode ponctuelle précédente. Il s'est avéré par la suite que la plupart des participants ne s'étaient pas rendu compte pendant la réunion que ce changement était intervenu dans la période de base pour les projections ayant recours au modèle à 2 lignes. Or, comme il est indiqué dans le texte, les différences sont relativement faibles.

évaluations antérieures, l'âge moyen du groupe plus a été projeté dans l'avenir et converti en poids moyen à l'aide d'une courbe de croissance standard, comme il est décrit dans le document SCRS/98/54 (Rev.).

Mortalité naturelle. Toutes les projections ont été menées au moyen d'un taux de mortalité naturel constant de $M = 0,14$.

Prises futures. Les prises de 1999 ont été calculées en multipliant le nombre à l'âge des prises estimées pour 1999 par les poids moyens à l'âge pour 1999, et en faisant la somme des âges. Cette démarche a donné pour résultat une prise estimée de 2.889 t, chiffre quelque peu supérieur aux 2.771 t figurant dans les bases de données Tâche I de l'ICCAT (**Tableau 1**). Pour 2000, on a postulé la prise calculée en 1999. Au-delà de 2000, des projections ont été lancées au moyen de divers niveaux de prise constante, dans la mesure où il était faisable de réaliser ces prises constantes. Pour savoir si une prise-cible est faisable une année donnée, on a calculé le facteur F entièrement sélectionné qui correspondait à la prise-cible, aux tailles de stock projetées et au vecteur de recrutements partiels. Toutefois, F a été contraint de façon à ne pas dépasser une valeur de 2,0 par an. Lorsque cela s'imposait, les prises ont été recalculées pour se conformer à cette contrainte. On a examiné les niveaux de capture dans la gamme 0-3.000 t. Il a également été réalisé un passage additionnel avec une prise de 5.000 t.

Niveaux de biomasse de référence. La projection de la biomasse du stock reproducteur (SSB) a été exprimée par rapport à la biomasse reproductrice associée à la PME (c.-à-d. B_{PME}) pour le scénario de recrutement approprié, ainsi que par rapport à la biomasse du stock reproducteur de 1975. La B_{PME} a servi de niveau de référence aux fins du rétablissement, car elle constitue la cible du programme de rétablissement actuel. La SSB de 1975 a servi de niveau de référence aux fins du rétablissement, car on a souvent postulé qu'elle était la cible du rétablissement dans des évaluations précédentes où elle avait été suggérée comme un indice approchant de la B_{PME} .

10.2 Résultats

Les résultats des projections ont été présentés comme des médianes (50%) et 10% et 90% de 200 passages. Or, le Groupe s'est demandé avec inquiétude si les médianes non corrigées et les autres pourcentages ne contiendraient pas des biais. Un facteur contribuant aux différences entre les projections déterministes de la biomasse reproductrice et les projections de la biomasse reproductrice utilisant la médiane des bootstrap était le postulat d'une distribution lognormal pour la variation du recrutement en ce qui concerne le rapport stock-recrutement pour ce dernier. Étant donné que la moyenne de cette distribution est plus grande que sa médiane, les projections utilisant la médiane des bootstrap dépasseront les projections déterministes. En outre, d'autres facteurs liés à la non-linéarité du modèle d'estimation pourraient aussi introduire des biais dans les distributions par bootstrap (Efron, 1982). Il est important que les questions concernant des biais éventuels soient résolues avant la prochaine session d'évaluation.

La biomasse du stock reproducteur (SSB) projetée a été exprimée de trois façons pour chacun des deux scénarios de recrutement (LRS et HRS): en nombres absolus, par rapport à la SSB de 1975, et par rapport à l'estimation appropriée de la B_{PME} . La **Figure 12** indique les résultats médians des passages bootstrap utilisant des prises futures constantes s'inscrivant entre 0 et 3.000 t. Tous les niveaux de prises constantes dans cette gamme ont entraîné dans une certaine mesure le rétablissement du stock. Un passage additionnel a indiqué qu'une prise constante de 5.000 t provoquerait essentiellement l'extinction du stock vers 2001, pour les deux scénarios de recrutement, mais les niveaux de prises constantes inscrits entre 3.000 et 5.000 t n'ont pas été projetés. Pour le scénario de faible recrutement, tous les niveaux de prise inférieurs ou égaux à 3.000 t ont entraîné le rétablissement à la B_{PME} avant 2018, tandis que les niveaux de prise inférieurs à 2,700 t ont entraîné le rétablissement à la SSB de 1975 avant 2018. Pour le scénario de fort recrutement, des niveaux de prise de 2.300 t ou moins ont entraîné le rétablissement à la B_{PME} , tandis que tous les niveaux de prise inférieurs ou égaux à 3.000 t ont entraîné le rétablissement à la SSB de 1975 avant 2018. Des passages déterministes correspondants ont donné des résultats

similaires, à savoir que toutes les prises constantes entre 0 et 3.000 t se sont traduites par un rétablissement; cependant, les taux de rétablissement étaient quelque peu inférieurs, d'où les préoccupations exprimées dans le paragraphe précédent quant aux biais susceptibles d'affecter les estimations médianes.

Les **Figures 13 et 14** fournissent des estimations déterministes, médianes, et à 10% et 90% pour le recrutement, SSB , F/F_{PME} , SSB/SSB_{75} , et SSB/SSB_{PME} pour le LRS (scénario de faible recrutement) et le HRS (scénario de fort recrutement), respectivement. Dans certains cas, les estimations déterministes se sont avérées substantiellement différentes des estimations médianes, phénomène qui nécessite un examen plus poussé dans le contexte des préoccupations exprimées quant à l'éventualité d'estimations biaisées, comme il a été fait observer plus avant. À titre d'exemple, pour le scénario LRS, le point estimé de la B_{PME} était de 16.868 t, alors que l'estimation médiane était de 16.811 t. Pour le HRS, le point estimé de la B_{PME} était de 65.012 t et l'estimation médiane de 65.916 t (**Tableau 10**). Comme par le passé, le Groupe a décidé de présenter les résultats médians dans le résumé exécutif. Il convient de noter que la mortalité par pêche dépasse souvent F_{PME} au cours des premières années du rétablissement.

Pour le scénario LRS, les projections indiquent qu'une prise constante de 3.000 t par an a une probabilité d'environ 75% de permettre le rétablissement à la B_{PME} associée avant 2018 (**Tableau 11**). En outre, une prise constante de 2.500 t par an a environ 56% de probabilité de permettre le rétablissement à la taille du stock de 1975 avant 2018. Pour le HRS, une prise constante d'environ 3.000 t par an a environ 62% de probabilité de permettre le rétablissement à la taille du stock de 1975, et avec une prise annuelle constante de 2.500 t, les chances d'un rétablissement à la B_{PME} associée avant 2018 sont de 47%.

Le Groupe s'est montré inquiet quant à l'influence (a) des prises subitement élevées attribuées à la Guinée équatoriale, et (b) des forts niveaux de recrutement estimés pour les classes annuelles de 1994 et 1995 (**Figure 7b**). Il y avait trois raisons principales à l'inquiétude exprimée quant à la fiabilité des estimations de fort recrutement: (i) les évaluations antérieures ont souvent entraîné des estimations élevées de recrutement pour les années immédiates, mais ces estimations n'ont pas été confirmées dans les évaluations suivantes (**Figure 15**); (ii) les indices de taux de capture relatifs au thon rouge juvénile sont en général des séries temporelles courtes qui risquent donc d'avoir un grand impact sur le processus d'ajustement des évaluations (notamment l'indice américain canne/moulinet pour le poisson de 66-114 cm); et (iii) l'ajout de deux niveaux de recrutement relativement élevés signifie que le rapport stock-recrutement pour le scénario LRS entraîne des estimations de résistance (comme indexées par la pente à l'origine) et de recrutement maximum qui dépassent de beaucoup celles qui avaient été utilisées dans les projections de l'évaluation de 1998. L'effet des classes annuelles 1994 et 1995 se fait également ressentir dans les projections de deux manières différentes: il gonfle les tailles des classes annuelles entrantes lors des premières années de la projection en raison du recours à l'auto-corrélation dans les estimations du recrutement, et il augmente la biomasse reproductrice projetée à partir de l'âge de maturité. C'est pourquoi le Groupe s'est demandé avec inquiétude si la taille estimée des classes annuelles 1994 et 1995 ne donnerait pas une image bien trop optimiste du taux et de l'ampleur du rétablissement.

Dans le but de dissiper les préoccupations causées par les prises de la Guinée équatoriale et par les récentes estimations de fort recrutement, trois passages de sensibilité ont été réalisés selon la méthode déterministe uniquement. Le premier passage s'est avéré semblable à celui du cas de base, exception faite du fait que les prises de la Guinée équatoriale ont été exclues (cas 5 de la Section 9). Le deuxième passage a été identique au cas de base, mais les classes annuelles 1994 et 1995 ont été exclues du rapport stock-recrutement et substituées sur la base des données restantes. Le troisième passage a été semblable au cas de base, mais l'indice américain canne/moulinet pour le poisson de 66-114 cm a été exclu de l'analyse (cas 6 de la Section 9).

Dans les trois cas, les tentatives d'ajustement du rapport stock-recrutement pour les scénarios de fort recrutement ont débouché sur des estimations de paramètres instables. En particulier, les estimations de la PME et de la B_{PME} du rapport de Beverton-Holt se sont avérées très sensibles au montant d'auto-corrélation postulé. Toutefois, l'examen de cette importante question n'a pas pu être poursuivi faute de temps. Les scénarios de fort recrutement n'ont pas été davantage examinés pour ces analyses de sensibilité.

Les résultats du cas excluant les prises de la Guinée équatoriale ont été similaires au cas de base pour le scénario LRS (**Figure 16**). Ceci n'a rien de surprenant étant donné que les prises de la Guinée équatoriale n'ont été enregistrées que pendant une année. Les estimations des trajectoires de la biomasse indiquent que des niveaux de capture de 3.000 t maximum permettront le rétablissement au niveau de la B_{PME} associée avant 2018, et des prises de 2.300 t ou moins permettront le rétablissement au niveau de 1975 avant 2018. Il convient de noter que ces résultats et ceux des deux analyses de sensibilité suivantes proviennent uniquement de passages déterministes, et ne peuvent donc pas être comparés directement aux résultats médians présentés pour le cas de base.

Les résultats du cas avec les classes annuelles 1994 et 1995 substituées par des recrutements calculés à partir d'un rapport stock-recrutement incorporant les données d'années antérieures ont indiqué que le rétablissement est retardé par cette substitution, mais que le stock augmenterait encore à hauteur de niveaux de capture de 2.700 t maximum pour le scénario LRS (**Figure 17**). Les estimations des trajectoires de la biomasse indiquent que des niveaux de capture de 2.700 t maximum permettront le rétablissement au niveau de la B_{PME} associée avant 2018, et des prises de 1.500 t ou moins permettront le rétablissement au niveau de 1975 avant 2018.

Les résultats du cas excluant l'indice américain canne/moulinet pour le poisson de 66-114 cm ont indiqué que toutes les captures constantes à hauteur de 3.000 t entraîneraient un certain rétablissement pour le scénario LRS (**Figure 18**), mais pas aussi rapidement que dans les projections du cas de base. Les estimations des trajectoires de la biomasse indiquent que des niveaux de capture de 3.000 t maximum permettront le rétablissement au niveau de la B_{PME} associée avant 2018, et des prises de 2.000 t ou moins permettront le rétablissement au niveau de 1975 avant 2018. C'est pourquoi l'indice américain canne/moulinet pour le poisson de 66-114 cm n'est pas le seul facteur qui conduise à des estimations des classes annuelles 1994 et 1995 qui sont considérablement plus élevées que celles des classes annuelles 1980-93.

Effet du choix des scénarios de recrutement. Par rapport au scénario de fort recrutement (HRS), le scénario de faible recrutement (LRS) entraîne un potentiel de rétablissement plus faible pour le stock et une estimation plus faible de la B_{PME} . Par conséquent, avec le scénario LRS, il pourrait être relativement plus facile d'obtenir le rétablissement à la B_{PME} correspondante, mais il s'avérera plus difficile de rétablir à un niveau-cible qui ne dépende pas du rapport stock-recrutement, tel que B_{75} . Ces comparaisons sont illustrées aux **Figures 13 et 14**.

Effet du niveau de la biomasse utilisée comme point de référence pour le rétablissement. Le choix de mesurer le rétablissement par rapport à la SSB de 1975 ou en estimant la B_{PME} dépend des paramètres du rapport stock-recrutement et n'a pas beaucoup d'impact en termes de durabilité des niveaux de prise examinés ici. Le choix de cette mesure est cependant important au niveau du calendrier du rétablissement.

Comparaison des niveaux de référence de la biomasse entre cette évaluation et l'évaluation de 1998. Les niveaux de référence de la biomasse issus de la présente évaluation (**Tableau 10a**) sont considérablement différents de ceux de l'évaluation de 1998 (**Tableau 13** du Rapport détaillé de 1998, reproduit ici comme **Tableau 10b**). Cette différence s'explique par plusieurs raisons:

- S** Les données utilisées pour ajuster le rapport stock-recrutement (c'est-à-dire les estimations d'évaluations du recrutement et de la biomasse du stock reproducteur) ont changé car deux années supplémentaires de capture et de taux de capture ont été ajoutées.
- S** Pour le scénario HRS, le rapport de Beverton-Holt a été restreint afin de produire des estimations du recrutement et de la B_{PME} qui s'inscrivaient dans une gamme jugée raisonnable, sur la base de l'expérience collective du Groupe, notamment en ce qui concerne les évaluations antérieures de thon rouge ouest-atlantique qui ont eu recours à des modèles alternatifs, tels que ASPM et CATCHEM.
- S** Dans la présente évaluation, la variabilité du recrutement, σ_R , a été estimée à partir des séries temporelles historiques pour chaque projection par bootstrap et redéfinie à 0,4, chaque fois que les estimations ont baissé en-deçà de cette valeur, au lieu de postuler un $\sigma_R = 4$ fixe, comme il avait été fait lors de l'évaluation de 1998.

En règle générale, les estimations de la PME et de la B_{PME} pour le scénario de faible recrutement de la présente évaluation se sont avérées quelque peu supérieures à celles de l'évaluation de 1998, tandis que les estimations du scénario de fort recrutement ont été considérablement plus élevées dans l'évaluation de 1998 par rapport à l'actuelle évaluation. La principale raison aux différences apparues dans le scénario LRS réside dans l'inclusion des classes annuelles 1994 et 1995, qui sont considérablement plus grandes que celles de 1980-1993. Les différences du scénario HRS proviennent également des forts recrutements estimés avec une biomasse reproductrice faible qui modifient la pente (augmentent l'inclinaison) du rapport stock-recrutement estimé.

En résumé, les résultats présentés ici sont plus optimistes que les projections de 1998 sur la durabilité des prises futures qui se rapprocheront ou qui dépasseront légèrement les niveaux récents. En termes de tendances relatives de la capture et de la taille du stock, l'actuelle évaluation est similaire aux récentes évaluations du stock du thon rouge ouest-atlantique. Toutefois, les projections fondées sur de récentes évaluations n'ont pas été aussi cohérentes ou aussi stables que les évaluations elles-mêmes. Ceci s'explique par le fait que la durabilité de niveaux de prises constantes spécifiques dépend en grande partie des estimations de la taille de la population et du recrutement des dernières années et du rapport stock-recrutement utilisé pour les projections, tous ces éléments étant marqués par une grande incertitude. L'autre caractéristique importante des projections actuelles est que les résultats obtenus à partir des deux scénarios de recrutement font apparaître des différences accusées. L'estimation médiane de la B_{PME} est 3,9 fois plus élevée pour le scénario HRS que pour le scénario LRS (**Tableau 10**). C'est pourquoi le scénario HRS entraîne un rétablissement bien plus rapide à des niveaux bien plus élevés. Pour le scénario LRS, le postulat principal est que le recrutement ne peut pas augmenter beaucoup plus que le niveau observé depuis la fin des années 1970, quel que soit le nombre de programmes de rétablissement de stocks mis en place; pour le scénario HRS, le postulat principal est que le rétablissement à des niveaux de biomasse plus élevés entraînera finalement des valeurs de recrutement aussi élevées que celles observées au début des années 1970. Actuellement, le Groupe n'a pas les moyens objectifs de décider lequel de ces scénarios de recrutement est le plus probable, mais les deux sont plausibles.

11 Effet des mesures de réglementation

Un extrait des mesures de réglementation adoptées par la Commission pour les stocks de thon rouge ouest-atlantique figure au **Tableau 12** (identique à celui du COM-SCRS/00/10-bis).

11.1 Limites de capture

C'est en 1981 qu'a été adoptée la première mesure de réglementation prévoyant un niveau de suivi scientifique pour les prises de thon rouge ouest-atlantiques. Depuis lors, les niveaux de suivi ont été modifiés plusieurs fois. L'historique des limites de capture et des prises déclarées et/ou estimées (débarquements et rejets morts) fait l'objet d'une comparaison au **Tableau 13**. Jusqu'en 1998, les limites s'appliquaient aux captures, tandis que pour 1999, les rejets ont fait l'objet d'une mention et d'une séparation spécifiques (voir la dernière colonne du **Tableau 13**). À la **Figure 19**, la limite de captures (y compris les rejets pour 1999) est comparée à la prise estimée.

Jusqu'en 1987, les prises et les débarquements estimés étaient inférieurs ou égaux au niveau des limites de captures. Cependant, de 1988 à 1997, les débarquements estimés se sont fort rapprochés du niveau des limites, et pour certaines années, ont dépassé la limite à raison de 100 t maximum. Pendant cette période, les prises estimées (y compris les rejets) ont été tous les ans supérieures aux limites (à raison d'environ 200 à 300 t), à l'exception de 1992 et 1997. Les prises et les débarquements estimés ont dépassé les limites en 1998 et 1999, à raison d'environ 300 t et 200 t, respectivement.

Il convient de noter qu'aux fins de l'application, certains pays utilisent des années qui ne correspondent pas aux années civiles, alors qu'au **Tableau 13** et à la **Figure 19**, les prises sont indiquées en années civiles. En outre, conformément à la mesure réglementaire de l'ICCAT, le montant de la prise qui dépassait le quota ou qui restait du quota peut être reporté aux années suivantes. C'est pourquoi la limite des captures pour chaque année aurait pu être ajustée en conséquence. Il convient également de souligner que les excédents des limites de capture observés ces dernières années sont dus à certaines nouvelles pêcheries qui ont opéré sans quota légal (voir la Section sur les prises).

11.2 Réglementation de taille minimale

Pour l'Atlantique ouest, une taille minimale de 6,4 kg avec une tolérance de 15% en nombre de poissons est en vigueur depuis 1975. En outre, une interdiction portant sur la capture et le débarquement de thon rouge de moins de 30 kg (ou 115 cm), avec une tolérance de 8% en poids sur une base nationale, est entrée en vigueur en 1992. Le **Tableau 14** et la **Figure 20** récapitulent les proportions du poisson sous-taille (en poids). On n'a pas donné la limite du poids minimum de 6,4 kg, étant donné que la limite de taille de 115 cm est plus restrictive. Il convient de noter que, depuis 1992, la proportion du poisson sous-taille, toutes captures confondues, se situe en-deçà du niveau alloué.

12 Recommandations

12.1 Statistiques

1 Le Groupe a recommandé que les autorités, instituts de pêche, organismes statistiques nationaux et scientifiques individuels de l'ICCAT et des pays/entités/entités de pêche coopérants remettent au Secrétariat de l'ICCAT des données fiables sur la capture, l'effort et la taille dans le format requis et sur une échelle aussi précise que possible. Ces obligations sont considérées comme une formalité minimale dès lors qu'elles sont clairement stipulées dans la Convention ICCAT, le Code de conduite pour une Pêche responsable de la FAO, ainsi que la Convention sur l'Application des Nations Unies (UNIA).

2 Le Groupe a recommandé que des efforts soient déployés pour fournir des estimations sur les incertitudes (par exemple des coefficients de variation) associées aux statistiques déclarées (débarquements, prises rejetées, autres formes de mortalité induites par les pêcheries) qui sont estimées à partir de prospections d'échantillonnage.

3 Le Groupe a recommandé qu'il fallait compléter les carnets de pêche de toutes les pêcheries commerciales et sportives. Il existe encore actuellement des pêcheries qui ne sont pas obligées de tenir des carnets de pêche et l'on dispose de peu d'informations à leur sujet.

4 Le Groupe a recommandé que les prises estimées de la Guinée équatoriale (NEI 81) basées sur les Documents Statistiques Thon rouge (BTSD) de l'Atlantique ouest fassent l'objet d'un examen plus poussé afin de vérifier leur précision. Ce travail exige la collaboration des autorités pertinentes responsables de recueillir les Documents BTSD. S'il est confirmé que les prises proviennent de l'Atlantique ouest, tous les efforts devront être faits pour obtenir davantage de données détaillées sur la zone, l'époque et la taille du poisson capturé.

5 Le Groupe a recommandé qu'il fallait s'attacher particulièrement à la collecte des données sur les rejets et à leur estimation postérieure, de façon à pouvoir pleinement tenir compte de l'effet du rejet dans l'évaluation du stock. La qualité de l'information est renforcée par les programmes d'observateurs. L'échantillonnage par les observateurs devrait suffire à quantifier les rejets pour tous les mois et toutes les zones, et à éviter d'avoir à regrouper les strates temporelles ou spatiales jugées importantes pour obtenir des estimations. Il faut réaliser des études pour améliorer l'estimation des rejets et identifier des méthodes qui réduiraient la mortalité causée par les rejets. Des études devraient également être menées pour estimer la mortalité du thon rouge rejeté vivant.

12.2 Recherche

Biologique

1 Les questions associées à la fidélité au lieu de frai, aux routes migratoires et au mélange comptent parmi les principales incertitudes dans l'évaluation et la gestion du thon rouge de l'Atlantique. Le Groupe a noté que des progrès considérables ont été faits dans cette recherche et a estimé que la façon la plus expéditive de traiter les hypothèses associées à ces questions est de procéder comme suit:

Fidélité au lieu de frai:

- S** marquage à l'aide de marques conventionnelles, marques-archives et pop-up de transmission par satellite sur les lieux de ponte pendant la saison de frai
- S** analyses génétiques à partir d'échantillons de petits juvéniles recueillis à proximité des lieux de ponte ou de poissons en état de frai recueillis sur les lieux de ponte pendant la saison de frai
- S** analyses de micro-éléments de petits juvéniles recueillis à proximité des lieux de ponte ou de poissons en état de frai recueillis sur les lieux de ponte pendant la saison de frai (lorsqu'on aura développé des méthodes d'identification de lieux de ponte natals).

Routes migratoires:

- S** marquage à l'aide de marques conventionnelles, marques-archives et pop-up de transmission par satellite sur les lieux de ponte
- S** élaboration et pose de marques-archives sur des poissons juvéniles
- S** marquage à l'aide de marques conventionnelles, marques-archives et pop-up de transmission par satellite d'autres poissons à d'autres endroits, de préférence en se fondant sur des projets expérimentaux pour tester les hypothèses spécifiques plutôt que de dépendre du marquage opportuniste.

Étendue du mélange

- S** analyses de micro-éléments ou analyses génétiques d'individus d'âge 0 ou 1 pour identifier les lieux de ponte (réalisation d'une étude pilote qui, si elle est positive, sera suivie d'un échantillonnage représentatif de chaque grande pêcherie)
- S** marquage conventionnel à partir d'un projet statistique pour assurer les recaptures adéquates dans chaque grande pêcherie.

Le Groupe a recommandé d'établir une coopération continue et durable entre les scientifiques qui font des recherches sur les stocks de l'est et de l'ouest afin de collaborer dans les expériences de marquage, et de collecter et analyser des échantillons destinés aux études génétiques et de micro-éléments. Le Groupe a suggéré d'accorder la priorité au marquage des poissons en état de frai dans les zones de ponte du Golfe du Mexique et de la Méditerranée, au recueil et à l'échange d'échantillons de tissus destinés aux analyses génétiques provenant de petits juvéniles ou de poissons en situation de frai prélevés de ces lieux de ponte, et à la collecte et à l'échange d'échantillons de tissus et d'otolithes de poissons de l'année (de préférence) ou de l'âge d'un an pour effectuer des analyses génétiques et de micro-éléments. Il a été noté que les problèmes associés aux faibles taux de récupération des marques PSAT déployées dans l'Atlantique est et en Méditerranée doivent être résolus avant que les objectifs de la recherche sur le marquage ne puissent être atteints.

2 Le Groupe a fait siennes les recommandations récemment formulées par le Groupe de travail *ad hoc* CGPM/ICCAT (COM-SCRS/00/25). Le Groupe a notamment appuyé la recommandation selon laquelle une réunion intersessions devrait avoir lieu pour examiner et intégrer les résultats de la recherche qui ont trait aux mécanismes biologiques et identifier la meilleure façon de les incorporer dans les évaluations de stocks (y compris les implications de taux de croissance éventuellement différents). La réunion devrait rassembler des scientifiques de l'Atlantique est et ouest, ainsi que des experts globaux. Il est urgent de remplacer le programme opportuniste par un programme fondé sur un prototype à grande échelle. On a également souligné la nécessité d'établir un dialogue entre les scientifiques et les gestionnaires, étant donné que les résultats de cette nouvelle recherche mettent en évidence la nécessité de repenser les approches d'évaluation et les approches de gestion.

3 Le Groupe a recommandé d'exploiter de façon plus intensive la base de données de marquage afin de créer des hypothèses vérifiables sur les routes migratoires par âge et par zone d'origine. Il convient de trouver une façon plus formelle et statistiquement plus rigoureuse d'incorporer les données de marquage (par exemple SCRS/00/98) dans les modèles d'évaluation.

4 Le Groupe a recommandé d'autoriser et d'encourager la pêche scientifique soigneusement préparée et surveillée (par des bateaux scientifiques ou de pêche commerciale), même dans des zones où il est actuellement interdit de pratiquer une pêche commerciale à grande échelle, dans le but de traiter des hypothèses spécifiques sur la fidélité au lieu de frai, les routes migratoires, l'étendue du mélange, les tendances de l'abondance, et les paramètres du cycle vital. La pêche scientifique limitée devrait également être autorisée dans des zones où la présence de très jeunes juvéniles est connue afin de réaliser des activités de marquage et de fournir des échantillons destinés aux analyses génétiques et de micro-éléments.

5 Le Groupe a recommandé de poursuivre les études extensives sur la maturité, qui sont en cours dans l'Atlantique est et ouest ainsi qu'en Méditerranée. Cette question devrait être prioritaire sachant qu'une différence d'âge dans la courbe en ogive de maturité soutiendrait l'hypothèse de deux stocks biologiques ou plus. Aussi, les résultats du marquage par satellite ont montré la présence de poissons en âge de reproduction dans l'Atlantique central au moment où ils étaient censés se reproduire, phénomène qui devrait faire l'objet de recherches. Le Groupe a appuyé la proposition de réaliser un programme

d'échantillonnage exploratoire de larves et de thons rouges reproducteurs dans l'Atlantique central (SCRS/00/125).

6 Le Groupe a recommandé de mener à bien un examen quantitatif des échantillons de larves de thons rouges

Indices de calibrage

7 Le Groupe a recommandé d'examiner plus avant et de standardiser le traitement des zéros dans les analyses de la CPUE. Les indices qui n'utilisent pas les approches delta lognormal pour traiter des zéros devront faire l'objet d'une enquête.

8 Le Groupe a recommandé d'enquêter sur les effets de l'interaction sur les indices d'abondance chaque fois que la raison sous-jacente n'est pas évidente. Ces interactions pourraient être expliquées lorsque des strates spatio-temporelles plus fines sont utilisées, et ce phénomène devrait être analysé.

9 Le Groupe a recommandé de mettre en oeuvre des méthodes standardisées destinées à sélectionner les variables du modèle de CPUE à mettre en oeuvre. Comme alternative, le Groupe d'évaluation du stock de Thon rouge ouest-atlantique souhaitera peut-être envisager d'avoir recours à des analyses utilisant une régression au pas à pas pour sélectionner les variables du modèle (SCRS/00/44).

10 Le Groupe a recommandé que, dans la mesure du possible, les effets des changements qui se sont produits dans les mesures réglementaires soient introduits de façon plus explicite dans les procédures pour standardiser les indices de CPUE. La CPUE par âge devrait être calculée, lorsque cela est possible, afin de comparer les tendances spécifiques de l'âge à travers les différents indices et pour essayer d'évaluer la covariance inter-âge dans les pêcheries spécifiques.

11 Le Groupe a observé que la plupart des indices d'abondance calculés pour les différentes pêcheries du thon rouge de l'Atlantique ont indiqué des effets spatio-temporels qui pourraient être attribués en partie à la variabilité environnementale. Les causes de cette variabilité peuvent comprendre des changements - à court et long terme, de petite et grande importance - dans le climat océanique et/ou des variations de la disponibilité des espèces proies dans une période et une zone géographique semblables. Le Groupe a recommandé d'entreprendre des recherches pour documenter l'histoire de la pêche et de l'océanographie dans les zones où sont pratiquées les pêcheries du thon rouge de l'Atlantique. Ces recherches pourraient inclure la compilation d'une série climatologique océanique pour la zone et des informations associées à l'abondance d'espèces-fourrages, telles que le hareng, les sardines, le thazard, les stromatés, le lançon et d'autres espèces. L'objectif est d'utiliser ces séries de données, lorsqu'elles existent, pour standardiser les indices d'abondance pour le thon rouge de l'Atlantique. Par ailleurs, si ces séries de données sont suffisamment étendues dans le temps et dans l'espace, elles pourront également être utilisées pour étudier les raisons des importants déplacements historiques qui ont été observés dans les zones d'abondance pour le thon rouge de l'Atlantique durant les cinq dernières décennies.

12 Le Groupe a recommandé d'appliquer des techniques de prospection, telles que les prospections aériennes, pour fournir des séries temporelles cohérentes de l'abondance relative pour les petits poissons.

Méthodes d'évaluation

13 Le Groupe a recommandé d'établir un processus clairement défini visant à évaluer et à sélectionner les nouvelles méthodes qui seront employées par le Groupe d'évaluation du stock de Thon rouge.

14 Le Groupe a recommandé de poursuivre les évaluations et le recours aux diagnostics dans les modèles d'évaluation. Ceci s'avérerait également utile pour les autres groupes d'évaluation de stocks du SCRS.

15 Le Groupe a recommandé d'effectuer des évaluations de stocks, en particulier en utilisant des méthodes qui résistent au biais et à la variabilité des estimations des F-ratios, qui estiment l'abondance absolue des grands poissons (ou du moins les limites de ces estimations), et qui résistent aux déclarations incorrectes des captures et aux erreurs de détermination de l'âge de la capture.

16 Le Groupe a recommandé de rassembler des données sur des questions qui permettront de meilleures estimations des F d'âges supérieurs, telles que la détermination de l'âge, les indices d'abondance séparés pour les âges supérieurs et pour le groupe plus, et/ou les expériences de marquage.

17 Le Groupe a recommandé de poursuivre les recherches sur les méthodes permettant d'estimer de façon objective la variance des indices d'abondance, en particulier pour déterminer comment ces derniers sont utilisés dans la pondération des modèles de population.

18 Le Groupe a recommandé d'élaborer de nouvelles approches d'évaluation, telles que CATCHEM (SCRS/00/100), qui tolèrent des erreurs dans la prise par âge, et qui pourraient être largement utilisées lors de prochaines réunions. Cette démarche a de grandes implications (non seulement pour les résultats d'évaluation) sur la façon dont les données sont déclarées par les scientifiques nationaux et conservées par l'ICCAT et il conviendrait de l'examiner (par exemple, les observations des fréquences de taille réelles utilisées pour estimer la prise par taille des diverses flottilles).

19 Le Groupe a exprimé ses inquiétudes quant au biais éventuel que pourraient contenir les résultats non corrigés de la médiane (50%) obtenus d'après les projections. Si un tel biais existe, cela signifie que les résultats présentés, y compris la probabilité du rétablissement aux niveaux cibles avant 2018, sont peut-être optimistes à un degré inconnu. Il est important que cette question d'un biais éventuellement ascendant soit examinée pour la prochaine évaluation.

20 Le Groupe a recommandé que le logiciel d'évaluation existant soit modifié pour rendre compte des changements intervenus dans la composition démographique et des tailles du groupe plus au fur et à mesure de l'évolution de l'abondance du stock, lorsque cela n'a pas déjà été fait.

12.3 Gestion

La recommandation de gestion du Groupe porte sur le Programme de rétablissement (décrit au premier paragraphe de la section BFT du présent rapport) qui a été adopté par la Commission en 1998. Compte tenu de l'incertitude présente dans l'évaluation (notamment en ce qui concerne les estimations de récents recrutements élevés), les projections, le choix entre les scénarios de recrutement, et le postulat sur le mélange, le Groupe a recommandé que le TAC ne soit pas modifié considérablement par rapport à son niveau actuel de 2.500 t par an. Des projections fondées sur le scénario de faible recrutement, en supposant que les estimations d'un récent recrutement élevé sont correctes, indiquent que le TAC pourrait être augmenté sans perturber le Programme de rétablissement (**Tableau 11**); toutefois, des niveaux élevés de recrutement sont incompatibles avec le scénario de faible recrutement. Les niveaux élevés du récent recrutement estimé dans cette évaluation indiquent un niveau de biomasse plus élevé comme cible de rétablissement, tel que la B_{PME} associée au scénario de fort recrutement, auquel cas il existe une probabilité de presque 50% de rétablissement avec le TAC actuel de 2.500 t (**Tableau 11**). Le Groupe a observé que la B_{PME} pour le scénario de fort recrutement n'est pas bien déterminée par les données de recrutement de géniteurs examinées dans cette évaluation. Des analyses précédentes, fondées sur une série temporelle plus longue d'estimations de recrutement de géniteurs, ont indiqué que le niveau de biomasse en 1975 est un indice approchant raisonnable pour la B_{PME} . Le fait de maintenir la capture

annuelle à peu près au niveau actuel du TAC donne au moins une probabilité de 50% de rétablissement au niveau de la biomasse de 1975 avant 2018, pour les deux scénarios de recrutement (**Tableau 11**).

Une implication du mélange du thon rouge entre les unités de gestion ouest et est qui est clairement ressortie des travaux du Groupe est que les abondances du poisson et des pêcheries à l'est comme à l'ouest sont liées. L'état du stock et de la pêche est-atlantiques pourraient avoir une incidence néfaste sur le rétablissement dans l'Atlantique ouest, observation qui avait déjà été consignée dans le Rapport de 1998 du Groupe. C'est pourquoi le Groupe a souligné combien il était important de poursuivre les efforts visant à gérer les pêcheries dans l'Atlantique est et dans l'Atlantique ouest d'une manière soutenable.

Références

BUCKLAND, S.T., K.P. Burnham, and N.H. Augustin. 1997. Model selection: An integral part of inference. *Biometrics*. 53:603-618.

EFRON, B. 1982. *The Jackknife, the Bootstrap and Other Resembling Plans*. CABS Monograph No. 38, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

GERMAN, A., J. B. Carlin, H. S. Stern and D. B. Rubin. 1995. *Bayesian Data Analysis*. Chapman and Hall.

ICCAT. 1984	SCRS/83/64
ICCAT. 1994	SCRS/93/52
ICCAT. 1997	SCRS/96/119
ICCAT. 1999	SCRS/98/22
ICCAT. 1999	SCRS/98/33 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/42
ICCAT. 1999	SCRS/98/54 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/58
ICCAT. 1999	SCRS/98/65
ICCAT. 1999	SCRS/98/71
ICCAT. 1999	SCRS/98/73
ICCAT. 1999	SCRS/98/77
ICCAT. 1999	SCRS/98/85
ICCAT. 1999	SCRS/98/95
ICCAT. 2000	Rapport du SCRS de 1999

**INFORME DEL SCRS ICCAT DE LA SESIÓN DE EVALUACIÓN DEL
STOCK DE ATÚN ROJO DEL ATLÁNTICO OESTE**
(Madrid, España, 18-22 de septiembre de 2000)

1 Apertura y disposiciones para la reunión

La Sesión de evaluación del stock de atún rojo del Atlántico oeste de la reunión del SCRS 2000 se celebró en las oficinas de ICCAT en Madrid, España. La reunión fue inaugurada por el Presidente del SCRS, el Dr. Joseph Powers. Tras consultar con científicos nacionales antes de la Reunión, el Dr. Powers recomendó que el Dr. Michael Sissenwine (EE.UU) presidiera la Reunión. Se nombró después a los científicos que actuarían como relatores de los puntos específicos de la Agenda. Estas disposiciones fueron aceptadas por todos los participantes. La lista de relatores es la siguiente:

Informe detallado

1	Apertura y disposiciones para la reunión	Peter Miyake, Julie Porter
2	Examen del Grupo de Trabajo sobre Métodos	Víctor Restrepo
3	Examen de la Reunión CGPM/ICCAT	Steve Turner
4	Examen de recientes desarrollos en pesquerías	Julie Porter
5	Estadísticas de captura	Peter Miyake
6	Estructura del stock y parámetros biológicos	Julie Porter, Gerald Scott
7	Índices de abundancia relativa	Gerald Scott
8	Influencias ambientales	Gerald Scott
9	Evaluaciones y métodos	Víctor Restrepo
10	Proyecciones	Pamela Mace
11	Efecto de las medidas regulatorias	Peter Miyake
12	Recomendaciones	
12.1	Estadísticas	Julie Porter
12.2	Investigación	Julie Porter
12.3	Ordenación	Michael Sissenwine
13	Adopción del informe y clausura	Peter Miyake

Borrador del Resumen ejecutivo

Preámbulo	Michael Sissenwine
BFT-1 Biología	Julie Porter
BFT-2 Descripción de las pesquerías	Julie Porter
BFT-3 Estado del stock	Víctor Restrepo
BFT-4 Perspectivas	Pamela Mace
BFT-5 Efectos de las regulaciones	Peter Miyake
BFT-6 Recomendaciones de ordenación	Michael Sissenwine

Además, la Dra. Julie Porter actuó como relatora general de la Reunión.

Se adoptó la Agenda, distribuida por el Secretario Ejecutivo de ICCAT el 26 de julio de 2000
(Apéndice 1)

Los participantes en la sesión se presentaron ellos mismos y la Lista de Participantes se adjunta como **Apéndice 2**.

La Lista de Documentos se adjunta en el **Apéndice 3**.

2 Examen de la Reunión del Grupo de Trabajo sobre Métodos

El Presidente de la Reunión de 2000 del Grupo de Trabajo ICCAT sobre Métodos de evaluación de stock, Dr. Victor Restrepo, resumió la reunión. El propósito principal de esta primera reunión era establecer unos objetivos y una estrategia de trabajo para el grupo bajo el mandato general del SCRS, con el fin de mejorar la calidad global de las evaluaciones realizadas por ICCAT. Como resultado, el Grupo de Trabajo sobre Métodos propuso la creación y mantenimiento de un catálogo de métodos de evaluación en la Secretaría, pensado para documentar mejor el programa informático utilizado por los grupos de trabajo sobre evaluación. El Grupo de Trabajo recomendó además una serie de acciones que deben llevar a cabo los científicos antes y durante las reuniones de evaluación para mejorar el control de calidad. Una de estas acciones es asegurarse de que la Secretaría conserva una copia de todas las entradas, programas informáticos y salidas de los análisis realizados durante la evaluación. El Grupo de Evaluación del stock de atún rojo del Atlántico oeste respaldó totalmente esta recomendación.

El Grupo de Trabajo sobre Métodos trató también métodos para la estandarización de la CPUE que se ocupan de temas espaciales y de especie objetivo y proporcionó diversas recomendaciones que se tratan en el informe de esta reunión.

El Grupo de Trabajo sobre Métodos trató brevemente la cuestión de la coherencia en los métodos de evaluación con el propósito de proporcionar asesoramiento durante los programas de recuperación. El Grupo recomendó que: *“El actual modelo debería ser la hipótesis nula y el grupo de trabajo deberá estar lo suficientemente convencido de que cualquier método nuevo significa una mejora que va a producir un cambio, y deberá preparar documentación suficiente a tal efecto”*.

El Grupo de Trabajo sobre Métodos sirvió también para que los participantes presentaran varios trabajos sobre diversos temas metodológicos de interés para los grupos de trabajo sobre evaluaciones de ICCAT. Se advirtió que la discusión de un tema concreto en el Grupo de Trabajo sobre Métodos no reemplazaría necesariamente una discusión en profundidad de la conveniencia del mismo método posteriormente, durante una evaluación de especies. Los participantes en el Grupo de Evaluación del stock de atún rojo del Atlántico oeste respaldaron esta idea pero advirtieron de que podría resultar conveniente para el Grupo de Trabajo sobre Métodos examinar los temas metodológicos de una forma genérica, y en especial, señalar ejemplos en los que un método en particular no debe utilizarse.

3 Examen de la Reunión CGPM/ICCAT

El Presidente del SCRS informó sobre la reunión de CGPM/ICCAT celebrada en Malta (COM-SCRS/00/25). En la reunión se trataron los datos básicos disponibles de las pesquerías (captura, captura-esfuerzo, y talla) de atún rojo, pez espada y atún blanco, procedentes de las pesquerías del Mediterráneo. En la práctica, se puso especial énfasis en el atún rojo y el pez espada porque las capturas comunicadas atún blanco eran relativamente pequeñas y porque no existía inquietud en cuanto a la coherencia de los informes de captura de atún blanco.

Se advirtió un notable progreso en la mejora de las estadísticas de las pesquerías del Mediterráneo en años recientes (1998 y 1999) especialmente para la cuenca del Mediterráneo oeste, donde el proyecto COPEMED (financiado por España a través de la FAO) ha producido unos sistemas más amplios de recopilación de datos en los países participantes (incluyendo Marruecos, Túnez, Libia y Malta). Sin

embargo, en la reunión también se observó la necesidad de continuar con la mejora de estos sistemas en varios países. Además, también se advirtió que algunos de los principales países pesqueros no habían comunicado datos de talla o tasas de captura desde la última evaluación del atún rojo (y pez espada). CGPM/ICCAT decidió que los actuales datos de talla no garantizan la creación de captura por talla para el atún rojo del Mediterráneo (o pez espada) en el momento actual, a menos que se realicen algunas sustituciones, sin documentación de respaldo, en especial para las grandes capturas de la Unión Europea-Italia.

La reunión consideró el problema de representar la incertidumbre en las estadísticas comunicadas y en las estimaciones derivadas de esta información para la evaluación. Reconoció que las estimaciones de varianza pueden estimarse para algunas estadísticas, pero para otras sería difícil estimar la varianza. La reunión recomendó que el Subcomité ICCAT de Estadísticas considere la recopilación de información sobre objetivos nacionales de muestreo, procedimientos de muestreo y sistemas de estimación como un primer paso en el desarrollo de una comprensión de los puntos fuertes y débiles de la información utilizada para la evaluación y la ordenación.

Se examinó el progreso realizado en el marcado electrónico del atún rojo en ambos lados del Atlántico. Se observó que la red de recuperación de marcas establecida por CGPM/ICCAT en 1998 aparentemente había tenido éxito y muchas (pero aparentemente no todas) marcas electrónicas han sido recuperadas en los países mediterráneos; también se observó que la tasa de recuperación de marcas convencionales podría haber aumentado. Se examinaron los resultados del marcado de archivo por satélite pop-up (PSAT) y los experimentos de marcado de archivo injertable en el Atlántico y en el Mediterráneo. Se comunicaron menores tasas de éxito para las liberaciones PSAT en el Mediterráneo y Atlántico este que para las liberaciones en el Atlántico oeste. Los científicos europeos creen esencial investigar la razón de estas diferencias antes de llevar a cabo experimentos PSAT para investigar la biología del atún rojo y se formularon recomendaciones para llevar a cabo estas investigaciones.

CGPM/ICCAT formuló diversas recomendaciones adicionales incluyendo (1) que se celebre una reunión intersesional para desarrollar tasas de captura estandarizadas a partir del Mediterráneo y las pesquerías asociadas del Atlántico este (como las almadrabas de Marruecos y España) para el atún rojo y el pez espada y (2) que ICCAT considere la celebración de una reunión intersesional para examinar e integrar los resultados de la investigación relacionados con los mecanismos biológicos y la estructura del stock y cuál es la mejor forma de tratarlos en las evaluaciones de stock.

4 Examen de desarrollos recientes en pesquerías

El atún rojo se captura en todo el Océano Atlántico y todo el Mar Mediterráneo (**Figura 1**). Las capturas comunicadas en 1998 y 1999 (incluyendo los descartes estimados) para el Atlántico oeste fueron respectivamente de 2.652 t y 2.771 t. Desde 1995 hasta 1999 las capturas del Atlántico oeste (incluyendo los descartes estimados) alcanzaron una media de 2.500 t, la misma media que en el periodo previo de cinco años (1990-1994) (**Tabla 1; Figura 2**).

Canadá: En general, en 1998 y 1999, las flotas canadienses que pescan atún rojo comunicaron tasas de captura más elevadas y un mayor número de caladeros productivos (SCRS/00/44). Los desembarques nominales de Canadá de atún rojo del Atlántico en 1998 y 1999 fueron de 595 y 576 t respectivamente. Además, se estimó que 16 y 11 t respectivamente habían sido descartes muertos de la flota de palangre dirigida al pez espada. Actualmente, las pesquerías canadienses de atún rojo operan en diversas áreas geográficas frente a la costa atlántica desde julio hasta noviembre, cuando el atún rojo ha migrado a aguas canadienses (**Figura 3**). Las principales pesquerías comerciales tienen lugar frente a la costa de Nueva Escocia (caña y carrete/barrilete en Hell Hole, arpón en Bay of Fundy, almadraba en St. Margaret's Bay, caña y carrete en Canso y caña y carrete/barrilete en Halifax), en la zona sur del Golfo de San Lorenzo (barrilete/caña y carrete) y esporádicamente a lo largo del borde oeste y la región central de los Grandes

Bancos de Terranova (barrilete/caña y carrete). Por lo general, las localizaciones del atún rojo capturado en estas zonas han sido constantes en los últimos dos años, y son comparables a las comunicadas por Stone y Porter (SCRS/98/42) para el período de 1994 hasta 1997. La única diferencia importante es que las capturas (número de túnidos) en Hell Hole son algo mayores que en 1996 y 1997 y se han concentrado más espacialmente. Además, en esta pesquería se utiliza ahora de forma extensiva la caña y carrete además del tradicional barrilete.

Japón: En los últimos años, no ha habido nuevos desarrollos en la pesquería japonesa de palangre del Atlántico oeste. Las capturas anuales en los años civiles 1998 y 1999 fueron de 691 t y 365 t respectivamente. La flota comienza a pescar en el Atlántico oeste a finales de octubre o principios de noviembre y continúa faenando hasta que la pesquería se cierra cuando se ha alcanzado la cuota de atún rojo hacia principios o mediados de enero. También pesca patudo en la misma zona. La mayoría de la captura se realiza en diciembre, seguido de enero. Los peces capturados son de pequeño a medio tamaño (120 a 200 cm) con tendencia a ser más grandes al principio de la temporada y posteriormente el tamaño va disminuyendo a medida que la temporada avanza. La pesca tiene lugar fuera de la ZEE de Estados Unidos y en aguas del norte del Atlántico oeste, incluyendo la ZEE de Canadá (**Figura 4**). Se ha observado un cambio en la configuración de los aparejos; desde 1995 el material más común en la línea madre y la brazolada es el nylon. El número de anzuelos entre flotadores, utilizados para el atún rojo, ha aumentado de 5 y 6 hasta 7 y 8 desde finales de los 80.

Aunque la pesquería japonesa al este de 45°W se considera en la evaluación del Atlántico este, la pesquería del Atlántico central fue examinada para un análisis de sensibilidad. El desarrollo de la pesca en el Atlántico norte central entre 50°N y 65°N (sur de Islandia) ha continuado desde 1995. En años recientes, el inicio de la pesca se ha anticipado un mes, de septiembre a agosto. Los barcos han trasladado sus caladeros hacia el suroeste a medida que la temporada avanza y llegan hasta los 40°W en diciembre, cuando normalmente dejan de pescar atún rojo.

Estados Unidos: Los desembarques comunicados por las pesquerías de Estados Unidos en 1998 y 1999 fueron similares, 1.235 t y 1.212 t respectivamente, y ligeramente menores que los de 1997 (1.317 t). Se cree que la similitud de los desembarques recientes se debe fundamentalmente a los efectos de la ordenación, al igual que el descenso en las capturas de peces pequeños de 1998 (166 t) a 1999 (103 t). Las estimaciones de los descartes muertos de Estados Unidos han sido revisadas para la serie temporal (1987 hasta hoy; SCRS/00/97), aunque con una considerable incertidumbre asociada (ver Sección 5). En 1998 y 1999 se estimaron en 105 y 151 t respectivamente.

Desde 1997 hasta 1999 ha habido cambios en la pesquería de caña y carrete que se realiza durante el invierno frente a Carolina del Norte. Casi todos los peces mayores de 177 cm SFL capturados en esta pesquería fueron liberados a causa de las regulaciones. Los pescadores tenían permitido desembarcar un pez en la franja de 66 a 177 cm por marea. Durante 1998, las tasas de captura en la zona explotada durante 1994-1997 fueron bastante bajas, y se localizó una concentración de atún rojo 80-160 km al suroeste a lo largo de la costa. Durante 1999, las tasas de captura continuaron siendo superiores en esta zona situada más al sur.

Reino Unido (Bermudas): De los Territorios de Ultramar del Reino Unido que han accedido a ICCAT, sólo Bermudas pesca actualmente atún rojo. Esta pesquería se lleva a cabo en el Atlántico oeste, especialmente en la Zona Económica Exclusiva de Bermudas. Todos los barcos de esta pesquería son palangreros y los desembarques de atún rojo fueron de 2 t en 1998 y 1 t en 1999.

Otros: Brasil comunicó 13 t (barcos con pabellón de Guinea Ecuatorial alquilados por Brasil), y 14 t comunicadas por México. El Documento Estadístico del Atún Rojo indicó 429 t adicionales de atún rojo del Atlántico oeste capturadas por Guinea Ecuatorial (NEI 81 en la **Tabla 1**), que no fueron comunicadas por el estado abanderante. No hay más detalles sobre estas pesquerías (ver Sección 5).

5 Estadísticas de captura

Captura

La Secretaría presentó los datos sobre las estadísticas de capturas y desembarques de atún rojo del Atlántico por región, país/entidad/entidad pesquera y por arte, para 1950-1999. Los datos incluían todos los cambios adoptados en la reciente reunión de Grupo de trabajo *ad hoc* CGPM/ICCAT sobre Stocks de grandes peces pelágicos en el Mediterráneo (Malta, 11 al 15 de septiembre de 2000) respecto a las estadísticas mediterráneas y a parte del Océano Atlántico.

El documento SCRS/00/97 presentó las estimaciones de los descartes de palangre basadas en la observación directa de la flota de palangre de Estados Unidos para el periodo 1992-1999. El método aplicado proporcionó la base para definir la incertidumbre en las estimaciones. Debido a un escaso muestreo del número de estratos temporales y geográficos, el procedimiento de estimación agrupó los estratos para lograr un mínimo de 30 observaciones por estrato. El orden de agrupación aplicado se basó en un análisis que indicaba diferencias más pequeñas entre años que entre estratos geográficos o trimestrales. Se comparó el efecto del supuesto de agrupación y se observó que en años recientes las estimaciones realizadas sin agrupación fueron algo menores que con la agrupación. No quedó claro para el Grupo que el método de agrupación produjera la mejor estimación para cada año individual, pero se observó que el método de agrupación, cuando se consideraba la serie temporal entera, proporcionaba una serie temporal constante. El Grupo acordó utilizar la serie temporal del método de agrupación en la evaluación, pero recomendó que se considerara un mayor número de observaciones por estrato para evitar la necesidad de agrupar en el futuro.

Captura no comunicada

El Grupo examinó el documento de la Secretaría COM-SCRS/00/15, que proporcionaba los resultados de los Documentos Estadísticos del Atún Rojo (DEAR) comparados con la captura de la Tarea I. Se observó que una cantidad importante de atún rojo capturado por barcos con bandera de Guinea Ecuatorial había sido exportada a Japón según los registros del DEAR facilitados por Japón. En este documento, la Secretaría sólo proporcionaba el peso del producto exportado, según las instrucciones de la Comisión. El Grupo convirtió el peso del producto (eviscerado y sin agallas) a peso vivo (utilizando un factor de conversión de 1,13) para llegar a 429 t. Se observó que las capturas importadas de Guinea Ecuatorial procedían únicamente del Atlántico este y el Mediterráneo en los últimos cinco años, pero en 1999, por primera vez procedían del Atlántico oeste en lugar del Atlántico este. El origen de estos peces se tomó de la información del DEAR y por lo tanto no es necesariamente correcta. Un análisis de la base de datos indicó que la mayoría de los peces importados a Japón en 1999 procedían de Puerto España, Trinidad y Tobago, y algunos de Las Palmas, España. Todos eran productos eviscerados y sin agallas. Aparte de estas estimaciones, había un total de 13 t de atún rojo capturado por barcos con bandera de Guinea Ecuatorial alquilados por Brasil y comunicadas por Brasil. Se confirmó que estos peces brasileños fueron capturados en el Atlántico oeste. Los peces fueron exportados a Japón y el DEAR fue validado por las autoridades de Brasil. Por lo tanto, se cree que estas capturas no estaban incluidas en los registros del DEAR validados por el Gobierno de Guinea Ecuatorial.

Dado que no hay pruebas circunstanciales para juzgar si estos peces fueron todos capturados o no en el Atlántico oeste, se decidió incluir las capturas totales en el Atlántico oeste como NEI-81, tal y como se describe en el DEAR.

El Grupo estudió además la tabla de capturas e introdujo alguna modificación para 1998 y 1999 para el atún rojo, del que había nuevos datos disponibles. Los datos de captura de la Tarea I, tal y como aparecen en la **Tabla 1** y la **Figura 2**, fueron aprobados.

Captura por talla (CAS) y captura por edad (CAA)

El esquema de sustitución para el atún rojo del Atlántico oeste fue propuesto por la Secretaría para actualizar la captura por talla utilizada en la sesión de evaluación de 1998, hasta incluir 1999. Para la mayoría de las pesquerías, los datos de CAS para los años recientes fueron proporcionados por los científicos nacionales. Los datos de CAS correspondientes a la nueva serie de descartes muertos para las pesquerías de palangre del Atlántico de Estados Unidos también fueron proporcionados por científicos nacionales.

Las capturas de UK-Bermudas, Brasil-Guinea Ecuatorial y México no tienen datos de talla coincidentes. Dado que se asumió que estas capturas comprendían fundamentalmente peces grandes, los datos de talla del palangre de Estados Unidos se utilizaron como sustitución de datos de talla. En el caso de México esto es consecuente con prácticas anteriores.

Se utilizó una vez más el mismo procedimiento de corte de edad utilizado durante varios años, para convertir la captura por talla en captura por edad. Este procedimiento utiliza la curva de crecimiento del documento SCRS/93/52 y una separación empírica del modelo para edades 1-3, cuando es necesario. En la **Tabla 2** se muestra un resumen de los resultados para el Atlántico oeste y en la **Tabla 3** incluyendo el Atlántico norte central. En la **Tabla 4** se muestran los pesos por edad procedentes del corte de edad para el oeste.

6 Parámetros biológicos y estructura del stock

6.1 Parámetros biológicos de entrada

Para el parámetro de la curva de crecimiento fueron adoptados los mismos valores que en las evaluaciones del Atlántico oeste de 1994, 1996 y 1998: $L_4 = 382,0$ cm, $t_0 = 0,707$, $k = 0,079$. (SCRS/93/52). Para el Atlántico oeste, se asumió que la edad de primera madurez sexual por clases de edad, como en el pasado, era de 8 años. El documento SCRS/00/98 facilitaba una metodología para estimar M dentro de una formulación VPA cuando se tienen en cuenta los datos de marcado. Aunque las estimaciones de M a partir de este procedimiento pueden ser confundidas con otras fuentes de pérdida de marcas, las estimaciones resultantes de la aplicación a datos de 1970-1998 respaldan, por lo general, un nivel de aproximadamente 0,14, pero no sugieren un valor mayor para los peces más jóvenes, dentro de las franjas de edad de las que existían datos de marcado. En 1998, el Grupo examinó las implicaciones de un vector de tasa de mortalidad natural variable según la edad como el utilizado en los análisis del atún rojo del sur con respecto a la evaluación de atún rojo del oeste. Se observó que los esquemas globales en la evaluación no eran por lo general sensibles a este supuesto. También se descubrió que los datos de marcado disponibles con los que se estiman las tasas de mortalidad natural específica de la edad del atún rojo no permitían rechazar la hipótesis de una tasa de mortalidad natural constante por edad para las franjas de edad de la evaluación. El Grupo acordó continuar utilizando una tasa de mortalidad natural constante, $M = 0,14$, para la actualización de la evaluación.

6.2 Mezcla e identificación del stock

Modelos de mezcla. Diversos documentos trataron diferentes enfoques para considerar el efecto de la mezcla en los resultados de la evaluación del stock. El documento SCRS/00/98 desarrollaba anteriores formulaciones del modelo VPA que presentaban evaluaciones simultáneas de dos stocks con franjas solapadas. El modelo se aplicó a la captura, abundancia y datos de recuperación de marcas para el atún rojo del Atlántico desde 1970 hasta 1997. En las aplicaciones examinadas, aunque se descubrió que los coeficientes de mezcla estimados eran bastante diferentes de 0, tanto con el modelo de solapamiento como con el de difusión, las correspondientes tendencias de abundancia estimadas son similares al VPA

sin mezcla. El Grupo observó que se habían realizado considerables mejoras en la forma de incorporar los datos de marcado a la evaluación. El Grupo observó también que la inclusión de los datos de marcado en el procedimiento de evaluación ha proporcionado valoraciones más optimistas o más pesimistas del estado del stock del oeste, dependiendo de la aplicación del modelo y de los datos, pero que la valoración del stock del este es mucho menos sensible a la franja de coeficientes de mezcla estimada a partir de los datos. Se discutió acerca de si las complejidades en los movimientos insinuadas por los actuales datos de marcado sería mejor adaptarlas mediante estratos temporales y espaciales más ajustados en los modelos que tienen en consideración los efectos de la mezcla. El Grupo observó que sería beneficioso investigar este tema más en profundidad.

El documento SCRS/00/105 examinó, mediante simulación, el efecto de llevar a cabo la evaluación según la hipótesis de dos stocks, cuando los datos simulados subyacentes eran de un solo stock. Aunque no se puede generalizar, el documento indicaba que bajo el supuesto de las simulaciones, los esquemas generales de reclutamiento VPA estimados en el este y en el oeste podrían ser explicados, en parte, por la asignación de capturas en los análisis que asumen dos stocks. Además, el documento indicaba que la mala especificación de F-ratios podría influir también en las tendencias estimadas por la evaluación. El Grupo observó que estas simulaciones necesitarían una franja mucho más amplia de supuestos subyacentes antes de que los resultados puedan ser generalizados.

Examen de la información sobre la identificación del stock. El Grupo examinó la nueva información para resumir los nuevos conocimientos biológicos sobre la identificación del stock y la mezcla.

Distribución de capturas. La distribución de capturas fue revisada (ver Sección 5) y se observó que la captura del palangre japonés es continua de un lado a otro del Atlántico norte (**Figura 4**).

Marcado. El Informe del SCRS de 1999 advertía sobre el inicio de varios proyectos de marcado electrónico en el Atlántico este y Mediterráneo y en el Atlántico oeste. Los proyectos parecían tener objetivos diferentes y no estaba claro qué hipótesis específicas se estaban probando en cada proyecto, lo que hacía difícil la interpretación de los resultados en el contexto de la evaluación de la estructura del stock de atún rojo del Atlántico. El SCRS 1999 recomendó buscar una mayor coordinación entre estos proyectos y desarrollar diseños experimentales para probar hipótesis críticas para las evaluaciones de stock que realiza ICCAT. Este tema fue tratado en una sesión especial en la reciente Reunión conjunta CGPM/ICCAT (COM-SCRS/00/25 (Sección 6 y Apéndice 4)). CGPM/ICCAT propuso la celebración de una reunión intersesional para tratar mejor el tema de la investigación coordinada en el Mediterráneo y el Atlántico, incluyendo objetivos y prioridades de investigación, lo que ha sido respaldado por el grupo de evaluación de atún rojo del oeste.

Se presentaron dos documentos sobre datos de marcado del oeste, y un tercero del este fue examinado en esta sesión de evaluación. El documento SCRS/00/95 presentaba un resumen del marcado pop-up por satélite de atunes rojos gigantes en el programa conjunto de Canadá y Estados Unidos, Golfo de Maine y Atlántico canadiense. Desde 1997, 58 puntos únicos y 21 marcas de archivo pop-up por satélite sensibles a la luz han sido colocadas en atunes rojos gigantes (178-266 SFL) en el Atlántico norte occidental. Sin excepción, los resultados del marcado en 1997-2000 demostraron que todos los peces marcados se encontraban en el Atlántico central cuando sus marcas comunicaron su situación y del 30 al 58% anualmente estaban en la zona de ordenación oriental. Existen ahora datos capaces de representar las rutas migratorias completas y las asociaciones ambientales (en general para 80-342 días) de doce peces (193-266 cm). El documento SCRS/00/148 trataba sobre el marcado con marcas de archivo y pop-up de atún rojo en el Atlántico norte occidental. Desde 1996, un total de 380 atunes rojos del Atlántico han sido marcados con marcas de archivo injertables o marcas pop-up por satélite. De las 279 marcas de archivo injertables colocadas, 30 han sido recuperadas y 21 de ellas han sido devueltas. Setenta marcas pop-up por satélite han comunicado posiciones, temperatura ambiental y/o movimientos de profundidad. Los datos sobre movimientos estacionales, patrones de movimiento transatlántico, preferencias de profundidad y comportamientos de cría se han obtenido para peces supuestamente en la franja de edad 6-13. Los autores

sugieren que los atunes rojos marcados en el oeste muestran al menos tres tipos distintos de comportamiento: (1) residencia en el oeste sin visitar las zonas de freza; (2) residencia en el oeste y cría en el Golfo de México, y (3) migraciones transatlánticas hacia el Atlántico este o el Mediterráneo. El documento SCRS/00/109 trataba sobre los resultados del marcado de atún rojo del Mediterráneo con marcas pop-up por satélite. Seis (50%) de las marcas de 1998 y seis (15%) de las marcas de 1999 se comunicaron satisfactoriamente; las marcas de 2000 no deben comunicarse todavía. Varias de las marcas presentan interesantes resultados. Una marca colocada en Barbate fue detectada en el Mar de Groenlandia, la posición más al norte comunicada por un atún rojo. Otra marca colocada en Barbate envió la señal a 20,269° N, 29,673°W, cerca del límite sur del stock del Atlántico este. El Grupo CGPM/ICCAT concluyó que es esencial comprender las bajas tasas de comunicación experimentadas en este estudio y propuso que se lleven a cabo más investigaciones con este fin.

Además, el documento SCRS/00/106, al examinar el asesoramiento facilitado a la Comisión bajo la hipótesis de dos stocks, señalaba que las devoluciones de marcas convencionales colocadas en peces pequeños (< 6,4 kg) marcados en el oeste y recapturados en el este durante los 90, así como las marcas convencionales para todas las tallas y la reciente información de las marcas electrónicas sobre atún rojo medio y grande, sugería que las tasas de mezcla eran mucho mayores de lo que se había considerado previamente. El documento cuestionaba también la ventaja de continuar proporcionando asesoramiento sobre el oeste independientemente de las pesquerías de otras zonas del Atlántico. Para décadas anteriores, el documento mostraba proporciones de recapturas transatlánticas similares a las de previos exámenes de los datos de marcado. Durante la discusión, se observó que los análisis de población que incorporaban estos datos de marcado ya se habían realizado (SCRS/00/98) y que habían estimado tasas de transferencia relativamente bajas, consecuentes con análisis previos. Se recomendó realizar un examen más detallado de estos datos.

Basándose en más de cuarenta años de estudios de marcado convencional y otras investigaciones, el SCRS ha afirmado claramente que “a causa de la mezcla, el estado del stock del Atlántico este y la pesca podrían afectar de manera adversa a la recuperación en el Atlántico oeste” (ICCAT 2000). Los resultados de los estudios de marcado electrónico realizados hasta la fecha y examinados en esta reunión apoyan aún más esta declaración. El marcado electrónico muestra un intercambio considerable de peces marcados en el oeste a lo largo del límite de ordenación. Además, plantea importantes cuestiones acerca del comportamiento reproductor (dónde ocurre, cuándo ocurre y con qué frecuencia, ver más abajo).

Aunque en comparación con los estudios de marcado convencional estas nuevas técnicas de marcado electrónico aceleran y amplían considerablemente la información obtenida, debe actuarse con precaución para asegurarse de que los datos son representativos tanto espacial como temporalmente. Es importante disponer de suficientes series temporales para entender los mecanismos subyacentes de los patrones de movimiento; las conclusiones basadas en series temporales cortas pueden estar confundidas a causa de anomalías ambientales y llevar a falsas conclusiones. De la misma forma, es importante investigar la distribución total del atún rojo en el Atlántico y el Mediterráneo; las conclusiones basadas únicamente en estudios en el Atlántico oeste *podrían* tener una interpretación diferente si se hubiera aplicado la misma intensidad de investigación en el Atlántico este (incluyendo todo el Mediterráneo).

Distribución de larvas y zonas de freza. Desde 1981, el atún rojo del Atlántico ha sido ordenado por ICCAT como dos unidades biológicas separadas por una línea de ordenación situada en 45°W. La base biológica de esta división de ordenación se fundamenta por una parte en zonas de freza separadas y exclusivas (en el Golfo de México y el Mediterráneo). Sin embargo, desde 1997, nuevos esfuerzos de marcado pop-up por satélite independientes de la pesquería dirigidos a peces adultos y reproductores en Nueva Inglaterra y Canadá (SCRS/00/95), y Carolina del Norte (SCRS/00/148) demostraron que la mayoría de los reproductores no se encontraban en ninguna zona de desove conocida cuando sus marcas comunicaron su posición, planteando la *posibilidad* de una zona de desove anteriormente desconocida en el Atlántico central (SCRS/00/125). El documento SCRS/00/148 demostró que un pez marcado frente a Carolina del Norte tres años antes, había estado en el Golfo de México durante la temporada de freza.

El documento SCRS/00/148 indicó también que un pez marcado en la zona de desove del Golfo de México volvió a entrar en el Golfo al año siguiente. Para comprobar la posibilidad de que existan otras zonas de desove aparte del Golfo de México y el Mediterráneo, el documento SCRS/00/125 propuso llevar a cabo un muestreo exploratorio de investigación sobre larvas y atunes rojos reproductores en el Atlántico central en 2001.

Genética. El documento SCRS/00/136 trataba sobre el progreso de los análisis genéticos de atún rojo del Atlántico utilizando tanto secuencias nucleótidas de la región de control mitocondrial del ADN como frecuencias de alelos *ldhA* del gen nuclear. Los resultados, aunque todavía preliminares y sin concluir, ponen de relieve la importancia de analizar múltiples clases anuales y edades, y gran número de muestras en los análisis de la estructura del stock.

Conclusiones. Los resultados del marcado electrónico han demostrado que existe un intercambio considerable de atún rojo a lo largo de la línea de los 45°W y plantean importantes cuestiones acerca del momento y localización de la reproducción. La nueva investigación ha vuelto a destacar la importancia de la mezcla en términos de incertidumbre añadida sobre los supuestos que subyacen en los modelos de evaluación. La incertidumbre hace más compleja la forma en que se enfoca la evaluación del stock, la percepción del RMS, y la ordenación del atún rojo. Los modelos indicaron que el stock del este es relativamente insensible a las actividades que se llevan a cabo en el oeste, dadas las grandes diferencias en el tamaño del stock evaluado y las capturas estimadas entre las dos zonas. Sin embargo, el oeste está muy influido por lo que ocurre en el este; por ejemplo, si en el stock del este existe sobrepesca, esta afecta tanto a la pesquería como al stock del oeste. Hasta que la incertidumbre pueda ser reducida, deben tomarse precauciones para evitar el riesgo de sobrepescar el atún rojo tanto en el este como en el oeste.

Se acordó utilizar el límite existente del stock de atún rojo para la evaluación. Sin embargo, el Grupo hizo diversas recomendaciones sobre la realización de investigación adicional (ver Sección 12) con el fin de perfeccionar nuestros conocimientos sobre la identificación y mezcla del stock de atún rojo del Atlántico.

7 Abundancia relativa y CPUE

La información de todas las series de datos de tasas de captura utilizadas en la anterior evaluación de atún rojo del Atlántico oeste (Tabla 6 en el Informe del SCRS de la Sesión de Evaluación del Stock de Atún rojo de 1998, SCRS/98/22) fue actualizada, cuando fue posible, para la evaluación actual. (**Tabla 5a, Figura 5**). En 1998, fueron presentadas también varias series de tasas de captura recién analizadas y el tratamiento analítico de dos de los índices (caña y carrete para peces pequeños y caña y carrete para peces grandes de Estados Unidos) dio como resultado la separación de estas series temporales en dos estanzas. Este tratamiento de la serie temporal se continuó en las actualizaciones presentadas en el documento SCRS/00/96. Una de las series anteriormente disponible y que fue actualizada y puesta a disposición de la actual evaluación, estaba basada en un estudio sistemático independiente de la pesquería (Estudio de larvas de Estados Unidos en el Golfo de México, SCRS/00/101). Otra estaba basada en los datos de tasas de captura de las pesquerías de barrilete de Canadá para grandes peces en el Golfo de San Lorenzo, y también fue actualizada para incluir información adicional y estandarizada mediante un modelo lineal generalizado (SCRS/00/44). Dos series procedían de los datos de tasas de captura del palangre japonés. El documento SCRS/00/133 actualizaba las tasas de captura de la pesquería japonesa de palangre; un índice actualizado era del Atlántico noroeste y otro era una serie temporal provisional de tasas de captura de la pesquería japonesa del Atlántico central para 1990-1999. El documento SCRS/00/133 presentaba también información actualizada sobre tasas de captura para el Mediterráneo y el Atlántico este, aunque esta información no aparece en la **Tabla 5a**. Se facilitó también un análisis actualizado de la pesquería de palangre de Estados Unidos en el Golfo de México (SCRS/00/102).

El documento SCRS/00/133 presentaba los resultados de diversos análisis GLM de las series temporales de tasas de captura japonesa de atún rojo. Previamente, el Grupo decidió que la inclusión de las especies que son captura fortuita en la estandarización tuvo muy poco efecto en la serie de tasas de captura del Atlántico norte oeste, pero observó que la inclusión de las tasas de captura de las especies que son captura fortuita en el índice del Golfo de México podría provocar patrones diferentes a los que se producen cuando no se incluye la captura fortuita o cuando se incluyen diferentes especies como captura fortuita. Este tema fue investigado en mayor profundidad durante la sesión de evaluación de 1998. Estas series temporales fueron modeladas durante las sesiones de trabajo utilizando modelos lineales generalizados mixtos con términos de efectos aleatorios para año*área y año*mes así como interacciones año*área*mes, un procedimiento recomendado en el documento SCRS/96/63 (Rev.) para tener en cuenta la correlación entre las observaciones en las series temporales de tasas de captura. El Grupo acordó aplicar las mismas series temporales en la presente evaluación.

Estados Unidos presentó un índice independiente de la pesquería basado en un estudio de larvas llevado a cabo en el Golfo de México durante la temporada de desove (SCRS/00/101), un índice derivado de las capturas de palangre del Golfo de México y aguas cercanas (SCRS/00/102), e índices múltiples de la pesquería de caña y carrete que opera frente a la costa noreste de Estados Unidos (SCRS/00/96). Todos los índices se derivaron utilizando el enfoque en el que se llevan a cabo análisis separados sobre la proporción de las observaciones con capturas positivas y sobre las capturas positivas. En la reunión del Grupo de 1996, para la serie temporal de caña y carrete de Estados Unidos para tasas de captura de atún rojo pequeño y grande, se adoptó el enfoque delta lognormal como estándar para esta evaluación. Esta elección se debió a los resultados de estudios de simulación previamente facilitados al Grupo, que indicaban que este enfoque mostraba una ejecución superior respecto a otros enfoques probados, para recuperar patrones de tasas de capturas conocidas en datos simulados y porque los exámenes de los patrones residuales no permitían una elección clara del método superior de modelación. Estos procedimientos se utilizaron en los análisis actualizados de estos datos. Además, se emplearon modelos lineales generalizados mixtos de estos datos para tener en cuenta la correlación entre las observaciones en las series temporales de tasas de captura mediante la inclusión de términos de efectos aleatorios que suponen interacciones entre los años. Los índices basados en la pesquería fueron desarrollados con enfoques de modelos lineales generalizados. Para cada uno, las proporciones positivas fueron analizadas utilizando un supuesto de error binomial, y se utilizaron supuestos de error lognormal o Poisson para las tasas de captura positivas. Además, los índices basados en la pesquería fueron analizados utilizando modelos de efectos fijos y utilizando modelos de efectos aleatorios. Inicialmente, cada índice fue desarrollado en base a efectos fijos como el año, mes y zona de pesca así como a covariables continuas. Una vez determinado un modelo final de efectos fijos, se añadieron los términos de efectos aleatorios y se probó su importancia; los términos de efectos aleatorios incluían interacciones anuales con cada uno de los efectos principales en el modelo final de efectos fijos así como cualquier covariable continua. En el caso de los peces pequeños, el análisis se construyó teniendo en cuenta potenciales efectos regulatorios, separando las series temporales anteriores y posteriores a 1993. Además, estaba disponible la información sobre estructura de tallas para la última serie temporal, y la serie temporal reciente fue separada en componentes que representaban a los peces de 66-114 cm SFL (principalmente peces de edad 2 y 3) y a los de 114-144 cm SFL (principalmente de edad 4 y 5). El documento SCRS/00/96 aplicó también modelos generalizados mixtos de efectos aleatorios a las series de datos de grandes peces de la pesquería de caña y carrete de Estados Unidos. Al igual que con la serie de peces pequeños, se realizó un análisis teniendo en cuenta los efectos regulatorios, separando las series temporales anteriores y posteriores a 1993. El Grupo de 1998 reconoció que el enfoque utilizado para el análisis podría proporcionar una mejor forma de tener en cuenta los efectos regulatorios, pero encontró los resultados de la evaluación algo sensibles a la inclusión de una serie temporal corta y reciente (5 años) y recomendó utilizar una serie temporal única para la evaluación del stock de atún rojo del Atlántico oeste de 1998. Aunque el presente análisis amplió las series temporales recientes hasta siete años, el Grupo acordó mantener la serie temporal única para peces >195 cm para la presente evaluación, como se hizo en 1998, ya que el tiempo no permitió un seguimiento completo de los análisis de sensibilidad para investigar esta y otras características de la evaluación.

Fueron presentados los índices de abundancia relativa estandarizados y actualizados para las pesquerías canadienses de atún rojo en el Golfo de San Lorenzo (1981-1999) y frente a la costa suroeste de Nueva Escocia (1988-1999), basados en datos de los registros comerciales (SCRS/00/44). Los métodos utilizados fueron los mismos que en la Evaluación del stock de atún rojo de 1998. Se utilizó un modelo delta binomial-lognormal para estandarizar la serie del Golfo de San Lorenzo, que se caracteriza por elevadas proporciones de mareas con captura "0" y se utilizó un modelo loglineal Poisson para los datos del suroeste de Nueva Escocia. Además, se presentaron para ambas series análisis alternos utilizando una regresión paso a paso para determinar las especificaciones más apropiadas del modelo delta binomial-lognormal para estandarizar las series de CPUE. Para ambos índices, los puntos 1998 y 1999 son considerablemente mayores que los valores para los años inmediatamente anteriores a este periodo. Estos aumentos en las tasas comerciales de captura son coherentes con los informes de la industria pesquera de atún rojo de Canadá. En pasadas evaluaciones, se estimó una serie de factores pre-especificados para cada año basada en la proporción de los números por edad procedentes de las capturas canadienses de barrilete para edades 13 y superiores (números por edad para peces de edad 13+14+15+16 y mayores) respecto a peces de edad 10 y superior, para poder tener en cuenta el hecho de que el índice del Golfo de San Lorenzo se aplica a edades 13+ más que a edades 10+. La captura proporcional de edad 13 y superior en la agrupación de edad 10+ para el periodo que va desde 1981 a 1999, respectivamente, aparece en la **Tabla 5b**. En la evaluación de 1998, el Grupo acordó utilizar en el análisis la serie estandarizada para las pesquerías del suroeste de Nueva Escocia (1988-1997). En la presente evaluación, el Grupo acordó aplicar en la evaluación el índice estandarizado y actualizado. En la evaluación, se utilizaron en la ponderación del índice de Nueva Escocia (**Tabla 5b**) las capturas parciales de edades 7 a 12 (se consideró que 13+ de la pesquería de barrilete reflejaba la pesquería del Golfo de San Lorenzo) de las pesquerías de barrilete y arpón.

Las tasas de captura estandarizadas y actualizadas del índice de palangre estadounidense del Golfo de México presentaban un esquema similar al de años anteriores. El documento SCRS/00/102 derivaba los índices de abundancia estandarizados GLM para el atún rojo grande (edad 8+) a partir de la pesquería de palangre pelágico en el Golfo de México. Esta investigación actualizaba la información utilizada en anteriores evaluaciones en este índice para representar datos adicionales. El análisis empleaba términos de efectos aleatorios que implicaban interacciones de años significativas. Al igual que para otras series, el Grupo de 1996 decidió adoptar el enfoque del modelo delta-lognormal para los análisis de la evaluación. El Grupo discutió, como anteriormente, el patrón resultante de este conjunto de datos, que indicaba tasas de captura relativamente superiores en la primera parte (1987-1991) de la serie temporal, seguido de tasas de captura menores (1992-1999). Aunque el patrón puede ser interpretado como resultante de los cambios regulatorios en la ordenación de la pesquería de palangre de Estados Unidos en el Golfo de México, que restringió aún más los límites de desembarque permisibles para el atún rojo desde 1992, el análisis realizado se basó en tasas de captura de peces tanto desembarcados como descartados y estaba estructurado para representar las características operacionales y de artes proporcionadas por los informes de los pescadores de la captura y esfuerzo diario, que se consideraban relacionados con el esfuerzo dirigido a una especie. Aunque no puede demostrarse que el patrón en las tasas de capturas se deba enteramente al cambio en la abundancia (probablemente con ruido), tampoco puede demostrarse que el patrón se deba enteramente a cambios en las regulaciones. El Grupo decidió que el índice se utilizaría como una serie temporal única en los ensayos de evaluación del caso base, aplicado a peces de edad 8+.

En la sesión de evaluación de 1996, el Grupo discutió la conveniencia de incorporar más información sobre las tasas de captura histórica en la evaluación del stock. Informes anteriores del SCRS habían destacado la importancia de incorporar información de este tipo en el análisis para proporcionar una base mejorada para evaluar más tendencias históricas en la biomasa de reproductores y el reclutamiento. Se recomendó entonces que los datos de la pesquería japonesa de palangre procedentes de caladeros y periodos de tiempo similares a los descritos en el documento SCRS/83/64 podrían ser incorporados al análisis. La información de estas pesquerías (frente a Brasil y frente a la costa este cercana a Florida) fue evaluada en el documento SCRS/98/85. En la evaluación de 1996, se examinaron los datos resumidos (captura y esfuerzo mensual 5x5), y los análisis preliminares realizados confirmaron los patrones generales

en las tasas de captura para las regiones “Peces Grandes del Oeste” y “Tropical” que aparecían en el documento SCRS/83/64. El documento SCRS/98/85 presentaba análisis de estos datos y contrastaba los resultados con el documento SCRS/83/64. Para la parte de las series temporales que se solapaba, los resultados del documento SCRS/98/85 eran similares a los del SCRS/83/64. Sin embargo, el SCRS/98/85 descubrió que para la pesquería brasileña, la inclusión de datos anteriores (anteriores a 1960) producía un patrón de tasas de captura superiores y luego inferiores a lo largo del tiempo, lo que podría haber indicado un patrón de aprendizaje, cambios en la especie objetivo o de algún patrón de abundancia localizada. Durante este periodo anterior a 1960, la pesquería japonesa de palangre no se dirigía al atún rojo. Análisis adicionales realizados en la evaluación de 1998 utilizando modelos de efectos aleatorios para representar la correlación entre las observaciones en la serie temporal, modificaron los resultados con respecto a los presentados en el documento SCRS/98/85. Estas comparaciones y resultados de los análisis se presentaron en el documento SCRS/98/22. El Grupo de 1998 discutió la posibilidad de que los patrones observados frente a Brasil estuvieran relacionados sólo con una parte del recurso, y por esta razón no fueran un indicador tan fiable como otras series temporales. Se advirtió que esta característica es más o menos común a todas las series temporales de tasas de captura disponibles para evaluaciones de atún rojo. El Grupo discutió la posibilidad de que el patrón de tasas de captura de la costa frente a Brasil representara la reducción de un stock separado de atún rojo a niveles de los que, en vista de la presión pesquera, no podría recuperarse. Se observó que tras las elevadas capturas realizadas en esta zona en los 60, el atún rojo ha estado ausente de esta región. Según esta hipótesis, el “stock de Brasil” se consideraría separado del resto del Atlántico y efectivamente extinguido, y por lo tanto no serían aplicables en los análisis de evaluación aplicados al resto del recurso ni capturas ni tasas de captura de esta pesquería. Por otra parte, se propuso que el patrón de tasas de captura podría ser explicado también considerando que los patrones de tasas de captura son el resultado del aprendizaje seguido de un rápido descenso en la abundancia del componente del recurso en la región. La tasa de descenso podría estar relacionada con concentraciones reducidas de atún rojo debidas en parte a los movimientos desde la región. Para representar esta posibilidad, y dado que las conexiones entre los caladeros tropicales del oeste y la zona de Brasil son conocidos gracias al marcado, el Grupo decidió considerar los patrones de tasas de captura histórica como una media ponderada por zona entre los caladeros “Tropical oeste” y “Brasil” para su consideración en un enfoque de modelo de producción estructurado por edad. Esta información no se puede incorporar fácilmente a la evaluación ADAPT ya que no se dispone todavía de estimaciones fiables de captura por edad para todos los componentes de la pesquería para el periodo anterior a 1970. El Grupo de 1998 recomendó la evaluación de la sensibilidad de los resultados ASPM a la inclusión y exclusión de estas series temporales históricas en la modelación. Basándose en las distribuciones de talla comunicadas para las capturas en el documento SCRS/98/85, se asumieron asignaciones de franja de edad 5+ para los análisis de la evaluación.

El Grupo de 1998 desarrolló un nuevo patrón de abundancia relativa para peces pequeños (edades 1-3), basado en el análisis de los datos de marcado del Atlántico oeste realizado en el documento SCRS/98/65. El análisis de la información general de las marcas indicaba un patrón de F en peces de edad 1-3 (que fue estimado con una precisión relativamente elevada: CV por debajo de 0,2). Se descubrió que el patrón de abundancia relativa, teniendo en cuenta la captura de peces de edad 1-3 para el periodo 1964-1981, era insensible a dos niveles de M asumida. Este patrón sugiere una abundancia de edades 1-3 relativamente mayor en el periodo que precede a la evaluación ADAPT. Esta característica es coherente con otros análisis (por ejemplo análisis ASPM previamente empleados por el Grupo y resultados de otros enfoques de modelo que tienen en cuenta más información sobre esfuerzo y captura histórica, ver por ejemplo el documento SCRS/96/119 para los resultados del algoritmo CATCHEM) e implica reclutamientos y biomasa de reproductores mayores que en el periodo examinado por las evaluaciones ADAPT. El Grupo consideró que esta característica de los datos proporciona una base mejorada para

estimar los niveles de referencia de productividad a largo plazo (por ejemplo RMS y B_{RMS})¹. El Grupo acordó aplicar de nuevo este índice a la evaluación actualizada.

En 1998, el Grupo observó que estaba disponible una serie de CPUE actualizada para peces de tamaño grande y medio tomada por un subconjunto de barcos comerciales de curricán/liña de mano y arpón operando frente a Cabo Cod y en el Golfo de Maine. Se observó que este índice estaba disponible para la evaluación de 1993, pero no fue utilizado “a causa de preocupaciones sobre la representatividad (sic) de la muestra, debido a la corta serie temporal y porque los datos (1988-1993) podrían en un principio estar incluidos en la serie de CPUE (1983-1993) de caña y carrete de peces grandes de Estados Unidos <más larga>”. Para la evaluación de 1998, el documento SCRS/98/73 proporcionaba un análisis actualizado de la información disponible para un conjunto seleccionado de barcos comerciales de curricán/liña de mano y arpón que operan en el Golfo de Maine. La serie temporal de tasas de captura de arpón era bastante similar en el esquema a la de los peces del suroeste de Nueva Escocia en el documento SCRS/98/42. Dado que la serie temporal no fue utilizada en la evaluación de 1998, no fue actualizada para la presente evaluación. En 1998, la información de los barcos de curricán/liña de mano comerciales y de los torneos de Massachusetts (SCRS/98/71) presentaba niveles similares (aunque con ruido) a la información del índice de caña y carrete de Estados Unidos. Dado que las series temporales en el SCRS/98/73 y en el SCRS/98/71 eran de menor duración y no estaban completamente analizados los efectos sobre las tasas de captura consideradas no relacionadas con la abundancia de peces, y además representaban información para franjas de edad y pesquerías ya incluidas en otras series temporales estandarizadas en el análisis, el Grupo decidió no incluirlas en la evaluación base en 1998. Esta serie temporal no ha sido actualizada para la presente evaluación.

Para esta evaluación, se utilizaron efectos aleatorios para modelar las series temporales de tasas de captura que mostraban importantes interacciones que implicaban el término año. Los modelos se aplicaron a conjuntos de datos actualizados y se cambió algún supuesto de estructura de error del modelo respecto a los utilizados en los análisis de 1998. Estas actualizaciones de datos y cambios en los supuestos de error produjeron algún cambio en la precisión estimada de los diversos índices. Además, para algunas series a las que se aplicaron efectos aleatorios en la evaluación de 1998, no fue posible reproducir exactamente las estimaciones de precisión (SCRS/00/44). Véase el Informe Detallado de la evaluación de 1998.

El Grupo acordó, como ya lo hizo en 1998, aplicar 12 series temporales de tasas de captura en el procedimiento ADAPT para evaluar el estado del recurso de atún rojo del Atlántico oeste. Estas series de índices utilizadas se presentan en la **Tabla 5a**. Los índices incluidos en la evaluación del caso base representan diferentes franjas de edad y diferentes pesquerías. Es difícil llegar a una conclusión mediante la comparación directa de los índices que faltan en la información sobre la contribución proporcional de cada clase de edad en el índice y las características de selectividad de cada pesquería. El procedimiento de evaluación incorporaba esta información en la estimación del tamaño del stock y en las estimaciones de la tasa de mortalidad por pesca. Algunos de los índices utilizados en la evaluación representan información de franjas geográficas relativamente amplias en zonas pelágicas (por lo general fuera de las Zonas Económicas Exclusivas de varias naciones), mientras que otras representan información de franjas costeras más restringidas (dentro de las ZEE de varias naciones). Grupos anteriores han discutido los atributos de los índices costeros y pelágicos para el atún rojo. El grado en que cada uno de los diferentes índices representa las tendencias de abundancia de la población global no pudo ser determinado por el Grupo. Sin embargo, se observó que, en gran medida, se sabe que tanto los atunes rojos grandes como los pequeños se concentran en aguas costeras y pueden ser también capturados en zonas pelágicas, aunque los peces más grandes parecen estar relativamente menos presentes en las pesquerías que operan en la zona pelágica.

¹Debe observarse que a lo largo del Informe, la biomasa de reproductores (o biomasa del stock reproductor, SSB) y B están ambas medidas en términos del peso de los peces de edad 8 y superior. Adviértase también que B y SSB_{RMS} se usan indistintamente.

8 Influencias medioambientales

Varios documentos referentes al atún rojo, presentados al SCRS en 2000, hacen referencia a condiciones ambientales que pueden influir en las pesquerías o en el comportamiento del atún rojo. El documento SCRS/00/44 sugiere que las similitudes en las tendencias de CPUE observadas durante los tres años pasados en las pesquerías de atún rojo de Nueva Escocia suroeste y el Golfo de San Lorenzo pueden estar influidas por condiciones medioambientales. Cuestiona también que las series de tasas de captura de los últimos años en el Golfo de San Lorenzo representen la abundancia en un medio ambiente en el que el atún rojo se está aproximando al límite norte de su franja de distribución. Como anteriormente, el Grupo observó que el medio ambiente puede influir en los patrones de tasas de captura.

Los documentos SCRS/00/95, SCRS/00/109, SCRS/00/126 y SCRS/00/148 proporcionan información, de una forma colectiva, sobre las temperaturas de la superficie del mar registradas en las zonas donde las marcas electrónicas han registrado datos. El documento SCRS/00/95 informaba sobre las marcas pop-up colocadas en atunes rojos gigantes marcados en el Golfo de Maine y el Atlántico canadiense y que fueron desechadas. Se están preparando análisis medioambientales más amplios sobre los datos recogidos por estas marcas. El documento SCRS/00/109 proporcionaba también información de los resultados, hasta la fecha, del marcado electrónico en el Mediterráneo y Atlántico este, incluyendo información sobre las condiciones medioambientales en la posición de pop-off. El documento SCRS/00/126 facilitaba los resultados resumidos del experimento de marcado de Japón en el Adriático. El documento SCRS/00/148 proporcionaba información resumida de los resultados de marcado electrónico del atún rojo marcado a lo largo de la costa este de Estados Unidos y en el Golfo de México. Estos resultados se discuten también en la sección 6.2.

El documento SCRS/00/100 examinaba las correlaciones entre un índice medioambiental (el NAO invernal) y las estimaciones del tamaño de la clase anual de atún rojo del Atlántico oeste a partir de un análisis integrado de población que tenía en cuenta los datos de captura y esfuerzo anteriores a los 70. El documento actualizaba los análisis utilizando una formulación estadística del modelo previamente presentada al Grupo y que es la causa de las recomendaciones previas del Grupo de hacer uso de estos tipos de modelos en las evaluaciones. Quedó demostrado, como en análisis anteriores, que el reclutamiento (peces de un año) en los 60 era por lo general similar a los niveles estimados para principios de los 70 en el procedimiento ADAPT. Aunque el documento SCRS/00/100 encontró una correlación negativa con estimaciones de los tamaños de la clase anual con el NAO invernal para el periodo 1960-1995, se descubrió que el NAO invernal no proporcionaba ningún poder de predicción adicional al considerarlo conjuntamente con la biomasa de reproductores para explicar la variación en el tamaño de la clase anual. El análisis indicaba también que el NAO invernal no guarda correspondencia con las proporciones de supervivencia estimadas (R/SSB), mientras que existían indicios de una relación inversa entre los niveles relativos de captura de peces de edad 10+ y las estimaciones de proporciones de supervivencia.

9 Evaluaciones y métodos

9.1 Ponderación de los conjuntos de datos en la evaluación

Las discusiones y el trabajo llevado a cabo por el grupo de evaluación del atún rojo en 1998 dieron lugar a una serie de cuestiones sobre cómo los diferentes datos, especialmente índices de abundancia, deben ser ponderados en la evaluación. Dados los conocimientos disponibles en aquel momento, la evaluación del caso base de 1998 ponderaba todos los índices por igual. Se observó que los resultados de la evaluación eran sensibles a la forma de ponderar adoptada y el grupo de especies recomendó “investigar más los métodos para estimar objetivamente la varianza de los índices de abundancia, especialmente en lo que respecta a cómo se utilizan en la ponderación en los modelos de población”. En la evaluación de 2000 los participantes presentaron diversos documentos sobre este tema.

El documento SCRS/00/94 presentaba un marco cualitativo para evaluar las series de CPUE de atún rojo del Atlántico oeste en términos de área y tiempo cubiertos por las pesquerías y en términos de cambios operacionales como los debidos a modificaciones en los aparejos o medidas regulatorias. El Grupo observó que este es un interesante marco para examinar la conveniencia de diferentes índices como medida de abundancia relativa del stock, que con un poco de perfeccionamiento podría convertirse en un enfoque más cuantitativo. Se mencionó también que hay que tener cuidado para evitar utilizar el mismo tipo de información dos veces, al utilizar este enfoque además de otros esquemas de ponderación cuantitativos (por ejemplo, porque un método de estandarización pueda intentar tratar alguno de los temas del documento SCRS/00/94).

El documento SCRS/00/33 proponía un procedimiento de ponderación, denominado método de “varianza adicional”, que es esencialmente una combinación de los escenarios de ponderación de “varianza de entrada” y “máxima verosimilitud” aplicados en la sesión de evaluación de atún rojo de 1998. Los autores sugerían que esta aplicación era preferible en términos de criterios de selección del modelo estadístico, como AIC, ya que ejecutaba (de salida) las tres opciones de ponderación utilizadas para la evaluación de 1998 (“varianza de entrada”, “ponderaciones iguales” y “máxima verosimilitud”). Los participantes en la reunión se mostraron animados con los resultados pero observaron que las pruebas de solidez llevadas a cabo por los autores eran de alcance limitado y sugirieron la conveniencia de llevar a cabo más pruebas. En particular, sería útil examinar una franja más amplia de ejemplos de especificación errónea del modelo, y probar una franja más amplia de opciones de ponderación.

El documento SCRS/00/35 comparaba los patrones de ponderación “máxima verosimilitud”, “ponderaciones iguales” y “ponderaciones de entrada” desde el punto de vista de que el impacto que tiene un índice sobre los resultados de VPA calibrados está influido por el número de grupos de edad representados en el índice, y por limitaciones pre-específicas como los F-ratios (la proporción de F sobre el grupo plus respecto a F sobre el grupo de edad precedente cada año). Los autores sugerían que la ponderación “máxima verosimilitud” no ofrecía ninguna ventaja sustancial sobre “ponderación igual”. El Grupo observó que las simulaciones llevadas a cabo por los autores podían ser ampliadas en alcance. Además, algunos de los supuestos podrían ser examinados; por ejemplo, los autores asumían iguales CV para índices agrupados e índices específicos de la edad, pero en la práctica, sería más realista asumir que los índices específicos de la edad son más variables.

El documento SCRS/00/104 presentaba un protocolo para elegir un método para ponderar los índices de abundancia en una evaluación. El documento recomendaba elegir un método de ponderación antes de ejecutar la evaluación, basándose en los méritos científicos de cada método. Los criterios para evaluar un método incluyen: si el método permite la entrada de varianzas estimadas GLM para cada punto de datos, si puede ser adaptado para la bondad del ajuste, si evita de forma poco realista la asignación de ponderaciones elevadas a series individuales y si puede incorporarse un juicio experto sobre la fiabilidad relativa de las series de datos. Según el protocolo, una vez elegido el método de ponderación, sólo puede ser reconsiderado si los diagnósticos presentan una falta de ajuste o especificación errónea del modelo. Según los criterios científicos propuestos, se evaluaron nueve esquemas diferentes de ponderación de índices, incluyendo varianza de entrada, ponderación igual, reponderación iterativa y varios métodos que utilizan varianzas como datos de entrada y estimaban uno o más términos adicionales de varianza. El documento sugería que tres de los métodos examinados pueden proporcionar una evaluación precisa de la incertidumbre del parámetro. Los tres métodos se basaban en varianzas de entrada que fueron entonces modificadas ya sea por juicios expertos, por parámetros estimados de escala o ambos. El Grupo estaba satisfecho con el marco de trabajo utilizado por los autores, considerándolo como marco útil para llevar a cabo este tipo de evaluación.

El Grupo decidió que la opción de ponderación a utilizar para la evaluación del caso base debería ser decidida principalmente según la información disponible, teniendo en cuenta que debía evitarse una mayor codificación informática en la reunión. Sin embargo, el caso base podría ser reconsiderado si la preponderancia de la evidencia del diagnóstico de ajuste del modelo sugería que debía cambiarse, pero

antes de examinar las predicciones del modelo en cualquier detalle. El Grupo decidió no utilizar la “ponderación de entrada” a causa de algunos de los problemas que surgieron durante su utilización en la evaluación de 1998. La “máxima verosimilitud” fue considerada también problemática porque, por ejemplo, puede ocasionar problemas cuando se aplica a índices que tienen tendencias contrapuestas. Dos de los esquemas de ponderación del SCRS/00/104 que parecían ser buenos candidatos no fueron considerados porque debían ser codificados, y la mayoría de los participantes no estaban todavía lo suficientemente familiarizados con el método. Asimismo, el Grupo consideró que el método de “varianza añadida” del documento SCRS/00/33 debía ser examinado interseSIONalmente más en profundidad antes de aplicarlo en la evaluación.

El Grupo decidió utilizar la “ponderación igual” para el caso base y la ponderación de “varianza adicional” en un análisis de sensibilidad. Esta “ponderación igual” se aplicaría de forma ligeramente diferente a como se aplicó en 1998: en lugar de fijar todas las varianzas del índice a un CV de 0,4, se estimaría una varianza común como parámetro. Este enfoque se consideró estadísticamente superior para asumir un nivel de varianza. Se consideró también que los dos enfoques de ponderación igual deberían proporcionar similares estimaciones puntuales de los parámetros pero que influirían en las estimaciones de *bootstrap* de la variabilidad.

9.2 Definición de ensayos del modelo de evaluación

El Grupo discutió detenidamente qué ensayos de evaluación deberían realizarse. Se expresó cierta inquietud acerca de los muchos cambios que, a lo largo de la última década, se han producido en los aspectos metodológicos entre evaluaciones, de tal manera que ha sido difícil para el SCRS formular

consejos coherentes y concisos para la Comisión. También surgió la preocupación de que el informe de evaluación de 1998 no fuera suficientemente claro en su explicación, en términos simples, de las razones para incluir supuestos alternativos sobre la relación stock-reclutamiento (RSR) directamente en el modelo de población. Las discusiones del Grupo se desarrollaron en el contexto de definir un modelo de evaluación de caso base ADAPT que no fuera muy diferente de la evaluación de 1998.

Respecto a la RSR, existía la preocupación de que su inclusión directa en el modelo de población creara más problemas que soluciones. Se observó que el tema de incluirla o no se había discutido en anteriores evaluaciones, y la decisión había sido incluirla para (a) ayudar a estabilizar las estimaciones de reclutamiento cerca del año terminal, y (b) permitir una coincidencia más directa entre la evaluación histórica del stock y las proyecciones. Aunque estos dos objetivos se alcanzaron en 1998, un efecto secundario de incluir la RSR en la evaluación fue que, en algunos ensayos, la B_{RMS} estimada era mayor de lo que parecía realista si se comparaba con los resultados ASPM para el periodo temporal total de la pesquería.

Se observó que la inclusión de una RSR en el modelo de evaluación podría conseguirse de mejor manera utilizando un modelo “estadístico de captura-edad” (por ejemplo ASAP, SCRS/98/58; ASPM SCRS/98/77; CATCHEM, SCRS/00/100) que se comportara esencialmente como un modelo de producción estructurado por edad. Se observó además, que tal enfoque podría adaptarse a los datos históricos de los años 60 (que no se utilizaron en ADAPT porque los datos de captura por edad de los 60 se consideraron de poca calidad), lo que aumentaría la franja dinámica sobre la que se está ajustando la RSR. Sin embargo, el Grupo decidió que aunque un enfoque estadístico de captura-edad sería técnicamente superior, centraría sus esfuerzos en ensayos ADAPT y en realizar un detallado examen de los diagnósticos. Por esta razón, y por los problemas mencionados anteriormente, se decidió que la evaluación del caso base se llevaría a cabo utilizando ADAPT y excluyendo una relación stock-reclutamiento. La opción de la RSR se dejó aparte para realizarla por separado de la evaluación histórica de la población (ver Sección 10).

Se definieron los siguientes ensayos: (ver **Tabla 6** para más detalles):

Ensayo similar al 98: Similar a la ponderación igual de la evaluación del caso base de 1998, pero utilizando datos actuales de índices y captura. Se asigna ponderación igual (asumiendo que ϕ es 0,4) a los índices; incluyendo una penalización de relación stock-reclutamiento de doble sentido. Propósito: servir como ensayo de “calibración” para comparar una de las evaluaciones del caso base de 1998 y el caso base de este año.

Ensayo 0 (anterior caso base): Ponderaciones iguales, pero ϕ global estimado en lugar de fijado como se hizo en 1998. Propósito: Candidato inicial a caso base, a adoptar como caso base a menos que los diagnósticos de ajuste del modelo sugieran otra cosa.

Ensayo 1 (3 variantes): Como en el Ensayo 0, excepto en que el método de “varianza añadida” del SCRS/00/33 se utilizó en la ponderación del índice. Propósito: Explorar el efecto de utilizar un nuevo método de ponderación que puede o no ser preferible a las “ponderaciones iguales” elegidas para el Ensayo 0.

Ensayo 2 (2 variantes): Como en el Ensayo 0, excepto en que los F-ratios se estimaron con una limitación de desarrollo aleatorio. Propósito: Explorar la sensibilidad del ensayo 0 para estimar los F-ratios con menos supuestos de entrada. (Nota: El SCRS/00/105 sugiere, basándose en la simulación, que fijar algunos de los F-ratios como se hizo en 1998 podría introducir sesgos en los resultados).

Ensayo 3: Como en el Ensayo 0, excepto en que las capturas y el índice LL japonés para el Atlántico central también estaban incluidos². Propósito: Explorar la sensibilidad del Ensayo 0 utilizando un límite diferente para el stock de atún rojo del oeste. (Nota: El grupo observó que se podrían contrastar los tests de sensibilidad moviendo el límite del stock hacia el oeste. El Ensayo 3 debe considerarse únicamente ilustrativo, y de ninguna forma exhaustivo).

² A solicitud de la Comisión, el Grupo realizó análisis que incluían las capturas y tasas de capturas del Atlántico central, en la evaluación del Atlántico oeste como ilustración de efecto posible. La pesquería japonesa de palangre es la principal pesquería que captura atún rojo en esta región. El documento sobre tasas de captura del palangre japonés (SCRS/00/133) tenía en cuenta datos del 30-45°W así como de 0-30°W, donde se ha desarrollado estos últimos años la nueva pesquería en el Atlántico este nordeste, y por lo tanto el Grupo decidió extraer la captura de estas mismas zonas. La captura por talla de los palangreros japoneses del Atlántico este no se ha separado espacialmente para identificar las capturas procedentes de diversas áreas del Atlántico este. Las capturas realizadas de septiembre a diciembre se utilizaron para reflejar las capturas en 30-45° W (durante 1997) y las capturas de agosto de 1998-1999 fueron incluidas para reflejar las capturas realizadas en la zona de expansión reciente (0-30°W).

En términos de diagnósticos, el Grupo decidió que examinaría lo siguiente: Verosimilitud-logarítmica, AIC, Desviación del Modelo³ y residuos. Basándose en el examen de las tendencias residuales, el grupo decidió realizar los siguientes ensayos de sensibilidad adicionales:

Ensayo 4: como en el Ensayo 0, pero eliminando los siguientes índices de abundancia relativa que muestran tendencias que difieren sistemáticamente de las esperadas a partir del ajuste del modelo: Nueva Escocia suroeste canadiense, LL japonés Golfo de México, LL de Estados Unidos Golfo de México, y Estados Unidos RR >195 cm.

Durante la elección del conjunto de proyecciones a realizar (Sección 10) el Grupo decidió que era necesario llevar a cabo dos evaluaciones más. Los resultados de estas evaluaciones no se tratan en esta sección porque se hicieron únicamente con el propósito de idear las proyecciones.

Ensayo 5: Como en el Ensayo 0, pero eliminando las capturas de Guinea Ecuatorial (registradas como NEI-81 en la **Tabla 1**) para 1999 (429 t) de los datos de entrada de capturas. Propósito: investigar la sensibilidad de las proyecciones a la aparición de esta captura para la cual no había una cuota asignada.

Ensayo 6: Como en el Ensayo 0, pero eliminando el índice estadounidense de caña y carrete para 66-114 cm. Propósito: investigar la sensibilidad de las proyecciones a las menores estimaciones de los recientes niveles de reclutamiento que podrían esperarse como resultado de excluir este índice. Esto se basaba en la noción de que este índice de peces pequeños, al ser de corta duración y estar situado al final de la serie temporal de datos disponibles, tendría una gran influencia en los resultados.

9.3 Resultados de las evaluaciones

La **Tabla 7a** resume varios diagnósticos para los ensayos 0, 1 y 2. En comparación, la **Tabla 7b** presenta las ponderaciones medias normalizadas para cada índice de abundancia en cada uno de los ensayos. De acuerdo con el criterio AIC corregido para pequeñas muestras y de acuerdo también con la prueba de desviación del modelo, una variante del método de ponderación de “varianza añadida” (Ensayo 1a) actuaba ligeramente mejor que el caso base de igual ponderación (Ensayo 0). Sin embargo, el Grupo no consideró que la mejora en el ajuste entre igual ponderación y varianza añadida fuera lo suficientemente importante para merecer el cambio del caso base. En el proceso de aplicar los ensayos de varianza

³ Como prueba general de la bondad del ajuste, la desviación global del modelo fue calculada para cada modelo. La estadística de esta prueba tiene una distribución en ji-cuadrados. Los valores mayores de 0,99 o menores de 0,01 indican que el modelo o la función de verosimilitud del modelo está mal especificada. La desviación se calcula de la siguiente manera (Gelman et al. 1995):

$$c_{n-1}^2 = \sum_i \sum_y \frac{(x_{i,y} - E(x_{i,y} | q))^2}{\text{var}(x_{i,y} | q)}$$

donde n es el número de puntos de datos, $x_{i,y}$ es el valor observado para el índice i en el año x , $E(x_{i,y} | q)$ es el valor esperado del índice i en el año y , dados los parámetros estimados q , (i.e. $E(x_{i,y} | q)$ es el valor pronosticado del índice i en el año y), y $\text{var}(x_{i,y} | q)$ es la varianza de $x_{i,y}$. Las varianzas se han calculado a partir del rendimiento de varianzas (s^2) del modelo VPA:

$$\text{var}(x_{i,y} | q) = (\exp(s^2) - 1) \cdot E(x_{i,y} | q)^2$$

añadida, apareció el valor AIC para una “varianza de entrada”. ($AIC_c = 122,6$). Esto indica que, según este criterio, la ponderación de la varianza de entrada se comportó de manera pobre en comparación con la ponderación igual o con la ponderación de la varianza añadida.

La **Figura 6** describe las observaciones para cada índice (símbolos) y los valores predichos por los diversos ensayos ADAPT (líneas). El examen visual de los esquemas residuales llevó al grupo a realizar un análisis de sensibilidad (Ensayo 4) en el que se eliminaron los índices para el SWNS de Canadá, Japón y LL de Estados Unidos para el Golfo de México, y para la caña y carrete estadounidense (atún rojo mayor de 195 cm.) porque los esquemas presentaban “ensayos residuales” positivos y negativos. Este nuevo ensayo de evaluación, también descrito en la **Figura 6**, no condujo a esquemas residuales muy diferentes si lo comparamos con el base.

Basándose en estas comparaciones y en los diagnósticos presentados, el grupo decidió mantener el Ensayo 0 como caso base.

La **Figura 7** (a hasta c) muestra la SSB, el reclutamiento y las estimaciones puntuales de F_{8+} obtenidos con el Ensayo 0 (base), el Ensayo 1 (a-c) y el Ensayo 2 (b-c). En general, las estimaciones de las tres cantidades presentan tendencias similares. Sin embargo, había diferencias sustanciales en las magnitudes en diferentes periodos temporales. En términos de SSB, el Ensayo 2b (F-ratios estimados con una limitación para forzar pequeñas variaciones) y el Ensayo 4 (cuatro índices con esquemas residuales sospechosos excluidos) dieron estimaciones iniciales más elevadas que el caso base y los casos con varianzas añadidas (**Figura 7a**). En términos de reclutamiento, las estimaciones variaron más hacia el final de las series temporales, con valores menores para dos de los ensayos con varianzas añadidas que para los otros ensayos. (**Figura 7b**). Las estimaciones de mortalidad por pesca del atún rojo adulto mostraron pequeñas diferencias entre los ensayos, especialmente hacia el final de las series temporales (**Figura 7c**).

La **Figura 8** compara el caso base con el Ensayo similar al del 98 y con la evaluación del caso base de 1998 más cercana al modelo en el Ensayo similar al del 98 (ponderaciones iguales, entrada fija ó de 0,4, relación stock-reclutamiento de doble sentido). La estimación inicial de SSB (1970) de la evaluación de 1998 era sustancialmente mayor que las estimaciones obtenidas con el caso base o con el Ensayo similar al del 98, sugiriendo que la actualización de las series temporales de datos (tanto de captura como índices) ha tenido cierta influencia. Las recientes estimaciones de reclutamiento son algo mayores para el caso base que para el Ensayo similar al del 98.

La **Figura 9** compara el caso base con el Ensayo 3, en el que los datos procedentes del Atlántico central al este de la línea de los 45° se han añadido al stock del oeste con propósitos ilustrativos. Tal y como se esperaba debido a las capturas adicionales desde principios de los años 80, las estimaciones de reclutamiento son más elevadas; también las recientes SSB son ligeramente mayores. Las mortalidades por pesca, aunque no aparecen en la figura, también eran mayores. Como se ha señalado anteriormente, se podrían contrastar los tests de sensibilidad trasladando el límite del stock hacia el oeste, pero el Grupo no lo hizo.

La **Tabla 8** (a hasta c) proporciona estimaciones puntuales del tamaño del stock, la biomasa y las mortalidades por pesca a partir de la evaluación ADAPT del caso base. Se observa que los valores de reclutamiento para 1997-1999 han sido reemplazados por la previsión de la RSR de doble dirección ajustada a las estimaciones para 1976-1996 y se han recalculado las posteriores cohortes. Junto con las proyecciones, se muestran trazos de algunos de los resultados que incluyen intervalos de confianza del *bootstrap* (ver Sección 10).

En resumen, la nueva evaluación del stock proporciona una percepción del estado del stock que es muy similar a la obtenida en la última evaluación, con una importante excepción: los niveles estimados de reclutamiento reciente (1995-1996) son notablemente más altos que los estimados de media durante la

década y media previa. Sin embargo, tal y como se explica en la siguiente sección, existe mucha incertidumbre asociada con estas estimaciones y deben ser consideradas con cautela. La percepción del estado del stock es que el reclutamiento se ha mantenido bajo desde 1977 y que la biomasa reproductora disminuyó entre principios de los 70 y 1990, y desde entonces se ha mantenido estable. Las estimaciones del estado actual con relación a los niveles de referencia basados en el RMS (Sección 10) son indicativas de un recurso con sobrepesca.

La magnitud de los niveles recientes de reclutamiento tiene implicaciones obvias para las proyecciones. Desafortunadamente, con los actuales datos y enfoques de evaluación, no será posible obtener estimaciones más precisas de estos valores hasta que se hayan acumulado más datos (es decir, hasta que cada cohorte haya sido “observada” en la pesquería durante cierto número de años). Este grupo de trabajo ha tenido este problema en años pasados (**Figura 15**), y es probable que se siga produciendo en el futuro, hasta el momento en que se implemente un seguimiento más fiable de la abundancia de juveniles.

9.4 Rendimiento por recluta y análisis de reproducción por recluta

Métodos: Para el ensayo ADAPT del caso base, se han llevado a cabo análisis de rendimiento por recluta (Y/R) y de biomasa reproductora por recluta (SSB/R). Las entradas a los análisis se presentan en la **Tabla 9** y los resultados se trazan en la **Figura 10**. Todas las mortalidades por pesca están expresadas con relación al grupo de edad 10+, que es el grupo de edad seleccionado. Los reclutamientos parciales se calcularon como las medias geométricas normalizadas de las mortalidades por pesca procedentes del ensayo ADAPT del caso base para el ensayo de los años 1995-1997 (el método era idéntico al utilizado para calcular los reclutamientos parciales para las proyecciones del stock). Las ponderaciones por edad se calcularon a partir de la curva de crecimiento hasta la edad de 25, por encima de la cual se asumió el mismo peso (760kg) para todas las edades superiores.

Resultados: $F_{0,1}$ se estimó en 0,097 y F_{max} en 0,168. Los valores correspondientes de Y/R son 40,03 y 42,95 kg/R respectivamente. Las estimaciones correspondientes de la biomasa reproductora por recluta son 407,3 y 242,6 kg/R respectivamente. Los valores de la biomasa reproductora por recluta corresponden al 38,2% y 22,8% de la biomasa reproductora por recluta máxima alcanzada en $F=0$ (1065,85 kg/R). La actual mortalidad por pesca, $F_{99} = 0,36$, es muy superior tanto a $F_{0,1}$ como de F_{max} .

10 Proyecciones

10.1 Métodos

Las entradas al principal conjunto de proyecciones se derivaron del caso base descrito en la Sección 9 (igual ponderación de índices). Las proyecciones pasadas para los stocks de atún rojo del Atlántico oeste dependían generalmente de algunos modelos paramétricos para predecir el reclutamiento, dependiendo del valor estimado o previsto de la biomasa reproductora. Técnicamente, el método utilizado para llevar a cabo las proyecciones se denomina *bootstrap* paramétrico condicionado por el modelo; es decir los conjuntos de datos reproducidos de manera exacta utilizados para el cálculo de los intervalos de confianza se generan añadiendo ruido a los valores del índice predichos por el mejor ajuste del modelo de población a los datos originales.

Un documento (SCRS/00/103) que presentó nuevas metodologías relativas a las proyecciones de stock, sugería un enfoque de análisis de decisión para presentar los resultados de la evaluación de stock de una forma que facilite su interpretación. Esto requiere la identificación de escenarios o hipótesis alternativas que pueden afectar a los resultados de políticas alternativas de ordenación, la presentación de los resultados esperados de cada política bajo cada hipótesis alternativa y la estimación de las probabilidades para cada hipótesis alternativa que refleja la ponderación de la evidencia en apoyo de cada

alternativa. El documento facilitaba una metodología para calcular las probabilidades para los supuestos alternativos sobre reclutamiento futuro para el atún rojo del Atlántico oeste utilizando muestreos de importancia. Además, el documento sugería un protocolo que podría aplicarse a la construcción de un conjunto equilibrado de hipótesis alternativas de reclutamiento para tener en consideración a la hora de tomar decisiones y facilitaba un ejemplo basado en la evaluación de 1998.

Relaciones stock-reclutamiento: Las relaciones stock-reclutamiento se formularon en base a dos escenarios alternativos: (i) los niveles medios del reclutamiento futuro no excederán los niveles observados para 1976-1996 (unos 77.000) (*escenario de bajo reclutamiento*, LRS), y (ii) los niveles medios de reclutamiento futuro aumentarán hacia los niveles observados entre principios y mediados de los 70 (unos 224.000), una vez que el stock de reproductores se haya recuperado suficientemente (*escenario de alto reclutamiento*, HRS). El Grupo consideró que esto representa los límites superiores e inferiores razonables (pero no extremos) sobre el potencial de recuperación.

Para el escenario de bajo reclutamiento, tanto las relaciones stock-reclutamiento de Beverton Holt como las de doble sentido se ajustaron a los datos para determinar cuál facilitaba la mejor representación. Los ajustes fueron muy similares sobre la franja de datos, pero la estimación de la inclinación (*steepness*) para la relación Beverton-Holt era de aproximadamente 1,0, implicando una pendiente infinita en el origen. Por lo tanto, el modelo de doble sentido se utilizó para representar el escenario de bajo reclutamiento. El modelo de doble sentido se especificó construyendo una línea recta desde el origen hasta el reclutamiento dado por la biomasa reproductora media durante 1991-1995, y por encima de este nivel, se estimó para el reclutamiento un valor constante a partir de estimaciones ADAPT para el stock y reclutamiento para el reclutamiento del período 1976-1996. Para la versión determinista del caso base (**Figura 11a**), esto dio como resultado dos líneas que se unen en una biomasa reproductora de 7.087 t y un nivel de reclutamiento de 76.967 edad/pez con estimaciones correspondientes de $RMS = 3.460$ t, $B_{RMS} = 16.900$ t (19,9% del tamaño del stock no explotado, B_0) y $F_{RMS} = 0,167$. Para el escenario de alto reclutamiento, se ajustó una relación Beverton-Holt con la limitación de que el reclutamiento no excediera el nivel medio de 1970-1974. Para la versión determinista del caso base (**Figura 11b**), esto produjo estimaciones de los parámetros de Beverton-Holt de $\hat{a} = 220.982,5$ y $\hat{a} = 16.441,44$, con variables asociadas, inclinación (h) = 0,787, $RMS = 7.500$ t, $B_{RMS} = 65.000$ t (28,6% del tamaño del stock no explotada, B_0) y $F_{RMS} = 0,101$.

Debe observarse que los niveles máximos de reclutamiento utilizados en los modelos de doble sentido para las proyecciones de 1994, 1996 y 1998 se basaron en estimaciones de reclutamiento a partir de 1981 en adelante, en lugar de a partir de 1976 en adelante (excluyendo en todos los casos los últimos tres años)⁴. Ningún periodo es inherentemente más válido que otro. Utilizando el periodo de 1976-1996 en esta sesión se obtiene un nivel máximo de reclutamiento para el modelo de doble sentido de aproximadamente un 2,5% más que si utilizáramos el periodo de 1981-1996.

La otra gran diferencia entre el LRS y el HRS es que el modelo de doble sentido no suponía una correlación serial en el reclutamiento, mientras que el modelo de Beverton-Holt asumía un coeficiente de correlación del 0,5.

⁴ Durante la sesión del grupo de 1998, en el software de evaluación ADAPT, se ajustó una función stock-reclutamiento Beverton-Holt a las estimaciones de reclutamiento a partir de 1976 en adelante bajo el supuesto de una correlación serial cero. Sin embargo, este modelo no se utilizó en las proyecciones de bajo reclutamiento de 1998. En su lugar, se utilizó un modelo de doble sentido con el máximo reclutamiento establecido en la media geométrica de los reclutamientos a partir de 1981 en adelante (excluyendo los últimos tres años). Para hacer esto era necesario utilizar un método ad hoc para estimar las cantidades relacionadas de RMS (ver página 27 del Informe Detallado de 1998). Para la sesión de 2000, el nivel máximo de reclutamiento se estimó ajustando el modelo de doble sentido al reclutamiento de 1976-1996 y a las estimaciones correspondientes de biomasa reproductora de forma similar al ajuste anterior de Beverton-Holt, asumiendo una vez más una correlación serial cero en los residuos. Esto hizo posible el cálculo directo de las cantidades relacionadas de RMS, en lugar de confiar en el anterior método ad hoc. Posteriormente resultó que la mayoría de los participantes no se dieron cuenta durante la reunión de que se había producido este cambio en el periodo de la línea de fondo para las proyecciones utilizando el modelo de doble sentido. Sin embargo, como se especifica en el texto, la diferencia es relativamente pequeña.

Para las proyecciones de *bootstrap*, la variabilidad de reclutamiento, $\hat{\sigma}_R$, se estimó a partir de series temporales históricas, en lugar de asumir un $\hat{\sigma}_R = 0,4$ fijo, como se hizo en la evaluación de 1998. Para la versión determinista del caso base, $\hat{\sigma}_R$ se estimó en 0,383 para el LRS y en 0,584 para el HRS. Los valores de $\hat{\sigma}_R$ se estimaron individualmente para cada proyección de *bootstrap* y se volvieron a establecer en 0,4 cuando las estimaciones eran menores que este valor.

Tamaño actual de la población: Los valores de reclutamiento estimados por ADAPT para 1997-1999 fueron reemplazados con los valores pronosticados de la relación stock-reclutamiento utilizada para representar ya sea el LRS o el HRS, según convenga. Se recalcularon los números y los valores de la mortalidad por pesca por edad para las edades juveniles durante los tres últimos años, basándose en la sustitución de estos reclutamientos y en las capturas por edad observadas (ver SCRS/98/54-Rev). Las proyecciones se iniciaron con los números por edad del año terminal (2000) en edades de 4 y superiores.

Reclutamiento parcial: El reclutamiento parcial (que combina los efectos de la selectividad por artes y la disponibilidad de peces por edad) se calculó a partir de los valores medios geométricos normalizados (re-graduados) de la mortalidad por pesca por edad para los años 1995-1997. El vector de reclutamiento parcial para la versión determinista del caso base se utilizó también como entrada en el análisis de rendimiento por recluta (**Tabla 9**).

Pesos por clases de edad: Para los puntos de referencia de equilibrio, los pesos por edad calculados para 1999 se utilizaron para todos los grupos de edad, asumiendo que el peso por clases de edad para edades superiores al grupo 10+ es idéntico al del grupo 10+ (**Tabla 4**). El Grupo observó que el supuesto de que el peso del grupo plus permanezca al nivel de 1999, sin permitir cambios en la composición por edades del grupo plus a medida que cambia la abundancia del stock, podría originar errores sustanciales en la estimación de B_{RMS} y las variables relacionadas. El grupo recomendó que el programa informático de evaluación existente se modifique para representar de forma adecuada los cambios en la composición por edades y por tallas del grupo plus. Como contraste, para las proyecciones, el peso medio del grupo plus se recalculó cada año. Los pesos por edad observados para el año terminal, 1999, se utilizaron para establecer los pesos por edades 1-9. Además, como en evaluaciones anteriores, la edad media del grupo plus fue proyectada en el futuro y convertida en un peso medio utilizando la curva estándar de crecimiento, tal y como se describe en el SCRS/98/54 (Rev).

Mortalidad natural: Todas las proyecciones se realizaron utilizando una tasa de mortalidad natural constante de $M = 0,14$.

Capturas en el futuro: La captura para 1999 se calculó multiplicando los números por edad de captura estimados para 1999 por los pesos medios por edad para 1999 y sumando las edades resultantes. Esto dio como resultado una captura estimada de 2.889 t, una cantidad algo mayor que las 2.771 t registradas en la base de datos de la Tarea I de ICCAT (**Tabla 1**). Se asumió la captura calculada de 1999 para 2000. Para los años posteriores a 2000, se continuaron las proyecciones utilizando diversos niveles de captura constante en la medida en que tales capturas constantes eran factibles. Para determinar si una captura objetivo es factible en un año dado, se calculó F totalmente seleccionada correspondiente a la captura objetivo, los tamaños de stock previstos y el vector de los reclutamientos parciales. Sin embargo, F fue limitada para no exceder un valor de 2,0 por año por lo que, si fuera necesario, las capturas serían recalculadas para adecuarse a esta limitación. Se examinaron los niveles de captura situados en la franja 0-3.000 t. También se realizó un ensayo adicional con una captura de 5.000 t.

Niveles de referencia de la biomasa: La biomasa reproductora del stock prevista se expresó con relación tanto a la biomasa reproductora asociada con el RMS (es decir B_{RMS}) para el escenario de reclutamiento apropiado, como a la SSB de 1975. La B_{RMS} se utilizó como nivel de referencia para la recuperación porque es el objetivo del actual Programa de Recuperación. La SSB de 1975 se utilizó como nivel de referencia para la recuperación porque frecuentemente se ha asumido como objetivo de recuperación en anteriores evaluaciones donde se ha sugerido como una aproximación a B_{RMS} .

10.2 Resultados

Los resultados de las proyecciones se presentaron como medianas (50° percentil) y 10° y 90° percentiles de 200 ensayos. Sin embargo, se expresó la inquietud acerca de la posibilidad de que exista un sesgo en los medianas no corregidas y otros percentiles. Un factor que ha contribuido a las diferencias entre las proyecciones deterministas y por *bootstrap* de la mediana de la biomasa reproductora fue el supuesto de una distribución lognormal para la variación de reclutamiento sobre la relación stock-reclutamiento para esta última. El hecho de que la media de esta distribución sea mayor que su mediana tenderá a desplazar las proyecciones de *bootstrap* de la mediana por encima de sus homólogas deterministas. Además, existen otros factores relacionados con la no linealidad del modelo de estimación que podrían también introducir sesgos en las distribuciones de *bootstrap* (Efron, 1982). Es importante que estos temas referentes al sesgo potencial se resuelvan antes de la próxima reunión de evaluación.

La biomasa reproductora del stock (SSB) prevista se expresó de tres maneras para cada uno de los dos escenarios de reclutamiento (LRS y HRS): en números absolutos, con relación a la SSB de 1975, y con relación a la estimación apropiada de B_{RMS} . Los resultados de la mediana a partir de los ensayos de *bootstrap* utilizando capturas futuras constantes que van desde 0 a 3.000 t se presentan en la **Figura 12**. Todos los niveles de capturas constantes dentro de esta franja originaron algún grado de recuperación del stock. Un ensayo adicional demostró que una captura constante de 5.000 t resultó esencialmente en la extinción en 2010 de ambos escenarios de reclutamiento, pero no se proyectaron niveles de captura constante entre 3.000 t y 5.000 t. Para el escenario de bajo reclutamiento, todos los niveles de captura menores o iguales a 3.000 t originaron una recuperación a la B_{RMS} LRS antes del año 2018, mientras que niveles de captura menores de 2.700 t originaron una recuperación al nivel de la SSB de 1975 para 2018. Para el escenario alto de reclutamiento, los niveles de captura de 2.300 t o menos originaron una recuperación hasta alcanzar la B_{RMS} HRS, mientras que todos los niveles de captura menores o iguales a 3.000 t originaron una recuperación al nivel de la SSB de 1975 para el año 2018. Los ensayos deterministas correspondientes ofrecieron similares resultados en el aspecto de que todas las capturas constantes entre 0 y 3.000 t originaban una recuperación; sin embargo, las tasas de recuperación fueron algo menores reflejando las inquietudes sobre sesgos potenciales en las estimaciones de mediana discutidas en el párrafo anterior.

Las **Figuras 13 y 14** proporcionan estimaciones deterministas, medianas y los 10° y 90° percentiles para reclutamiento, SSB, F/F_{RMS} , SSB/SSB_{75} para el LRS y el HRS respectivamente. En algunos casos, las estimaciones deterministas fueron sustancialmente diferentes de las medianas, un fenómeno que requiere un mayor examen en el contexto de las inquietudes expresadas acerca de la posibilidad de estimaciones sesgadas, como se indica anteriormente. Por ejemplo, para el LRS, la estimación puntual de B_{RMS} fue de 16,868 t mientras que la estimación de la mediana fue de 16,811 t. Para el HRS, la estimación puntual de B_{RMS} fue de 65.012 t y la estimación de la mediana fue de 65.916 t (**Tabla 10**). Como en años anteriores, el Grupo decidió presentar los resultados de la mediana en el Resumen Ejecutivo. Debe tenerse en cuenta que la mortalidad por pesca a menudo supera el F_{RMS} durante los primeros años de la recuperación.

Para el LRS, las proyecciones indican que una captura constante de 3.000 t por año tiene cerca de un 75% de probabilidades de permitir la recuperación al nivel de la B_{RMS} asociada en 2018 (**Tabla 11**). Es más, una captura constante de 2.500 t por año tiene cerca de un 56% de probabilidades de permitir, en 2018, la recuperación al nivel del tamaño de stock de 1975. Para el HRS, una captura constante de unas 3.000 t por año tiene cerca del 62% de probabilidades de permitir la recuperación al nivel del tamaño de stock de 1975, y con una captura anual constante de 2.500 t existe cerca de un 47% de probabilidades de recuperación al nivel de la B_{RMS} asociada en 2018.

El Grupo estaba preocupado por la influencia de (a) las inesperadas y elevadas capturas atribuidas a Guinea Ecuatorial, y (b) los elevados niveles de reclutamiento estimados para las clases de edad de 1994

y 1995 (ver **Figura 7b**). Existen tres razones principales para preocuparse por la fiabilidad de las elevadas estimaciones de reclutamiento: (i) las evaluaciones previas han ofrecido a menudo estimaciones elevadas de reclutamiento para los años siguientes, pero estas estimaciones no se han visto justificadas por evaluaciones posteriores (**Figura 15**); (ii) los índices de tasas de captura relacionados con juveniles de atún rojo son generalmente series temporales cortas que pueden por lo tanto tener mucha influencia en el proceso de ajuste de la evaluación (especialmente el índice de caña y carrete estadounidense de 66-114 cm); y (iii) la suma de dos niveles relativamente elevados de reclutamiento significa que la relación stock-reclutamiento para el LRS provoca estimaciones de la capacidad de recuperación (tal y como aparece indexado por la curva en el origen) y de reclutamiento máximo que son considerablemente superiores a las utilizadas en las proyecciones de la evaluación de 1998. El efecto de las grandes clases anuales de 1994 y 1995 también influye en las proyecciones de dos formas diferentes: aumenta los tamaños de las nuevas clases anuales en los primeros años de la proyección debido al uso de la autocorrelación en las estimaciones de reclutamiento y aumenta la biomasa reproductora prevista desde la edad de madurez en adelante. Por ello, el Grupo estaba muy preocupado respecto a que el tamaño estimado de las clases anuales de 1994 y 1995 pueda ofrecer una imagen demasiado optimista tanto de la tasa como del alcance de la recuperación.

Para solucionar la inquietud acerca de las capturas de Guinea Ecuatorial y los recientes y elevados reclutamientos estimados, se llevaron a cabo tres ensayos de sensibilidad únicamente de un modo determinista. El primero era idéntico al caso base excepto en que se excluyeron las capturas de Guinea Ecuatorial (caso 5 en la Sección 9). El segundo era idéntico al caso base excepto en que las clases anuales de 1994 y 1995 fueron excluidas de las relaciones de stock-reclutamiento y sustituidas en base a los datos restantes. El tercero era idéntico al caso base excepto en que el índice estadounidense de caña y carrete para peces de 66-114 cm. fue excluido del análisis (caso 6 en la Sección 9).

En los tres casos, los intentos de ajustar las relaciones de stock-reclutamiento para los escenarios de alto reclutamiento produjeron estimaciones inestables de los parámetros. En particular, las estimaciones de RMS y B_{RMS} a partir de la relación Beverton-Holt fueron muy sensibles a la cantidad de autocorrelación asumida. Sin embargo, no hubo tiempo suficiente para desarrollar este importante tema más en profundidad. Mientras tanto, los escenarios de alto reclutamiento no se consideraron más para estos análisis de sensibilidad.

Los resultados en el caso en el que se excluyeron las capturas de Guinea Ecuatorial, fueron similares a los del caso base para LRS (**Figura 16**). Este resultado no fue sorprendente dado que las capturas de Guinea Ecuatorial solo se registraron un único año. Las estimaciones de las trayectorias de biomasa indican que los niveles de captura hasta 3.000 t se recuperarán hasta el nivel asociado de B_{RMS} cerca del año 2018, y las capturas de 2.300 t o menos se recuperarán hasta el nivel de 1975 cerca del año 2018. Hay que tener en cuenta que estos resultados y los resultados de los dos siguientes análisis de sensibilidad proceden únicamente de ensayos deterministas, y por lo tanto no pueden compararse directamente con los resultados de la mediana presentados para el caso base.

Los resultados para el caso con las clases anuales de 1994 y 1995 sustituidas por reclutamientos calculados a partir de una relación stock-reclutamiento que incorpora datos procedentes de años anteriores, indican que la recuperación se ha retardado a causa de esta sustitución, pero que aún así el stock aumentaría a niveles de captura de hasta 2.700 t para LRS (**Figura 17**). Las estimaciones de las trayectorias de biomasa indican que los niveles de captura de hasta 2.300 t se recuperarán hasta el nivel asociado de B_{RMS} cerca del año 2018, y las capturas de 1.500 t o menos se recuperarán hasta el nivel de 1975 cerca del año 2018.

Los resultados para el caso en que el índice estadounidense de caña y carrete para peces de 66-114 cm. fue excluido indican que todas las capturas constantes de hasta 3.000 t resultarían en un cierto grado de recuperación para el LRS (**Figura 18**), aunque no de forma tan rápida como en las proyecciones del

caso base. Las estimaciones de las trayectorias de biomasa indican que los niveles de captura de hasta 3.000 t se recuperarán hasta el nivel asociado de B_{RMS} cerca del año 2018, y las capturas de 2.000 t o menos se recuperarán hasta el nivel de 1975 cerca del año 2018. Por lo tanto, el índice estadounidense de caña y carrete de 66-114 cm. no es el único factor que conduce a las estimaciones de las clases anuales de 1994 y 1995, que son apreciablemente mayores que cualquiera de las clases anuales de 1980-1993.

Efecto de la elección de los escenarios de reclutamiento: Comparado con el HRS, el LRS tiene como resultado un menor potencial de recuperación para el stock y una menor estimación de B_{RMS} . Por lo tanto, bajo una situación de LRS, sería relativamente más fácil recuperar a la B_{RMS} correspondiente, pero sería más difícil recuperar hasta un objetivo que sea independiente de la relación stock-reclutamiento, como por ejemplo B_{75} . Estas comparaciones son evidentes a partir de las **Figuras 13 y 14**.

Efecto del nivel de biomasa utilizado como punto de referencia para la recuperación: Esta elección, ya sea para medir la recuperación en términos de biomasa reproductora del stock (SSB) en 1975 o una estimación de B_{RMS} , depende de los parámetros de la relación stock-reclutamiento, no tiene demasiado impacto en términos de sostenibilidad de los niveles de captura examinados aquí. La elección de esta medida es importante sin embargo en términos de programas temporales de recuperación.

Comparación de los niveles de referencia de biomasa entre esta evaluación y la evaluación de 1998. Los niveles de referencia de biomasa en la actual evaluación (**Tabla 10a**) se diferenciaron considerablemente de los utilizados en la evaluación de 1998 (Tabla 13 del Informe Detallado de 1998, reproducida aquí en la **Tabla 10b**). Existen diversas razones para estas diferencias:

- S** Los datos utilizados para ajustar las relaciones stock-reclutamiento (es decir, estimaciones de evaluación de reclutamiento y biomasa reproductora del stock) eran diferentes debido a la adición de dos años más de índices de captura y tasas de captura.
- S** Para el HRS, la relación Beverton-Holt se limitó para producir reclutamientos y estimaciones de B_{RMS} que estuvieran dentro de la franja considerada razonable en base a la experiencia colectiva del Grupo, especialmente en términos de anteriores evaluaciones de atún rojo del Atlántico oeste llevadas a cabo utilizando modelos alternativos como ASPM y CATCHEM.
- S** En esta evaluación, la variabilidad de reclutamiento, σ_R , se estimó a partir de las series temporales históricas para cada proyección de *bootstrap* y se restableció en 0,4 cuando las estimaciones eran menores que este valor, en lugar de asumir un $\sigma_R = 0,4$ fijo, como se hizo en la evaluación de 1998.

En general, las estimaciones de RMS y B_{RMS} para el LRS fueron algo mayores en la actual evaluación que en la evaluación de 1998, mientras que las estimaciones para el HRS fueron considerablemente mayores en la evaluación de 1998 que en la actual. La razón principal de las diferencias en el LRS es la inclusión de las clases anuales de 1994 y 1995, que son bastante más grandes que cualquiera de las clases anuales de 1980-1993. Las diferencias en el HRS también proceden de los elevados reclutamientos estimados con una baja biomasa reproductora, lo que cambia la curva (aumenta la inclinación) de la relación stock-reclutamiento estimada.

En resumen, los resultados presentados aquí son más optimistas que las proyecciones de 1998 acerca de la sostenibilidad de capturas futuras cercanas o algo superiores a los niveles recientes. En términos de tendencias relativas de captura y tamaño de stock, la evaluación actual es similar a evaluaciones previas y recientes de atún rojo del Atlántico oeste. Sin embargo, las proyecciones basadas en evaluaciones recientes no han sido tan constantes o estables como las evaluaciones mismas. La razón de esto es que la sostenibilidad de los niveles específicos de capturas constantes depende en gran medida de las estimaciones del tamaño de la población y el reclutamiento en años recientes y de la relación stock-

reclutamiento utilizada en las proyecciones, todo lo cual tiene grandes incertidumbres. La otra característica importante de las actuales proyecciones son las sorprendentes diferencias en los resultados obtenidos a partir de los dos escenarios de reclutamiento. La estimación de la mediana de B_{RMS} es 3,9 veces mayor para el HRS que para el LRS (**Tabla 10**). Por consiguiente, el HRS tiene como resultado una recuperación más rápida a niveles mucho mayores. En cuanto al LRS, el principal supuesto es que la recuperación no puede llegar mucho más allá del nivel observado desde finales de los 70, independientemente de la recuperación que se produzca en el tamaño del stock; para el HRS, el principal supuesto es que la recuperación a niveles más elevados de biomasa tendrá finalmente como resultado valores de reclutamiento tan elevados como los observados a

principios de los 70. En la actualidad, el Grupo no dispone de medios objetivos para decidir cuál de estos escenarios de reclutamiento es más probable, aunque ambos son plausibles.

11 Efecto de las medidas regulatorias.

En la **Tabla 12** se facilita un extracto de las medidas regulatorias adoptadas por la Comisión para el stock de atún rojo del Atlántico oeste (COM-SCRS/00/10-bis).

11.1 Límites de captura

La primera medida regulatoria para un nivel de seguimiento científico se adoptó para las capturas de atún rojo del Atlántico oeste en 1981. Desde entonces, los niveles de seguimiento se han cambiado en varios años. En la **Tabla 13** se compara el historial de los límites de captura y las capturas comunicadas y/o estimadas (desembarques y descartes de peces muertos). Hasta 1998, los límites eran para las capturas, pero para 1999, la asignación para descartes fue específicamente mencionada y separada (ver la última columna de la **Tabla 13**). En la **Figura 19**, el límite de captura (incluyendo la asignación de descartes para 1999) se compara con la captura estimada.

Hasta 1987, tanto las capturas como los desembarques estimados estaban por debajo o eran iguales al nivel de los límites de captura. Sin embargo, desde 1988 hasta 1997, los desembarques estimados estaban muy cerca del nivel de los límites y, durante algunos años, superaron el límite por un máximo de 100 t. Durante este periodo, cada año, las capturas estimadas (incluyendo descartes) fueron mayores que los límites (por unas 200 ó 300 t), excepto en 1992 y 1997. Las capturas y los desembarques estimados superaron los límites en 1998 y 1999, en cerca de 300 t y 200 t respectivamente.

Debe señalarse que para propósitos de cumplimiento, algunos países están utilizando años que no corresponden a años civiles, mientras que la **Tabla 13** y en la **Figura 19**, las capturas aparecen en años civiles. Además, de acuerdo con la medida regulatoria de ICCAT, la cantidad de captura que excedió la cuota o sobró de la cuota puede trasladarse a años posteriores. Por lo tanto, el límite de captura establecido para cada año podría haber sido ajustado en consecuencia. También debe señalarse que el exceso de los límites de captura en años recientes se debe a algunas nuevas pesquerías que operan sin una cuota legal (ver la Sección sobre captura).

11.2 Regulaciones de talla mínima

Para el Atlántico oeste, desde 1975 está en vigor un límite de talla de 6,4 kg. con una tolerancia del 15 por ciento en número de peces. Además, en 1992 entró en vigor una prohibición sobre la pesca y desembarque de atún rojo menor de 30 kg. (o 115 cm.) con una tolerancia del 8% por peso a nivel nacional. La **Tabla 14** y la **Figura 20** proporcionan un resumen de las proporciones de peces inmaduros (en peso). El límite de talla mínima de 6,4 kg. no aparece en la tabla, ya que el límite de talla de 115 cm. es más restrictivo. Se observa que, desde 1992, las proporciones de peces inmaduros, para todas las capturas combinadas, ha estado por debajo del nivel de tolerancia.

12 Recomendaciones

12.1 Estadísticas

1) El Grupo recomendó que las autoridades pesqueras, los institutos de pesca, las instituciones nacionales de estadística y los científicos individuales de ICCAT así como los países, entidades y entidades pesqueras colaboradores proporcionen a la Secretaría de ICCAT datos fiables sobre captura, esfuerzo y talla en el formato solicitado, y a una escala lo más detallada posible. Estas obligaciones se consideran una norma mínima ya que aparecen claramente indicadas en el Convenio ICCAT, el Código de Conducta para una Pesca Responsable de la FAO y el Acuerdo de Implementación de Naciones Unidas (UNIA).

2) El Grupo recomendó que se realicen esfuerzos para proporcionar estimaciones de incertidumbres (por ejemplo, coeficientes de variación) para las estadísticas (por ejemplo, desembarques, captura descartada, otras formas de mortalidad inducida por pesca) que se estiman a partir de los estudios de muestreo.

3) El Grupo recomendó que los cuadernos de pesca u otros sistemas de información que proporcionan información detallada equivalente se cumplieren en todas las pesquerías comerciales y deportivas. En la actualidad, algunas pesquerías no tienen requisitos para tales sistemas de recopilación de datos, y por lo tanto hay escasez de información sobre estas pesquerías.

4) El Grupo recomendó que las capturas estimadas de Guinea Ecuatorial (NEI 81) basadas en los Documentos Estadísticos del Atún Rojo (DEAR) en el Atlántico oeste sean más investigadas para determinar su precisión. Esto requiere la colaboración de las autoridades pertinentes implicadas en la recopilación de los DEAR. Si se confirma que la captura procede del Atlántico oeste, deben realizarse todos los esfuerzos necesarios para obtener datos más detallados en cuanto a la zona, tiempo y talla de los peces capturados.

5) El Grupo recomendó que se preste mayor atención a la recopilación de datos sobre descartes y su posterior estimación para que el efecto de los descartes esté plenamente incluido en la evaluación del stock. La calidad de la información se ha visto mejorada por los Programas con Observadores. El muestreo de los observadores debería ser suficiente para cuantificar los descartes en todos los meses y en todas las zonas y para evitar la necesidad de agrupar los estratos espacio temporales que se consideran importantes para construir las estimaciones. Deben llevarse a cabo estudios para mejorar la estimación de los descartes y para identificar métodos que reduzcan la mortalidad en los descartes. También se deberían llevar a cabo estudios para estimar la mortalidad posterior de los atunes rojos descartados vivos.

12.2 Investigación

Biológica

1) Los temas asociados con la fidelidad al lugar de desove, rutas de migración y la mezcla se encuentran entre las incertidumbres más importantes en la evaluación y la ordenación del atún rojo del Atlántico. El Grupo observó un considerable progreso en esta investigación y considera que los medios más convenientes para tratar de forma completa las hipótesis relacionadas con estos temas son los siguientes:

Fidelidad al lugar de desove

S marcado convencional, de archivo, y pop-up por satélite en las áreas de desove durante la temporada de reproducción.

- S** análisis genéticos basados en muestras de juveniles pequeños recogidas cerca de las áreas de desove o peces reproductores recogidos en las áreas de desove durante la temporada de reproducción.
- S** análisis de microelementos de pequeños juveniles recogidos cerca de las áreas de desove o peces reproductores recogidos en las áreas de desove durante la temporada de reproducción (una vez que se hayan desarrollado los métodos para identificar las áreas de desove natales)

Rutas de migración

- S** marcado convencional, de archivo, y pop-up por satélite de peces reproductores en las áreas de desove.
- S** desarrollo y aplicación de marcas archivo a peces pequeños.
- S** marcado convencional, de archivo, y pop-up por satélite de otros peces en otros lugares, basado preferiblemente en diseños experimentales para comprobar hipótesis específicas, en lugar de confiar en un marcado oportunista.

Alcance de la mezcla

- S** análisis genéticos y/o de microelementos de individuos de edad 0 ó 1 para identificar las áreas de desove (estudio piloto, y si tiene éxito, se continuará con un muestreo representativo de cada pesquería principal).
- S** marcado convencional basado en un diseño estadístico para garantizar recapturas adecuadas y representativas en cada pesquería principal).

El Grupo recomendó una cooperación continua y mejorada entre los científicos que llevan a cabo investigaciones sobre los stocks del este y el oeste, para colaborar en los experimentos de marcado y recopilar y analizar muestras para realizar estudios genéticos y de microelementos. El Grupo sugirió que se diera prioridad al marcado de los peces reproductores en las zonas de desove del Golfo de México y el Mediterráneo, a la recopilación e intercambio de muestras de tejido para análisis genéticos de peces de edad cero o peces reproductores de estas áreas de desove, y a la recopilación e intercambio de muestras de tejido y otolitos procedentes de los juveniles del año (preferiblemente) o peces de un año de edad para análisis genéticos y de microelementos. Se observó que los problemas asociados con las bajas tasas de recuperación de los PSAT colocados en el Atlántico este y el Mediterráneo deben resolverse antes de lograr los objetivos de la investigación sobre marcado.

2) El Grupo respaldó las recientes recomendaciones del Grupo de Trabajo *ad hoc* CGPM/ICCAT (COM-SCRS/00/25). En especial, el Grupo apoyó la recomendación de celebrar una reunión intersesional para examinar e integrar los resultados de la investigación que se refieren a mecanismos biológicos y cuál es la mejor forma de tratarlos en las evaluaciones de stock (incluyendo las implicaciones de posibles tasas de crecimiento diferentes). La reunión debería incluir a científicos del Atlántico este y oeste y del Mediterráneo, así como expertos globales. Existe una gran necesidad de cambiar de un programa oportunista a un programa basado en diseño a gran escala. Se destacó también la necesidad de diálogo entre los científicos y los encargados de la ordenación, ya que estos nuevos resultados de la investigación señalan la necesidad de replantearse los enfoques, tanto de evaluación como de ordenación.

3) El Grupo recomendó una mayor exploración de la base de datos de marcado con el fin de generar hipótesis probables sobre las rutas de migración por edad y zona de origen. Además, debe explorarse también una incorporación más formal y estadísticamente rigurosa de los datos de marcado (por ejemplo SCRS/00/98) en los modelos de evaluación.

4) Con el fin de tratar las hipótesis específicas sobre las zonas de desove, la fidelidad a estas zonas, las rutas de migración, el alcance de la mezcla, las tendencias de abundancia y los parámetros de ciclo

vital, el Grupo recomendó que se permita y fomente la pesca científica (por parte de barcos de investigación o barcos pesqueros comerciales) cuidadosamente planificada y controlada, incluso en zonas donde existen actualmente prohibiciones para la pesca comercial a gran escala. La pesca científica limitada debe permitirse también en zonas donde se sabe que hay juveniles muy pequeños, para llevar a cabo el marcado y proporcionar muestras para análisis genéticos y de microelementos.

5) El Grupo recomendó que los amplios estudios sobre madurez que se están llevando a cabo actualmente continúen en el Atlántico este y oeste y en el Mediterráneo. Esto debe considerarse una prioridad, ya que una diferencia en las ojivas de la edad de madurez sería una prueba convincente para dos o más stocks biológicos. Además, los resultados del marcado por satélite mostraron peces en edad de reproducción en el Atlántico central en el momento en que deberían estar reproduciéndose, lo que debe ser investigado. El Grupo respaldó la proposición de un muestreo de investigación exploratoria de larvas y tñidos reproductores en el Atlántico central, tal y como se describe en el documento SCRS/00/125.

6) El Grupo recomendó que debe llevarse a cabo un examen cuantitativo de la información disponible sobre muestras larvales de atún rojo.

Índices de calibrado

7) El Grupo recomendó que el tratamiento de los ceros en los análisis de CPUE sea examinado en mayor profundidad y estandarizado. Para aquellos índices que no utilizan enfoques delta lognormales para tratar los ceros, esto debe ser investigado.

8) El Grupo recomendó que deben investigarse los efectos de interacción en los índices de abundancia en los que la razón subyacente no es aparente. Estas interacciones pueden ser explicadas cuando se utilizan escalas temporales y espaciales más ajustadas, y esto debe ser investigado.

9) El Grupo recomendó que se implementen métodos estandarizados para seleccionar variables del modelo CPUE. Los análisis que utilizan la regresión paso a paso para seleccionar las variables del modelo (SCRS/00/44) son una alternativa que el Grupo de evaluación del stock de atún rojo del oeste tal vez quiera considerar.

10) El Grupo recomendó que, en la medida de lo posible, los efectos de los cambios en las medidas regulatorias sean incorporados de forma más explícita en los procedimientos para normalizar los índices de CPUE. Cuando sea posible, se debe calcular la CPUE por edad con el fin de comparar las tendencias específicas de la edad en los diversos índices e intentar evaluar la covarianza inter-edad en las pesquerías específicas.

11) El Grupo observó que la mayoría de los índices de abundancia calculados para las diversas pesquerías de atún rojo del Atlántico, indicaban efectos espacio-temporales que pueden ser explicados en parte por la variabilidad medioambiental. Las causas de esta variabilidad podrían incluir cambios a corto y largo plazo y cambios a pequeña y gran escala en el clima del océano y/o cambios en la disponibilidad de especies presa a escala similar de espacio y tiempo. El Grupo recomendó investigar para documentar la historia de la pesquería y oceanográfica de las zonas en las que se desarrollan pesquerías de atún rojo del Atlántico. Esta investigación podría incluir la recopilación de una serie climatológica oceánica para la zona e información referida a la abundancia de las especies forraje como por ejemplo calamares, arenques, sardinas, caballa, pampanitos, anguilas y otras especies. La idea es que donde existan tales series de datos, pueden utilizarse al normalizar los índices de abundancia para el atún rojo del Atlántico. Además, si estas series de datos poseen el suficiente alcance espacio temporal, también pueden utilizarse para investigar las razones de los aparentes grandes desplazamiento históricos en las zonas de abundancia para el atún rojo del Atlántico que han ocurrido a lo largo de las cinco décadas pasadas.

12) El Grupo recomendó la aplicación de técnicas de prospección, tales como técnicas aéreas, para facilitar series temporales constantes de abundancia relativa para peces pequeños.

Métodos de Evaluación

13) El Grupo recomendó que se estableciera un proceso más claro para la evaluación y se acuerden nuevos métodos para utilizarlos en el Grupo de evaluación del stock de atún rojo.

14) El Grupo recomendó una mejor evaluación y utilización de los diagnósticos que se usan en los modelos de evaluación, lo que sería útil además para otros grupos de evaluación de stock del SCRS.

15) El Grupo recomendó la valoración de los métodos de evaluación de stock que sean sólidos frente al sesgo y la variabilidad de las estimaciones de F ratios, estimaciones de la abundancia absoluta de peces grandes (o por lo menos los límites sobre estas estimaciones) y que sean sólidos también frente a la información errónea en la captura y a la determinación errónea de la edad de la captura.

16) El Grupo recomendó la recopilación de datos sobre temas que permitan realizar mejores estimaciones de F en edades mayores, tales como determinación directa de la edad, índices de abundancia separados para edades mayores o el grupo plus, y/o experimentos de marcado diseñados con este propósito.

17) El Grupo recomendó una mejor investigación de los métodos para calcular objetivamente la variación de los índices de abundancia, especialmente en lo que respecta a cómo se utilizan al ponderar los modelos de población.

18) El Grupo recomendó un mayor desarrollo de enfoques de evaluación alternativos, como por ejemplo el CATCHEM (SCRS/00/100) que permite errores en la captura por edad, para utilizarlos más ampliamente en futuras reuniones. Esto tiene amplias implicaciones (no sólo para los resultados de las evaluaciones) en la forma en que los científicos nacionales comunican los datos y la Comisión los retiene y es un tema que hay que tratar (por ejemplo, las observaciones de frecuencia real de tallas utilizadas para calcular la captura por talla para las diversas flotas).

19) El Grupo expresó su preocupación acerca del sesgo potencial en los resultados de la mediana sin corregir (50º percentil) comunicados para las proyecciones. Si tal sesgo existe, significa que los resultados presentados, incluyendo la probabilidad de recuperación hasta el nivel objetivo en 2018, podría ser optimista hasta un grado desconocido. Es importante que este tema del sesgo potencial ascendente sea investigado para la próxima evaluación.

20) El Grupo recomendó que, en los casos en lo que no se haya hecho ya, se modifique el programa informático de evaluación existente para representar los cambios en la composición, por edades y tallas, del grupo plus, que se producen a medida que cambia la abundancia del stock.

12.3 Ordenación

La recomendación de ordenación del Comité está dirigida al Programa de Recuperación (descrito en el primer párrafo de la sección BFT de este informe) adoptado por la Comisión en 1998. A la vista de la incertidumbre en la evaluación, especialmente en lo que respecta a las estimaciones de proyecciones recientes de alto reclutamiento, la elección entre escenarios de reclutamiento y el supuesto sobre la mezcla, el Grupo recomendó que no se modifique el TAC de manera significativa con respecto al nivel actual de 2.500 t por año. Las proyecciones basadas en el escenario de bajo reclutamiento, asumiendo que las elevadas estimaciones recientes de los niveles de alto reclutamiento son precisas, indican que el TAC podría aumentarse sin infringir el Programa de Recuperación (**Tabla 11**); sin embargo, los elevados niveles de reclutamiento son incoherentes con el escenario de bajo reclutamiento. Los elevados niveles

de reclutamiento reciente estimados en la evaluación señalan hacia un nivel mayor de biomasa como objetivo de la recuperación, como la B_{RMS} asociada con el escenario de alto reclutamiento, en cuyo caso existe casi un 50% de probabilidades de recuperación con el actual TAC de 2.500 t (**Tabla 11**). El Grupo observó que la B_{RMS} para el escenario de alto reclutamiento no está bien determinada por los datos de recluta-reproductor examinados en esta evaluación. Análisis previos, basados en series temporales más largas de estimaciones de recluta-reproductor, indican que el nivel de la biomasa en 1975 es una aproximación razonable para B_{RMS} . Mantener la captura anual en el actual nivel de TAC proporciona al menos un 50% de probabilidades de recuperación hasta la biomasa de 1975 cerca de 2018, para ambos escenarios de reclutamiento (**Tabla 11**).

Una implicación de la mezcla del atún rojo entre las unidades de ordenación del este y el oeste que ha quedado clara a raíz del trabajo del Grupo es que la abundancia de peces y las pesquerías en el este y el oeste están relacionadas. El estado del stock del Atlántico este y la pesquería podrían afectar de manera adversa a la recuperación en el Atlántico oeste, lo que también se advierte en el informe del Grupo de 1998. Por lo tanto, el Grupo subrayó la importancia de continuar con los esfuerzos para gestionar las pesquerías, tanto en el Atlántico este como en el oeste, de una manera sostenible.

Referencias

BUCKLAND, S.T., K.P. Burnham y N.H. Augustin. 1997. Model selection: An integral part of inference. *Biometrics* 53:603-618.

EFRON, B. 1982. The Jackknife, the Bootstrap and Other Resembling Plans. CABS Monograph No. 38, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

GERMAN, A., J. B. Carlin, H. S. Stern and D. B. Rubin. 1995. Bayesian Data Analysis. Chapman and Hall.

ICCAT. 1984	SCRS/83/64
ICCAT. 1994	SCRS/93/52
ICCAT. 1997	SCRS/96/119
ICCAT. 1999	SCRS/98/22
ICCAT. 1999	SCRS/98/33 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/42
ICCAT. 1999	SCRS/98/54 (Rev)
ICCAT. 1999	SCRS/98/58
ICCAT. 1999	SCRS/98/65
ICCAT. 1999	SCRS/98/71
ICCAT. 1999	SCRS/98/73
ICCAT. 1999	SCRS/98/77
ICCAT. 1999	SCRS/98/85
ICCAT. 1999	SCRS/98/95
ICCAT 2000	Informe del SCRS 1999

Table 1. Catch and landings of *U. carolinensis* in the Chesapeake Bay, 1960-1999.[illegible]

Table 2. Catch (number of fish) at age for west Atlantic bluefin tuna, used for the base case

Ages	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
1	485	1279	7252	33777	20860	70559	178396	16018	5038	10777	64886	62998	45402	5105
2	588	1547	14202	48133	32442	98289	74300	100687	38310	30235	105064	153364	98578	74311
3	652	2130	16316	47900	40552	30821	10350	32743	16591	28068	127518	38360	33762	30482
4	2174	6879	69103	48421	26785	7662	136	9537	1004	4638	21455	46074	3730	7161
5	1269	2515	11003	35311	40901	18744	114	652	1025	2385	3677	672	3857	2132
6	1882	2741	1895	12005	12051	7210	659	1122	2221	340	914	1673	118	1451
7	1131	2361	3782	5901	7293	7934	1139	795	297	280	176	2109	569	953
8	1236	1463	4519	19686	43797	30600	3646	3358	1972	408	162	1350	576	1544
9	580	700	1997	12087	25327	16712	6772	7255	5357	1596	514	1133	261	555
10	510	633	1229	5092	4468	4981	4850	4099	1678	1781	761	1362	785	801
11	321	458	595	3353	3947	5143	6079	2424	745	1360	1181	1752	1618	1091
12	297	123	451	843	907	982	2861	701	814	1314	824	1605	1405	1009
13	22	70	154	80	542	683	3085	660	368	677	479	823	991	928
14	8	10	0	6	45	243	1647	114	122	132	282	310	505	477
15+	2	0	0	0	0	2	91	19	35	120	146	106	215	139
Total	11157	22908	132498	272593	259918	300565	294126	180186	75576	84111	328039	313690	192371	128138

Age	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1	55958	43556	5412	1274	5133	2745	3160	6087	3528	4173	868	568	563	1522
2	20056	148027	19781	22419	10863	10552	16183	9616	3729	2438	7504	5523	5939	13327
3	21094	8328	72393	9717	20015	16288	11068	16541	1654	3268	1848	12310	7135	9137
4	6506	11963	2910	32139	6315	14916	8881	5244	498	894	2072	2814	3442	5553
5	3170	821	2899	4946	10530	3448	2866	6023	342	866	2077	4329	1128	4392
6	683	547	344	3633	4061	3494	2982	3721	751	911	1671	4019	1726	2420
7	916	317	206	957	655	2612	5533	2884	477	1402	594	1024	931	1659
8	913	671	1168	513	472	599	3454	3211	519	1353	759	612	520	1283
9	1081	1651	558	1109	341	557	1061	2764	896	1039	1091	696	345	1120
10	802	1522	1388	1454	490	605	896	1400	931	1200	1073	975	689	664
11	2711	1967	3573	1774	990	1735	875	1237	360	1156	1300	1464	1208	821
12	2418	2507	3738	2958	2178	2661	2053	1293	277	775	767	1537	1511	953
13	3945	1827	2573	3333	2949	2968	3476	1460	313	767	466	751	945	580
14	1663	1096	1769	2312	2660	2033	2409	1465	451	697	331	364	542	344
15+	968	554	992	1701	2715	2279	2505	3766	745	1033	638	512	440	341
Total	122885	225354	119703	90240	70366	67495	67400	66710	15472	21974	23058	37498	27064	44114

Age	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995 E	1996	1997	1998	1999
1	4879	796	2404	3361	471	345	2017	1096	317	224	263	77
2	9150	12877	4242	14537	5990	1132	691	1207	6750	990	915	586
3	11840	1756	18093	10896	2189	5264	1614	3710	1624	6618	4021	2287
4	4214	4005	2491	3450	1483	3478	2636	4236	4672	1397	3214	2090
5	3890	1816	2651	1945	1759	2085	2782	4477	2247	1826	1194	1760
6	4281	2157	1839	2266	1068	1981	1692	2482	1783	1543	1082	914
7	2319	2717	1739	2459	2143	1740	2117	786	3140	2381	1915	2163
8	1543	1878	2399	1978	1916	2494	2366	1620	1007	2276	3310	2174
9	1590	1411	1568	1886	1403	1544	1489	1784	1362	1037	2601	2692
10	1019	1341	1042	1231	1484	889	1096	909	1330	1017	1049	2348
11	951	1116	853	966	1088	589	626	703	819	1068	1105	1243
12	803	931	846	867	768	466	407	562	756	805	807	840
13	684	712	659	549	525	414	363	410	468	487	382	472
14	407	488	430	283	338	377	242	403	359	352	282	332
15+	435	431	335	334	350	337	271	486	386	362	389	447
Total	48006	34432	41591	47007	22975	23136	20408	24871	27020	22384	22529	20424

Table 3. Catch at size estimated for the central north Atlantic bluefin caught by Japanese longline vessels.

Age	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
4	50	20	315	70	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
5	119	49	793	173	4	3	0	1	0	0	0	0	4	0
6	96	38	629	143	9	2	0	1	0	0	0	0	4	0
7	437	177	2856	626	51	15	0	1	0	1	0	3	4	0
8	862	348	5674	1270	99	26	0	11	0	1	0	17	0	0
9	243	98	1606	360	24	7	1	8	1	0	0	52	0	0
10	193	77	1266	283	11	6	0	4	0	0	0	50	0	0
11	2	1	11	3	0	0	0	2	0	0	0	33	4	10
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	26	0	4
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	6
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
15+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2000	809	13150	2927	199	61	2	30	2	3	0	219	20	20

Age	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1	2	0	0	0	0	0	0	11	0	0	1	0	1	0
2	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0
3	15	0	0	0	0	0	4	7	0	0	1	0	3	0
4	10	0	0	0	0	0	5	4	0	0	10	0	16	5
5	20	0	0	5	0	0	14	0	0	0	23	44	30	4
6	14	0	0	0	1	0	48	0	2	0	37	66	30	5
7	39	8	0	0	0	0	52	1	5	0	13	55	31	20
8	108	31	1	2	0	0	16	1	0	0	19	22	61	63
9	556	33	0	4	0	0	9	1	3	0	18	11	101	7
10	718	8	0	9	0	0	3	2	4	0	4	11	87	0
11	630	36	1357	57	0	1	2	1	9	0	9	0	51	0
12	430	11	0	293	0	1	4	0	1	0	2	0	19	0
13	208	15	0	117	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0
14	144	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
15+	60	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2958	156	1358	495	2	1	157	31	25	0	139	209	436	104

Age	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
2	0	0	0	180	15	15	2	64	0	0	0	184
3	0	3	15	263	149	128	36	239	136	15	107	195
4	6	3	45	897	627	887	15	1377	743	171	124	1752
5	11	32	230	704	1839	1459	259	2734	946	537	387	2702
6	35	158	394	1731	599	1497	1018	6986	2306	1888	1997	2835
7	21	283	550	1432	861	1368	1748	2913	4766	3054	2769	4339
8	22	187	981	1825	841	645	1071	3398	4816	4938	4648	3205
9	17	56	892	2003	755	321	540	764	2814	1826	3589	2555
10	6	25	193	889	511	312	281	625	1728	1561	1728	1682
11	5	3	67	541	290	141	94	117	606	624	626	433
12	7	3	82	302	267	107	93	49	280	158	86	164
13	6	3	59	316	166	31	29	0	151	90	0	96
14	2	0	22	125	81	48	0	39	229	60	48	22
15+	3	0	96	369	41	15	0	0	141	15	0	49
Total	140	756	3628	11577	7042	6972	5197	19307	19661	14938	16110	20216

Table 4. Average weight (in Kg) by age calculated for west Atlantic bluefin.

Year	Age1	Age2	Age3	Age4	Age5	Age6	Age7	Age8	Age9	Age10+
1960	3.4	8.6	24.7	39.9	57.2	84.6	114.3	146.2	169.0	236.8
1961	3.4	8.6	24.8	39.8	55.1	85.2	113.5	146.3	173.7	235.5
1962	3.4	9.2	24.5	35.9	52.6	80.9	117.2	149.1	176.8	246.5
1963	3.7	10.0	19.5	38.7	58.4	78.3	116.8	138.0	162.4	224.7
1964	3.3	9.1	20.1	41.3	58.3	76.3	110.3	134.1	159.3	230.1
1965	3.4	9.1	19.1	43.4	56.7	81.9	109.6	133.8	159.5	228.8
1966	3.5	8.6	17.6	37.8	69.6	75.9	110.7	136.0	161.5	262.9
1967	5.0	10.0	20.5	38.0	53.0	75.5	108.2	138.3	160.7	226.9
1968	3.5	10.2	19.5	38.6	54.6	75.6	93.2	142.8	162.9	244.4
1969	3.9	8.5	22.0	38.0	56.2	76.9	104.6	144.7	168.3	256.4
1970	3.2	8.4	17.0	37.4	56.3	79.7	112.9	148.3	172.0	270.5
1971	3.5	8.4	21.2	32.0	60.3	82.0	108.5	135.1	169.2	267.3
1972	4.4	9.7	19.3	40.7	57.6	84.8	114.9	137.5	171.9	283.3
1973	3.7	8.9	20.8	39.9	62.4	77.5	119.5	142.7	172.7	287.8
1974	3.6	10.0	17.2	36.8	57.1	82.9	102.5	138.5	169.2	295.5
1975	3.9	8.7	23.8	34.2	58.6	78.5	114.7	141.3	164.8	278.0
1976	3.9	10.3	18.9	34.1	51.9	81.1	119.4	152.2	171.8	277.7
1977	4.4	10.3	20.8	35.3	52.4	74.8	97.9	136.5	165.3	292.5
1978	5.0	10.8	21.7	35.5	54.4	73.6	107.0	145.3	183.0	318.0
1979	5.3	11.2	21.9	39.2	50.8	78.7	105.8	141.1	179.2	307.4
1980	5.0	12.2	21.4	35.7	53.3	84.6	114.4	140.6	186.7	320.6
1981	5.6	11.0	21.5	34.7	52.3	77.6	107.2	141.1	174.2	328.2
1982	4.0	10.8	21.3	34.3	59.6	82.0	115.3	150.1	181.6	316.3
1983	3.9	10.1	20.0	37.9	59.0	84.5	116.3	149.0	184.7	313.1
1984	4.7	11.2	23.6	39.5	60.0	85.9	116.4	148.3	183.0	299.5
1985	3.7	10.2	17.3	33.3	49.0	70.9	98.4	131.3	170.2	279.2
1986	4.2	9.9	20.2	41.2	57.0	84.8	116.3	148.5	180.9	299.1
1987	4.2	9.7	22.7	40.0	58.3	75.6	108.6	137.9	168.6	292.7
1988	3.9	11.4	21.1	37.8	56.9	80.8	108.1	140.8	178.6	292.5
1989	4.0	11.0	22.3	39.3	55.5	83.7	113.6	141.7	177.2	284.9
1990	4.5	11.4	19.0	38.4	55.4	77.9	111.2	146.4	178.9	287.6
1991	5.1	13.1	20.1	41.2	61.7	85.7	115.6	151.3	180.9	278.3
1992	5.6	12.6	18.9	38.1	59.4	81.3	112.1	141.5	178.7	274.3
1993	4.5	11.2	24.9	38.3	56.7	82.1	109.5	143.0	173.8	290.7
1994	4.8	11.6	23.4	34.7	52.3	74.4	111.3	137.7	176.3	272.2
1995	4.5	13.4	22.8	39.6	62.7	85.6	111.0	147.4	175.4	295.7
1996	3.8	11.1	23.8	38.3	55.9	84.6	113.2	145.2	185.0	286.7
1997	4.8	12.3	20.6	40.1	60.0	84.4	112.8	142.6	176.6	287.2
1998	4.4	11.3	21.7	34.3	62.6	83.4	119.7	148.6	176.2	281.9
1999	4.7	11.1	23.1	39.6	60.5	87.2	114.9	145.3	179.8	266.1

Table 5a. Catch rate indices available and those that were used for calibration of west Atlantic stock assessments.

Index	Can GSL		Can SWNS		JLL GOM		JLL Area wt		JLL NWAtl		Larval		US RR < 145		US RR 66-114		US RR 115-144		US RR 145-177		US RR >195		US GOM LL		Tagging		JLL Central Atl		US RR >195		US RR >177			
Age Range	13+		3-17		10+		4-10+		2-9		8-10+		1-5'		2-3'		4-5'		6		8+		8+		1-3		8+		8+		7+			
Indexing	Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Biomass		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers		Numbers			
Selectivity	Input		Partial catch		Uniform		Partial catch		Partial catch		Uniform		Partial Catch		Partial Catch		Partial Catch		Partial Catch		Partial Catch		Partial Catch		Uniform		Partial catch		Partial Catch		Partial Catch			
Time of Year	Mid		Mid		Beg		Beg		Beg		Mid		Mid		Mid		Mid		Mid		Mid		Mid		Beg		Mid		Beg		Mid		Mid	
	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.	Value	C.V.		
1962							3.673	0.200																										
1963							3.673	0.200																										
1964							1.621	0.200																	107277	0.200								
1965							0.904	0.200																										
1966							0.811	0.200																										
1967							0.959	0.200																										
1968							0.169	0.200																										
1969							0.053	0.200																										
1970							0.099	0.200																										
1971							0.004	0.200																										
1972																																		
1973																																		
1974						0.968	0.266																											
1975						0.534	0.205																											
1976						0.666	0.207			0.302	0.477																							
1977						0.913	0.216			0.983	0.314	2.435	0.433																					
1978						0.876	0.225			0.453	0.381	5.824	0.272																					
1979						1.287	0.283			0.333	0.404																							
1980						1.158	0.265			0.586	0.335		0.799	0.430																				
1981	2.565	0.200				0.553	0.239			0.791	0.307	1.277	0.432	0.399	0.520																			
1982	2.767	0.200								0.242	0.456	1.514	0.311	2.102	0.330																			
1983	3.722	0.200								0.102	0.741	1.235	0.308	1.114	0.260						2.419	0.156								2.805	0.100			
1984	2.598	0.220								0.330	0.403	0.653	0.802								0.936	0.311								1.246	0.188			
1985	0.804	0.300								0.465	0.355		0.630	0.640							0.741	0.479								0.857	0.300			
1986	0.957	0.414								0.088	0.818	0.261	0.606	0.778	0.430						0.462	1.339								0.503	1.097			
1987	0.532	0.707								0.161	0.567	0.445	0.507	1.219	0.400						0.601	0.551	0.899	0.362						0.529	0.476			
1988	1.076	0.449	0.229	0.277						0.415	0.367	1.946	0.326	0.988	0.380						0.814	0.530	0.374	0.506						0.941	0.364			
1989	1.028	0.516	0.370	0.243						0.345	0.405	0.798	0.439	0.988	0.430						0.580	0.553	0.646	0.387						0.763	0.364			
1990	0.667	0.450	0.320	0.243						0.258	0.453	0.474	0.200	0.904	0.340						0.511	0.552	0.752	0.385				0.231	0.402	0.626	0.335			
1991	1.095	0.514	0.243	0.243						0.241	0.471	0.365	0.594	1.261	0.350						0.661	0.467	1.000	0.342				0.193	0.423	0.820	0.284			
1992	1.370	0.412	0.214	0.210						0.466	0.385	0.614	0.382	0.820	0.420						0.722	0.429	0.230	0.552				0.305	0.337	0.910	0.276			
1993	1.325	0.280	0.094	0.200						0.612	0.340	0.667	0.615			0.723	0.374	1.441	0.363	0.824	1.244	0.459	0.790	0.257	0.574				0.156	0.361		0.513	0.805	
1994	0.445	0.368	0.174	0.200						0.514	0.347	0.720	0.405			0.128	1.531	0.169	1.491	1.192	1.170	0.628	0.676	0.108	0.817				0.276	0.346	0.601	0.754		
1995	1.722	0.208	0.151	0.200						0.450	0.403	0.465	0.585			0.406	0.486	0.615	0.440	1.005	1.078	0.906	0.407	0.184	0.658				0.524	0.296	0.900	0.463		
1996	0.522	0.217	0.056	0.206						1.081	0.351	1.458	0.630			1.553	0.208	1.587	0.306	1.761	0.901	1.823	0.403	0.179	0.688				0.380	0.341	1.891	0.301		
1997	0.549	0.221	0.054	0.207						0.572	0.386	0.619	0.448			1.962	0.200	0.380	1.000	0.409	3.028	1.685	0.515	0.303	0.627				0.319	0.365	0.893	0.854		
1998	0.999	0.212	0.082	0.200						0.244	0.476	0.241	0.508			1.335	0.200	1.386	0.263	0.478	2.395	1.465	0.361	0.320	0.707				0.215	0.385	1.141	0.413		
1999	1.375	0.207	0.129	0.200						0.327	0.419	0.950	0.537			0.892	0.360	1.423	0.398	1.331	1.312	1.588	0.415	0.402	0.589				0.292	0.352	1.060	0.577		

Notes: A CV value of 0.2 was the minimum assumed for an individual data point.

Series used in assessment update using the ADAPT procedure for catch and effort from 1970-1999: Can GSL, Can SWNS, JLL GOM, JLL NW Atlantic Ocean, Larval, US LL GOM, US RR 66-144, US RR 115-144, US RR <145, US RR 145-176, US RR >195, and Tagging

Table 5b. Partial catch ratios and partial catches used for the Canadian indices.

	Gulf of St Lawrence RR and Tended Line partial catch ratios	South West Nova Scotia Tended Line and Harpoon partial catches			
	13+/10+	Age 7	Age 8	Age 9	Age 10 - 12
1981	0.645				
1982	0.474				
1983	0.445				
1984	0.338				
1985	0.325				
1986	0.407				
1987	0.396				
1988	0.375	87	150	432	323
1989	0.337	461	644	436	616
1990	0.359	402	766	260	368
1991	0.345	368	579	540	470
1992	0.242	200	256	321	663
1993	0.483	32	241	237	473
1994	0.400	131	134	274	411
1995	0.521	24	214	401	496
1996	0.425	30	60	150	638
1997	0.551	81	143	80	280
1998	0.430	56	248	228	287
1999	0.416	76	196	240	240

Table 6. Technical specifications for ADAPT runs. Please refer to the 1998 detailed bluefin assessment report and to SCRS/98/54 for further explanation about model choices, many of which did not change for this assessment.

-
- Time period: 1970-1999 for all runs.
 - Natural mortality: 0.14 for all ages, all runs.
 - Catch at age: See Section 5. For *Run 3*, Central Atlantic catches also included as explained in Section 5.
 - Plus group: Age 10+ for all runs.
 - Indices of abundance: See Section 7. *Run 3* is the only one that included Japanese LL index for the Central Atlantic.
 - Objective function: Based on the sum of squared differences of the logs of observed and predicted indices, weighted as explained below.
 - Index weighting: *Run 98*-like used equal weighting with $\sigma=0.4$. *Runs 0, 2a, 2b, 3 and 4* used equal weighting with an estimated overall σ . *Runs 1a, 1b and 1c* used the input variance from **Table 5**, plus an “added variance” as follows: A common σ estimated for all indices (*Run 1a*), an index-specific σ estimated only for indices for which this was justified in terms of AIC (*Run 1b*), and an index-specific σ for all indices (*Run 1c*).
 - Index catchabilities: Estimated by Maximum Likelihood. See **Table 5** for selectivity assumptions. Partial catch weighting option of SCRS/98/54 was applied.
 - 2000 stock sizes estimated as parameters: Ages 3, 5, 7 and 9, for all runs.
 - Selectivity constraints in 1999: $F_1=0.318F_2$, $F_2=F_3$, $F_4=F_5$, $F_6=F_7$, and $F_8=F_9$ for all runs.
 - F ratios: Estimated as a random walk for runs 2a ($\sigma_{RW}=0.25$ assumed) and 2b ($\sigma_{RW}=0.10$ assumed). For all other runs: F-ratio fixed at 1.0 for 1970-1973; two F-ratios estimated for 1974-1981 and 1982-1999, with the last value penalized if different from 1.14 (constraint $CV=0.25$).
 - Stock-recruit relationship: None, except for *Run 98*-like in which a 2-line model constraint was used as in a 1998 base case. (Note: Stock-recruit relationships were fitted to the base case assessment for the purpose of conducting projections, as explained in Section 10).
 - Recruits in the last three years: The 1997-1999 recruitment estimates were ignored for most runs, as they are deemed to be unreliable. For the purpose of projections (Section 10), these were replaced by the predictions from the fitted stock-recruitment relationship.
 - Uncertainty: From model-conditioned parametric bootstrapping (conducted for *Run 0* only).
-

Table 7a. Comparison of diagnostics for various ADAPT runs (see Section 9 of the text for a description). Entries for each index are *s* values (CVs) corresponding to the weighting option used; for Runs 1a to 1c, *s* values are estimated in addition to index and year-specific input CVs (Table 5), the average of which is presented here under Input Variance. LnL= log-likelihood; AICc= AIC corrected for small sample size (Buckland et al. 1997).

Run	Run 0 (base)	Run 1a	Run 1b	Run 1c	Run 2a	Run 2b	Input Variance
# parameters	19	19	25	30	35	35	
-LnL indices (-LnL random walk)	-10.6	-11.0	-18.6	-19.6	-13.5 (-38.6)	-10.8 (-66.45)	
AIC _c	-1.7	-2.5	-1.5	11.4			
Model deviance (p-value)	191.5 (0.036)	173.4 (0.190)	186.0 (0.057)	175.5 (0.162)	187.0 (0.057)	189.4 (0.045)	
Index:							
Can GSL	0.567	0.416	0.405	0.403	0.557	0.566	0.318
Can SWNS	0.567	0.416	0.609	0.599	0.557	0.566	0.216
JLL GOM	0.567	0.416	0.426	0.425	0.557	0.566	0.234
JLL NW Atl	0.567	0.416	0.333	0.334	0.557	0.566	0.406
Larval	0.567	0.416	0.398	0.396	0.557	0.566	0.439
Tagging	0.567	0.416	0.453	0.454	0.557	0.566	0.201
USLL GOM	0.567	0.416	0.427	0.421	0.557	0.566	0.512
USRR 66-114	0.567	0.416		0.153	0.557	0.566	0.410
USRR 115-144	0.567	0.416		0.000	0.557	0.566	0.518
USRR < 145	0.567	0.416		0.169	0.557	0.566	0.393
USRR 145-177	0.567	0.416		0.000	0.557	0.566	1.064
USRR > 178	0.567	0.416		0.246	0.557	0.566	0.482

Table 7b. Average normalized weights by series for various ADAPT runs.

Index / Run	Run 0 (base)	Run 1a	Run 1b	Run 1c	Run 2a	Run 2b
Can GSL	1	1.164	0.863	0.981	1	1
Can SWNS	1	1.411	0.532	0.619	1	1
JLL GOM	1	1.356	0.938	1.065	1	1
JLL NW Atl	1	0.939	0.841	0.946	1	1
Larval	1	0.880	0.662	0.752	1	1
Tagging	1	1.449	0.903	1.019	1	1
US LL GOM	1	0.743	0.521	0.597	1	1
US RR 66-114	1	1.075	3.048	2.353	1	1
US RR 115-144	1	0.850	1.554	1.756	1	1
US RR <145	1	0.961	1.627	1.484	1	1
US RR 145-177	1	0.263	0.227	0.257	1	1
US RR >178	1	0.827	1.373	1.017	1	1

Table 8a. Numbers at age estimated by the base case assessment. Note that the recruitment values for 1997-1999 were replaced by the prediction of the 2-line SRR fitted to the 1976-1996 estimates and the subsequent abundances at age were recalculated.

Year	Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	8+	Total
70		340249	218169	225949	108677	47058	26708	10290	30087	19861	141926	191874	1168974
71		266945	235508	92592	78867	74546	37488	22368	8781	26005	136752	171538	979852
72		234299	173578	63744	44998	26112	64181	31033	17483	6379	134891	158753	796698
73		149103	161506	60028	24260	35648	19114	55687	26449	14663	117433	158545	663891
74		485659	124870	71711	24041	14448	29006	15267	47524	21556	110182	179262	944264
75		143163	370159	89913	42776	14863	9617	24581	12420	40465	101887	154772	849844
76		135593	84066	184777	70417	26089	12157	7851	21074	10172	113403	144649	665599
77		86305	112839	54717	93614	58508	19984	10248	6634	17234	93860	117728	553943
78		55142	73843	77269	38538	51601	46262	13997	8019	5290	82966	96275	452927
79		80386	43162	54096	48598	27633	35077	36439	11558	6532	65267	83357	408748
80		66118	67328	27727	31922	28417	20816	27244	29247	9491	50489	89227	358799
81		60758	54538	43508	13860	19512	22038	15324	18545	22214	39817	80576	310114
82		57334	47157	38476	22506	7193	11378	15700	10642	13138	41500	65280	265024
83		95948	46559	37526	31910	19102	5934	9192	13205	8769	43802	65776	311947
84		68034	79527	38207	29582	26908	15800	4312	6688	10221	39502	56411	318781
85		73984	58338	62155	31495	23789	21460	12182	3197	5108	37956	46261	329664
86		91695	63789	45577	42599	24762	16658	14922	9637	2210	31582	43429	343431
87		69700	79192	49930	32990	33830	20477	12876	12106	7894	24098	44098	343093
88		93222	59177	56459	34916	23519	25326	15551	9651	9331	23328	42310	350480
89		53293	76501	42939	38085	26435	16830	18038	11363	6956	22920	41239	313360
90		92055	45590	54538	35695	29383	21291	12626	13156	8133	20000	41289	332467
91		81606	77790	35687	30642	28713	23078	16798	9359	9208	19132	37699	332013
92		45354	67815	54119	20920	23430	23151	17955	12317	6299	18957	37573	290317
93		73568	38990	53382	45011	16806	18732	19132	13616	8927	16426	38969	304590
94		30196	63636	32842	41510	35893	12672	14442	15014	9519	17751	42284	273475
95		168538	24374	54679	27049	33633	28615	9443	10587	10853	19531	40971	387302
96		156365	145499	20066	44082	19577	25076	22567	7478	7697	21528	36703	469935
97		76967	135641	120206	15933	33976	14929	20140	16699	5564	20316	42579	458691.3
98		76967	66703	116999	98341	12551	27838	11543	15295	12401	17735	45431	453233.2
99		76967	66667	57137	97969	82501	9801	23193	8255	10222	20055	38532	448357

Table 8b. Fishing mortality at age estimated by the base case assessment. Note that the recruitment values for 1997-1999 were replaced by the prediction of the 2-line SRR fitted to the 1976-1996 estimates and the Fs for those cohorts were recalculated.

Year	Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	average 1-3	average 6-7	average 8+
70		0.228	0.717	0.913	0.237	0.087	0.037	0.018	0.006	0.028	0.028	0.619	0.028	0.021
71		0.290	1.167	0.582	0.965	0.010	0.049	0.106	0.180	0.048	0.048	0.680	0.078	0.092
72		0.232	0.922	0.826	0.093	0.172	0.002	0.020	0.036	0.045	0.045	0.660	0.011	0.042
73		0.037	0.672	0.775	0.378	0.066	0.085	0.019	0.065	0.041	0.041	0.495	0.052	0.049
74		0.132	0.188	0.377	0.341	0.267	0.026	0.066	0.021	0.055	0.129	0.232	0.046	0.068
75		0.392	0.555	0.104	0.354	0.061	0.063	0.014	0.060	0.045	0.105	0.350	0.039	0.070
76		0.044	0.289	0.540	0.045	0.127	0.031	0.029	0.061	0.061	0.142	0.291	0.030	0.088
77		0.016	0.239	0.211	0.456	0.095	0.216	0.105	0.086	0.071	0.167	0.155	0.161	0.108
78		0.105	0.171	0.324	0.193	0.246	0.099	0.051	0.065	0.072	0.168	0.200	0.075	0.102
79		0.037	0.303	0.387	0.397	0.143	0.113	0.080	0.057	0.096	0.225	0.242	0.097	0.126
80		0.053	0.297	0.553	0.352	0.114	0.166	0.245	0.135	0.127	0.299	0.301	0.206	0.187
81		0.113	0.209	0.519	0.516	0.399	0.199	0.225	0.205	0.143	0.335	0.280	0.212	0.228
82		0.068	0.088	0.047	0.024	0.052	0.073	0.033	0.054	0.076	0.083	0.068	0.053	0.071
83		0.048	0.058	0.098	0.030	0.050	0.179	0.178	0.116	0.136	0.148	0.068	0.179	0.133
84		0.014	0.106	0.053	0.078	0.086	0.120	0.159	0.129	0.121	0.132	0.058	0.140	0.127
85		0.008	0.107	0.238	0.101	0.216	0.223	0.094	0.229	0.158	0.172	0.118	0.159	0.186
86		0.007	0.105	0.183	0.090	0.050	0.118	0.069	0.060	0.183	0.199	0.098	0.094	0.147
87		0.024	0.198	0.218	0.198	0.150	0.135	0.148	0.120	0.165	0.180	0.147	0.142	0.155
88		0.058	0.181	0.254	0.138	0.195	0.199	0.174	0.187	0.201	0.219	0.164	0.187	0.202
89		0.016	0.198	0.045	0.119	0.076	0.147	0.176	0.194	0.244	0.266	0.086	0.162	0.235
90		0.028	0.105	0.437	0.078	0.102	0.097	0.159	0.217	0.231	0.252	0.190	0.128	0.233
91		0.045	0.223	0.394	0.128	0.075	0.111	0.170	0.256	0.247	0.269	0.221	0.141	0.257
92		0.011	0.099	0.044	0.079	0.084	0.051	0.137	0.182	0.272	0.296	0.051	0.094	0.250
93		0.005	0.032	0.112	0.086	0.142	0.120	0.102	0.218	0.204	0.223	0.050	0.111	0.215
94		0.074	0.012	0.054	0.070	0.087	0.154	0.171	0.185	0.183	0.200	0.047	0.163	0.189
95		0.007	0.054	0.075	0.183	0.154	0.097	0.093	0.179	0.193	0.211	0.045	0.095	0.194
96		0.002	0.051	0.091	0.120	0.131	0.079	0.161	0.156	0.210	0.229	0.048	0.120	0.198
97		0.003	0.008	0.061	0.099	0.059	0.117	0.135	0.158	0.222	0.242	0.024	0.126	0.207
98		0.004	0.015	0.038	0.036	0.107	0.043	0.195	0.263	0.254	0.277	0.019	0.119	0.265
99		0.001	0.009	0.044	0.023	0.023	0.105	0.105	0.330	0.330	0.360	0.019	0.105	0.340

Table 8c. Biomass (mid-year) at age estimated by the base case assessment. Note that the recruitment values for 1997-1999 were replaced by the prediction of the 2-line SRR fitted to the 1976-1996 estimates and the subsequent biomass at age was recalculated. SSB is the 8+ biomass.

Year	Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	8+	Total
70		905.8	1193.9	2268.8	3366.2	2365.1	1948.3	1073.5	4147.8	3140.9	35297.9	42586.5	55708.3
71		753.6	1029.1	1368.1	1452.4	4170.3	2796.8	2146.0	1010.9	4005.3	33274.3	38290.5	52007.0
72		855.9	990.0	759.0	1630.0	1286.8	5069.5	3291.5	2201.4	999.7	34838.3	38039.4	51922.3
73		505.0	957.8	790.2	747.1	2006.7	1323.7	6146.0	3406.6	2313.2	30872.9	36592.7	49069.1
74		1526.1	1059.8	952.5	695.6	673.1	2213.1	1411.7	6073.0	3308.5	28461.4	37842.8	46374.6
75		427.9	2275.0	1894.2	1142.8	787.7	682.1	2610.5	1587.9	6079.5	25058.9	32726.3	42546.5
76		482.3	698.7	2485.7	2189.1	1184.8	905.1	861.5	2900.8	1580.5	27350.5	31831.7	40638.9
77		351.2	961.6	954.9	2453.0	2725.9	1251.1	887.6	808.8	2563.5	23547.4	26919.7	36505.1
78		243.9	682.7	1329.6	1158.3	2314.4	3021.4	1361.3	1051.6	870.7	22617.6	24539.9	34651.4
79		390.0	387.4	910.3	1456.5	1218.5	2432.5	3453.7	1477.9	1040.2	16716.2	19234.4	29483.1
80		300.2	660.2	419.6	891.1	1334.0	1511.2	2571.0	3583.9	1550.5	12996.7	18131.1	25818.3
81		299.8	503.9	672.8	346.5	779.4	1443.5	1368.7	2202.1	3359.1	10305.3	15866.5	21281.1
82		206.7	454.4	746.4	711.2	389.5	838.7	1660.2	1449.7	2141.6	11741.5	15332.8	20339.9
83		340.6	425.9	666.3	1110.8	1024.9	427.5	911.9	1731.2	1410.9	11875.1	15017.1	19925.1
84		296.1	787.6	818.7	1047.8	1442.0	1191.8	432.2	867.0	1641.6	10326.5	12835.1	18851.3
85		254.2	525.9	890.1	929.7	975.6	1269.0	1066.4	349.0	749.0	9066.6	10164.7	16075.6
86		357.8	558.7	783.4	1564.4	1283.5	1241.6	1563.2	1294.9	340.2	7973.4	9608.5	16961.2
87		269.7	648.7	947.7	1114.4	1706.1	1349.2	1210.8	1465.9	1142.7	6010.6	8619.2	15865.7
88		329.3	574.6	978.3	1148.5	1131.8	1727.3	1436.8	1153.9	1405.3	5702.3	8261.4	15588.1
89		197.2	710.7	872.9	1314.9	1316.9	1220.4	1749.6	1362.5	1017.3	5330.2	7710.0	15092.7
90		380.9	459.8	776.5	1229.1	1442.3	1473.2	1209.0	1611.2	1208.6	4728.2	7548.0	14519.0
91		379.4	849.9	549.2	1104.1	1591.0	1744.5	1663.0	1161.7	1372.7	4339.7	6874.0	14755.3
92		235.5	758.2	932.9	714.4	1244.3	1710.7	1752.4	1483.7	916.1	4181.4	6581.1	13929.7
93		307.9	400.7	1171.9	1539.7	827.6	1350.4	1856.2	1628.0	1306.3	3982.5	6916.8	14371.2
94		130.2	684.2	697.5	1296.8	1675.8	813.9	1375.9	1757.3	1427.9	4076.4	7261.7	13936.0
95		704.7	296.4	1119.6	911.4	1820.5	2175.7	932.9	1330.5	1611.6	4845.7	7787.8	15749.0
96		553.5	1467.9	425.5	1482.5	955.7	1901.4	2197.7	936.4	1195.3	5132.2	7264.0	16248.1
97		525.7	1549.4	2239.5	566.9	1845.5	1108.1	1979.9	2051.6	819.9	4820.3	7691.8	17317.6
98		106.8	1069.6	2322.7	3088.9	694.4	2118.7	1168.6	1858.1	1794.3	4058.6	7711.0	18094.8
99		40.2	229.6	1865.1	3575.9	4600.7	756.1	2357.6	948.3	1453.0	4156.2	6557.4	20025.7

Table 9. Yield per recruit calculaton for base case west Atlantic bluefin - equal index weighting

FULLY-REC M = 0.14 AGES = 1 TO 25 LAST AGE A PLUS GROUP? (0=no, 1=yes) 1
 PROPORTION OF NATURAL MORTALITY PRIOR TO SPAWNING = 0.0000
 PROPORTION OF FISHING MORTALITY PRIOR TO SPAWNING = 0.0000
 PROPORTION NAT. MORT. BEFORE, DURING & AFTER FISHING = 0.0000 1.0000 0.0000

AGE	NATURAL MORTALITY	WEIGHTS AT AGE (catch)	WEIGHTS AT AGE (stock)	PARTIAL RECRUITMENT	PROPORTION MATURE
1	0.140	2.7200	2.7200	0.0134	0.000
2	0.140	8.9400	8.9400	0.1235	0.000
3	0.140	19.8300	19.8300	0.3290	0.000
4	0.140	35.6800	35.6800	0.5707	0.000
5	0.140	56.3900	56.3900	0.4669	0.000
6	0.140	81.5900	81.5900	0.4248	0.000
7	0.140	110.7700	110.7700	0.5571	0.000
8	0.140	143.3000	143.3000	0.7226	1.000
9	0.140	178.6000	178.6000	0.9164	1.000
10	0.140	216.0000	216.0000	1.0000	1.000
11	0.140	255.0000	255.0000	1.0000	1.000
12	0.140	295.0000	295.0000	1.0000	1.000
13	0.140	335.5000	335.5000	1.0000	1.000
14	0.140	376.1000	376.1000	1.0000	1.000
15	0.140	416.4000	416.4000	1.0000	1.000
16	0.140	456.2000	456.2000	1.0000	1.000
17	0.140	495.2000	495.2000	1.0000	1.000
18	0.140	533.1000	533.1000	1.0000	1.000
19	0.140	569.8000	569.8000	1.0000	1.000
20	0.140	605.3000	605.3000	1.0000	1.000
21	0.140	639.3000	639.3000	1.0000	1.000
22	0.140	671.9000	671.9000	1.0000	1.000
23	0.140	702.9000	702.9000	1.0000	1.000
24	0.140	732.5000	732.5000	1.0000	1.000
25	0.140	760.5000	760.5000	1.0000	1.000

FISHING MORTALITY	CATCH NOS.	YIELD PER RECRUIT KG	EXPL. RATE YLD/BOYBIO	AVERAGE WT. KG	SSB PER RECRUIT KG	% SPR
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1065.8477	100.0000
0.0250	0.0842	19.7277	0.0205	234.1902	798.1219	74.8814
0.0500	0.1480	30.7329	0.0395	207.6405	617.5905	57.9436
0.1000	0.2394	40.3248	0.0735	168.4357	397.5015	37.2944
0.1500	0.3030	42.8148	0.1027	141.3163	274.0876	25.7155
0.2000	0.3506	42.6602	0.1280	121.6743	198.2938	18.6043
0.2500	0.3882	41.4905	0.1500	106.8887	148.5586	13.9381
0.3000	0.4189	39.9581	0.1695	95.3972	114.2518	10.7193
0.3500	0.4446	38.3387	0.1870	86.2274	89.6568	8.4118
0.4000	0.4667	36.7515	0.2029	78.7488	71.4812	6.7065
0.4500	0.4859	35.2461	0.2174	72.5377	57.7197	5.4154
0.5000	0.5028	33.8405	0.2308	67.3002	47.0933	4.4184
0.5500	0.5179	32.5381	0.2433	62.8261	38.7542	3.6360
0.6000	0.5315	31.3352	0.2551	58.9616	32.1218	3.0137
0.6500	0.5437	30.2255	0.2662	55.5916	26.7871	2.5132
0.7000	0.5549	29.2014	0.2767	52.6282	22.4551	2.1068
0.7500	0.5651	28.2554	0.2867	50.0031	18.9086	1.7740
0.8000	0.5745	27.3805	0.2962	47.6626	15.9847	1.4997
0.8500	0.5831	26.5698	0.3054	45.5636	13.5594	1.2722
0.9000	0.5912	25.8174	0.3142	43.6713	11.5371	1.0824
0.9500	0.5987	25.1178	0.3226	41.9574	9.8428	0.9235
1.0000	0.6056	24.4662	0.3307	40.3983	8.4176	0.7898
1.0500	0.6121	23.8581	0.3386	38.9745	7.2143	0.6769
1.1000	0.6183	23.2897	0.3461	37.6695	6.1951	0.5812
1.1500	0.6240	22.7575	0.3534	36.4694	5.3292	0.5000
1.2000	0.6294	22.2583	0.3604	35.3624	4.5918	0.4308
1.2500	0.6345	21.7893	0.3672	34.3383	3.9621	0.3717
1.3000	0.6394	21.3481	0.3737	33.3883	3.4234	0.3212
1.3500	0.6440	20.9323	0.3800	32.5048	2.9616	0.2779
1.4000	0.6483	20.5399	0.3861	31.6813	2.5649	0.2406
1.4500	0.6525	20.1690	0.3920	30.9119	2.2237	0.2086
1.5000	0.6564	19.8180	0.3977	30.1916	1.9298	0.1811
1.5500	0.6602	19.4854	0.4032	29.5159	1.6762	0.1573
1.6000	0.6638	19.1698	0.4085	28.8808	1.4572	0.1367
1.6500	0.6672	18.8700	0.4137	28.2828	1.2678	0.1189
1.7000	0.6705	18.5848	0.4187	27.7188	1.1038	0.1036
1.7500	0.6736	18.3131	0.4235	27.1859	0.9616	0.0902
1.8000	0.6766	18.0542	0.4281	26.6817	0.8383	0.0787
1.8500	0.6796	17.8070	0.4326	26.2039	0.7313	0.0686
1.9000	0.6823	17.5708	0.4370	25.7504	0.6383	0.0599
1.9500	0.6850	17.3449	0.4412	25.3195	0.5574	0.0523
2.0000	0.6876	17.1286	0.4452	24.9095	0.4870	0.0457

F0.1 = 0.097 F0.1 YIELD = 40.026 kg SSBPR01 = 407.27
 FMAX = 0.1681 FMAX YIELD = 42.9461 kg SSBPRMAX = 242.61
 %SSB/R (F0.1) = 38.21 %SSB/R (FMAX) = 22.76

Table 10. MSY related parameters in (a) the current assessment and (b) the 1998 assessment*

(a) Parameter	Low Recruitment Scenario				High Recruitment Scenario			
	Median	10th %ile	90th %ile	point estimate	Median	10th %ile	90th %ile	point estimate
MSY (MT)	3469	3194	3774	3463	7731	6074	9627	7504
BMSY (MT)	16811	15967	17889	16868	65916	45324	89973	65012
FMSY	0.170	0.157	0.183	0.167	0.104	0.089	0.126	0.101
SSB99/SSB75	0.193	0.119	0.308		0.211	0.123	0.333	
SSB99/SSBmsy	0.365	0.282	0.486		0.098	0.063	0.144	
Fcurrent/Fmsy	1.365	0.956	1.866		2.216	1.514	3.321	
Fcurrent/F0.1				3.71				3.71
Fcurrent/Fmax				2.14				2.14

(b) * index weighting method	1998 2-line model (low R)			1998 Beverton-Holt model (high R)		
	input	equal	iterative	input	equal	iterative
MSY (MT)	2977	2813	3334	10206	8259	11754
BMSY (MT)	13465	15820	16219	131765	106502	159585
FMSY	0.154	0.129	0.153	0.062	0.061	0.059

* For 1988 assessments, point estimates were reported.

Table 11. Probability of achieving target in 2018

Low Recruitment			High Recruitment		
Catch (mt)	SSB/SSB(75)	SSB/SSBmsy	Catch (mt)	SSB/SSB(75)	SSB/SSBmsy
500	98%	100%	500	99%	86%
1000	94%	100%	1000	99%	79%
1500	87%	100%	1500	97%	71%
2000	74%	100%	2000	87%	62%
2300	61%	99%	2300	82%	53%
2500	56%	94%	2500	74%	47%
2700	47%	86%	2700	71%	43%
3000	34%	75%	3000	62%	36%

Table 12. Extract of major regulatory measures taken for west bluefin tuna stock (COM-SCRS/00/10bis)
 Bolded Italics are those currently valid. Others are superceded by new regulations.

Year (valid since...)	WEST		
	Quota (catch limit)	Minimum size	Others
1975	• Limit on fishing mortality to recent levels [74-1]	• 6.4 kg (15% allowance in number of fish) [74-1]	
1982	Canada 250 MT Japan 305 U.S.A. 605 [81-1]		• No fishing on spawning stock (Gulf of Mexico) [82-1] ^a • No transfer of fishing effort from E to W or W to E Atlantic [82-1] ^a
1983	Canada 573.3 MT Japan 699.4 U.S.A. 1387.3 [82-1]		
1992		• 30 kg or 115 cm (8% tolerance in weight) [91-1]	Overage of quota will be reduced from following year quota [91-1]
1993	Canada 458.6 MT Japan 559.5 U.S.A. 1109.9 [92-4]		• BFSTD for frozen fish (starting in September) [92-1]
1994	Canada 458.6 MT Japan 250.0 U.S.A. 1234.8 [92-4]		• BFTSD for fresh fish (starting in June) [93-3]
1995	Canada 540.2 MT Japan 353.0 U.S.A. 1311.4 [94-12] In future: If TAC=2200-2600 above proportion If TAC >2669 Canada 21.54% Japan 26.32% U.S.A. 52.14% [94-12]	• No economic gain from fish <30kg (115cm) [94-12]	
1996	Canada 540.2 MT Japan 353.0 U.S.A. 1311.4 [94-12] Bermuda 4.0 [95-7] ^a		• BFT recovery program [95-4] ^a

Year (valid since...)	WEST		
	Quota (catch limit)	Minimum size	Others
1997	Canada 552.6 MT Japan 453.0 U.S.A. 1344.4 Bermuda 4.0 [96-4] ^a	• Penalty: excess of catch limit in one management period to be reduced by 100% of amount of such excess in next management period. [96-14] • Penalty: For 2 consecutive yrs. of excess harvest, a reduction equal to a min. of 125% of excess or possible trade restrictive measures [96-14], [97-8]	
1998	Canada 552.6 MT Japan 453.0 U.S.A. 1344.4 Bermuda 4.0 [96-4]		NEI catches should be investigated and clarified or statistics adjusted [97-3]
1999	Canada 573 MT France(OT) 4 Japan 453 U.S.A. 1387 UK (OT) 4 Discards: 79 US 85.72% Canada 7.14% Japan 7.14% • Allowance for dead discards = deduction of 79 MT or 2.82 % (whichever higher) US 85.72% Canada 7.14% Japan 7.14% ½ unused discards can be added to quota [98-7]	• Tolerance: in average each 4 yr period, fish <40 kg or <155cm limited to <8% (in weight) of total BFT quota on national basis [98-7] • Encourage tag & release of BFT <30 kg or <115 cm FL, by commercial & recreational fishermen [98-7] • Overages/underages in quotas/catch limits to be added/subtracted according to adjustment year [98-13]	
2000			

Table 13. Estimated catch compared with catch limits for west bluefin.

Year	Estimated catch (MT)	Estimated landing (MT)	Estimated discards (MT)	Catch Limit (MT) (Discards)
1981	5771	5771	0	
1982	1445	1445	0	1160
1983	2542	2542	0	2660
1984	2292	2292	0	2660
1985	2685	2685	0	2660
1986	2322	1808	514	2660
1987	2560	2400	160	2660
1988	2913	2796	117	2660
1989	2794	2605	189	2660
1990	2806	2665	141	2660
1991	2981	2793	188	2660
1992	2286	2070	216	2660
1993	2380	2280	100	2128
1994	2114	2029	85	1943
1995	2439	2285	154	2205
1996	2496	2328	168	2209
1997	2324	2148	176	2354
1998	2652	2531	121	2354
1999	2771	2609	162	2421 (79)

Table 14. Weight and percentage in catch of bluefin tuna less than 115 cm in fork length in west Atlantic.

	Weight of fish less than 115cm	Weight of fish eq. or greater than 115cm	Total weight	Percent of fish less than 115cm in weight	Total number of fish
1987	327299	2329722	2657022	12.32	44224
1988	345181	2791239	3136420	11.01	48070
1989	192034	2708692	2900727	6.62	34521
1990	408407	2426872	2835280	14.40	41687
1991	414693	2596283	3010977	13.77	47077
1992	122350	2274305	2396655	5.11	23087
1993	140245	2146203	2286448	6.13	23225
1994	67735	2008772	2076508	3.26	20464
1995	110421	2341803	2452224	4.50	25075
1996	120099	2403859	2523959	4.76	27163
1997	153825	2260939	2414765	6.37	22464
1998	113389	2592262	2705652	4.19	22584
1999	61262	2848371	2909634	2.11	20492

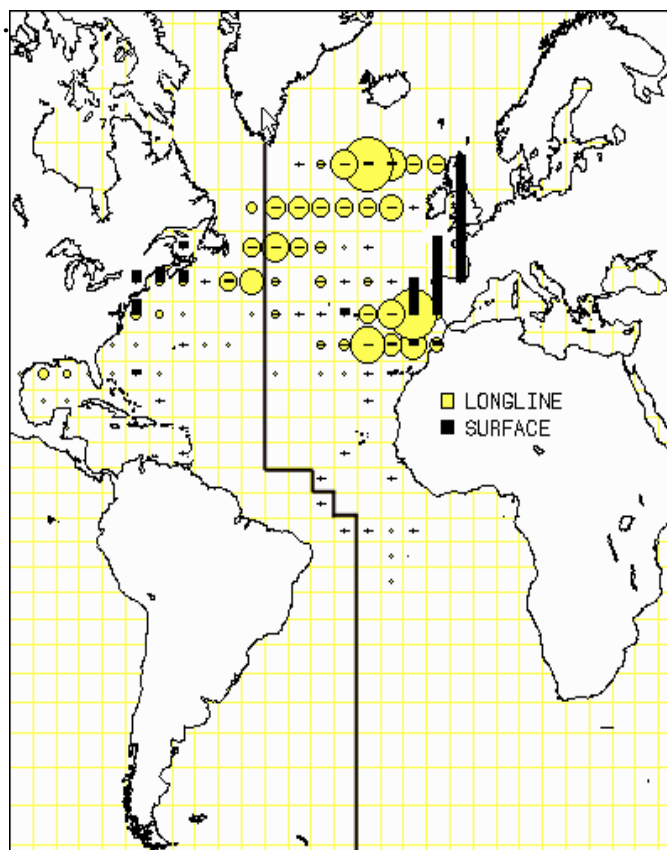


Fig 1 - Distribution of Atlantic bluefin catches (Mediterranean excluded) by longline (in circles) and surface gears (histogram), accumulative for the period of 1995-1997. The line dividing for east and west stocks is also shown. Mediterranean catches are too high to be shown.

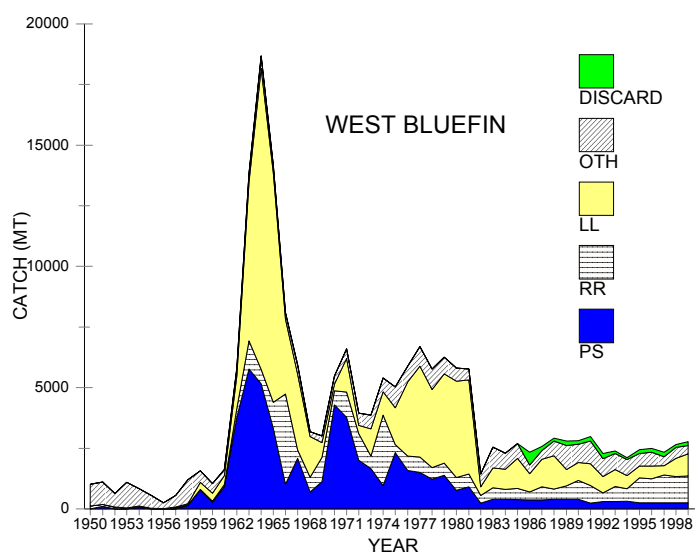


Fig. 2. West Atlantic bluefin catches by gear and discards (1950-1999)

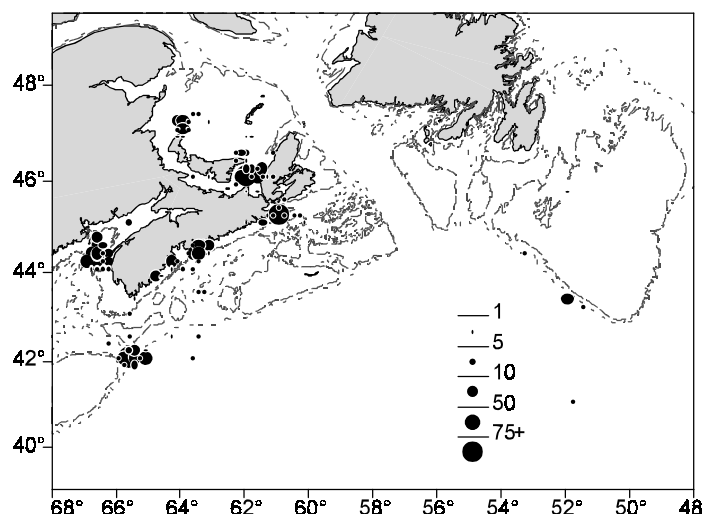


Fig. 3. Canadian bluefin catch from log record data aggregated by 10 minute rectangles for the 1999 fishery (SCRS/00/44). St. Margaret's Bay trap catches are not shown on this plot. (NS, Nova Scotia; NB, New Brunswick; PEI, Prince Edward Island; NFLD, Newfoundland).

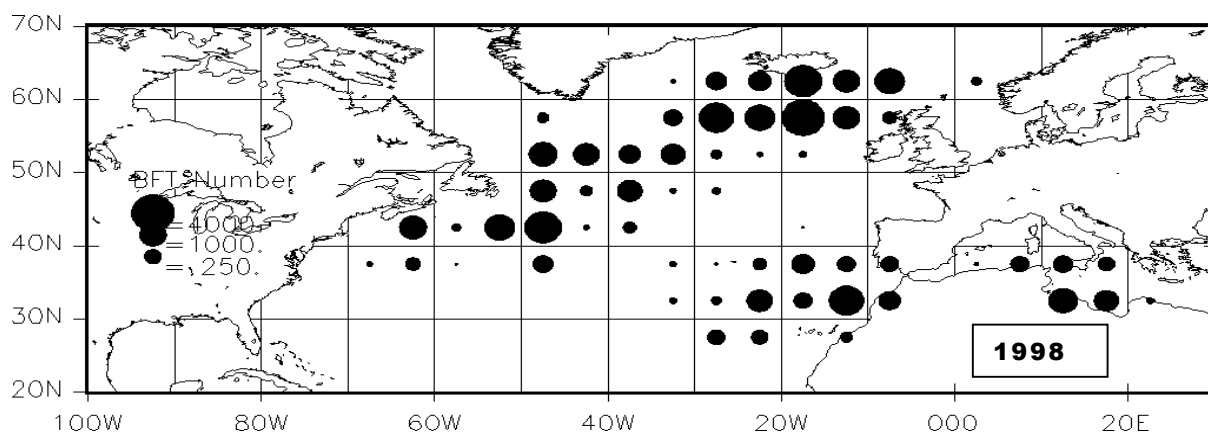


Fig. 4. Distribution of bluefin catch in number by the Japanese longline fishery in 1998 (data for 1999 are still preliminary (SCRS/00/133)).

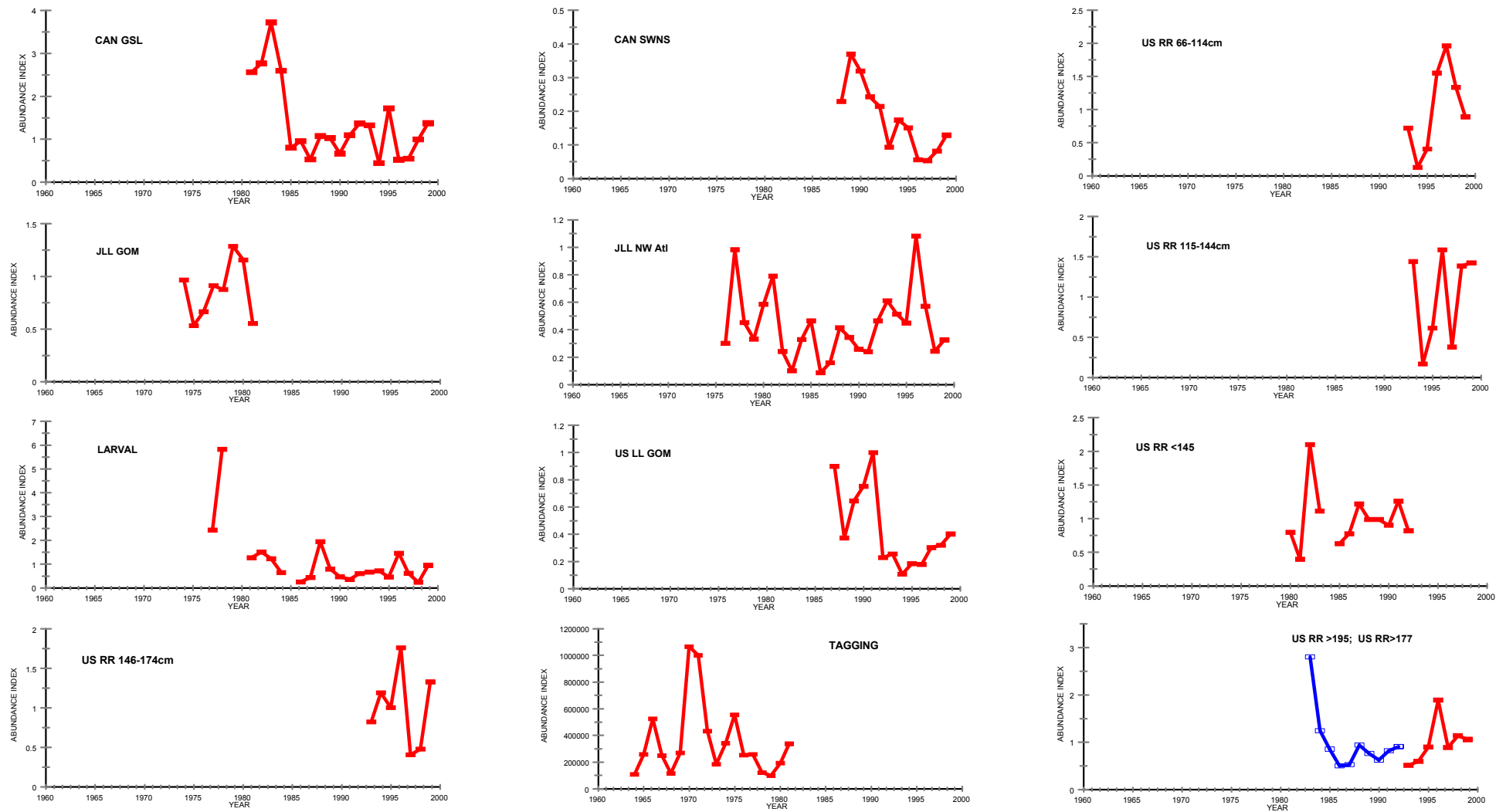


Fig. 5. Catch rates time series available and used in the base case ADAPT assessments (except US RR 145-175, Tagging and US RR>195, >177 series).

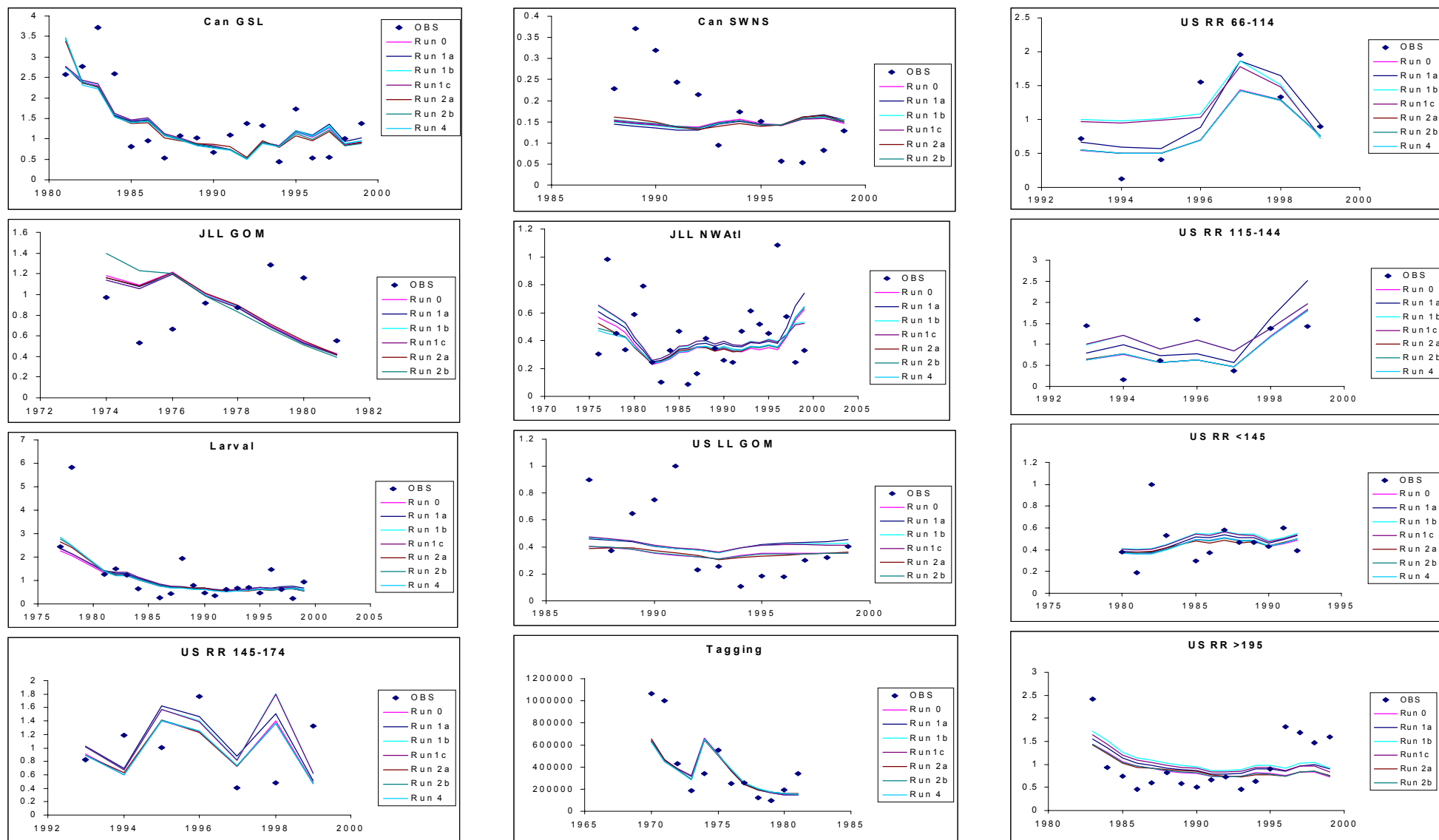


Fig. 6. Observed abundance indices and predicted ones for the base case assessment (Run 0) and various sensitivity runs

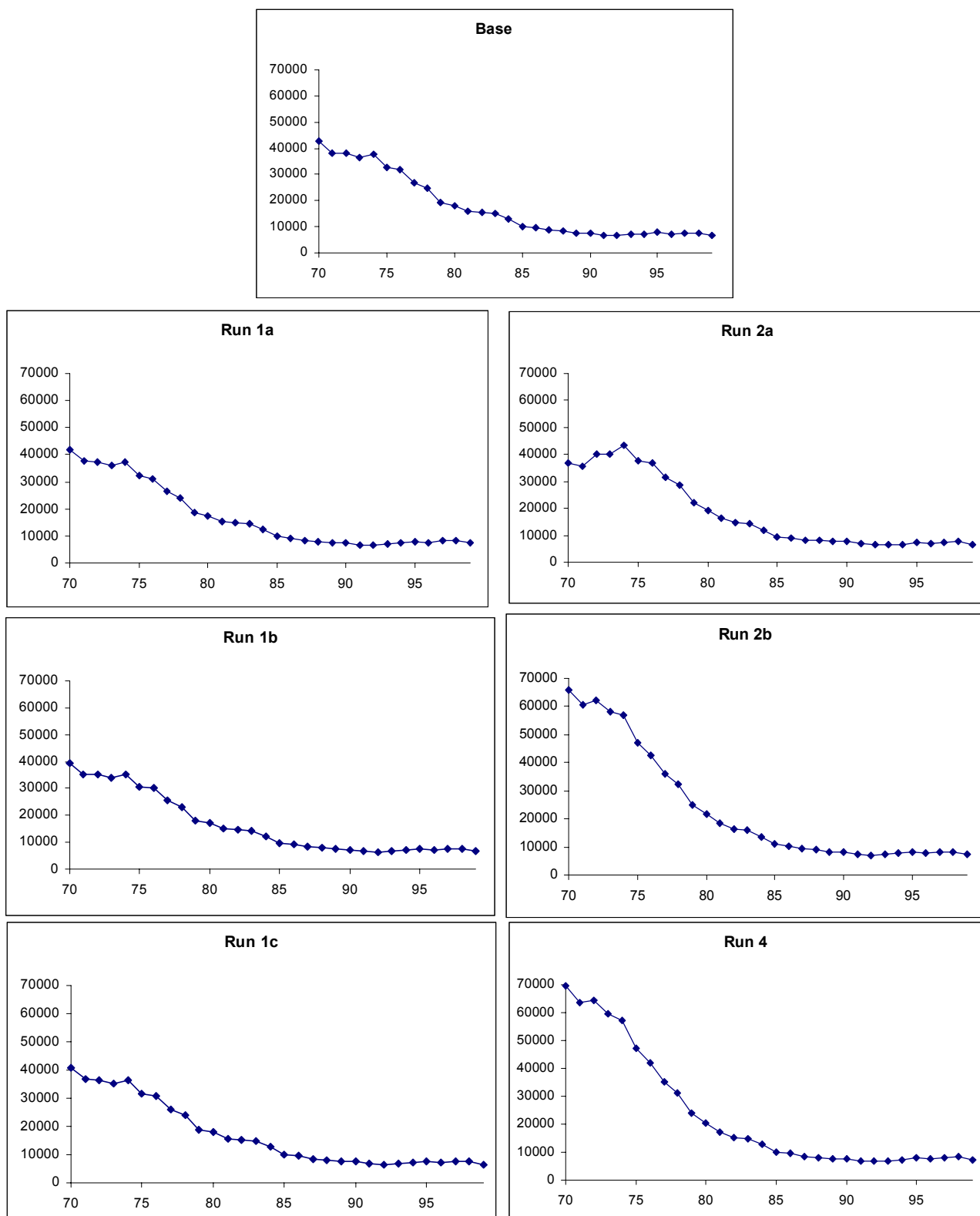


Fig. 7a. Spawning stock biomass, estimated by various ADAPT runs.

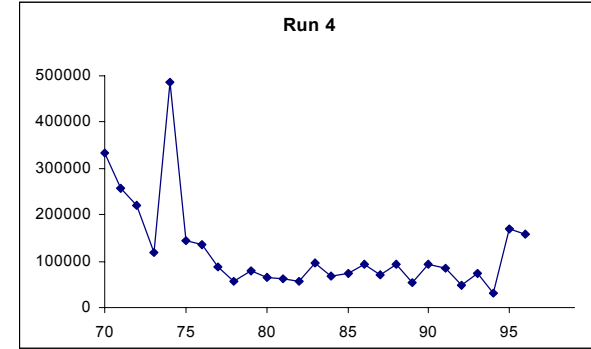
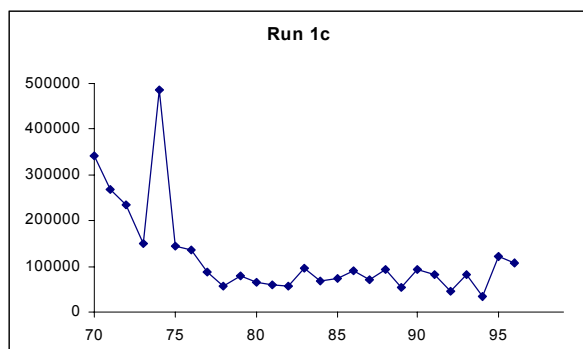
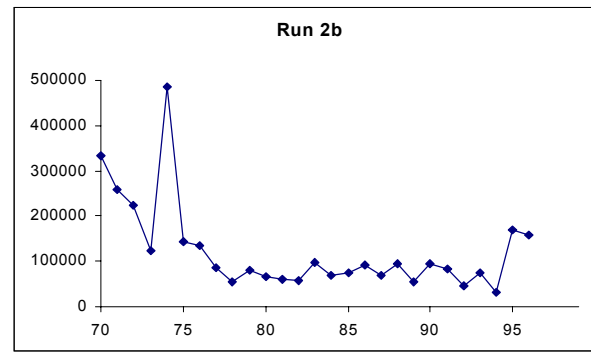
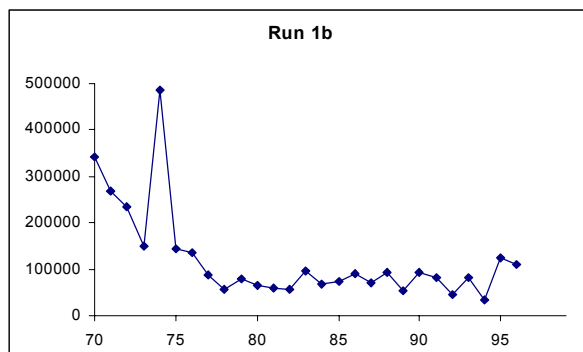
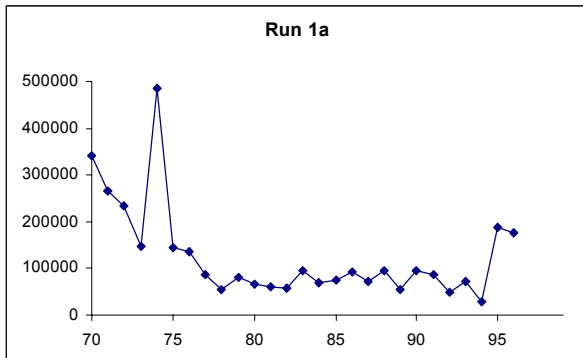
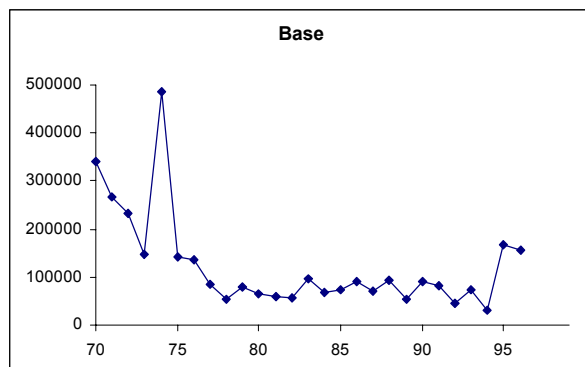


Fig. 7b. Recruitment estimates for various ADAPT runs.

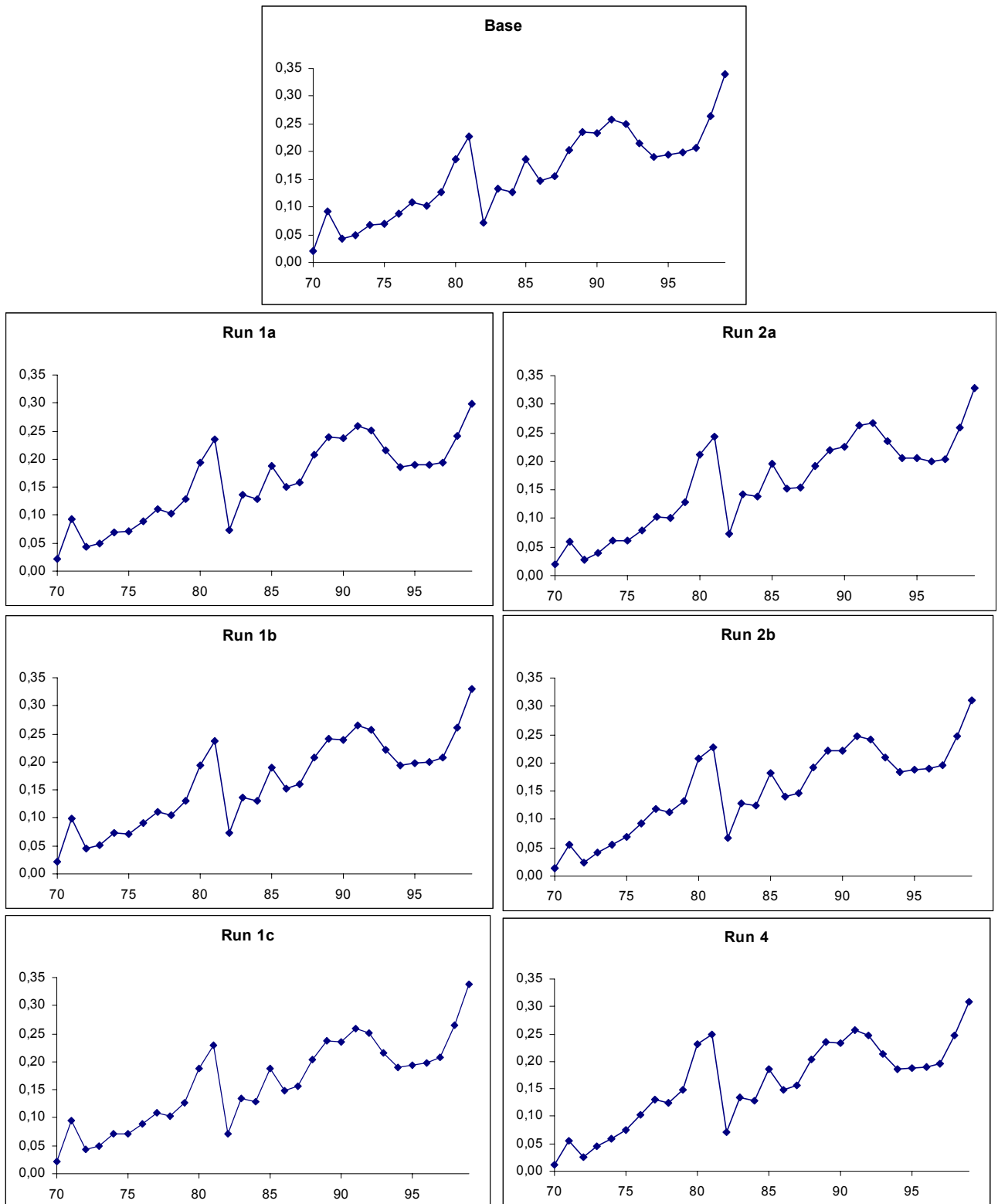


Fig. 7c. Fishing mortality rate (F) estimates (for ages 8 and older) for various ADAPT runs.

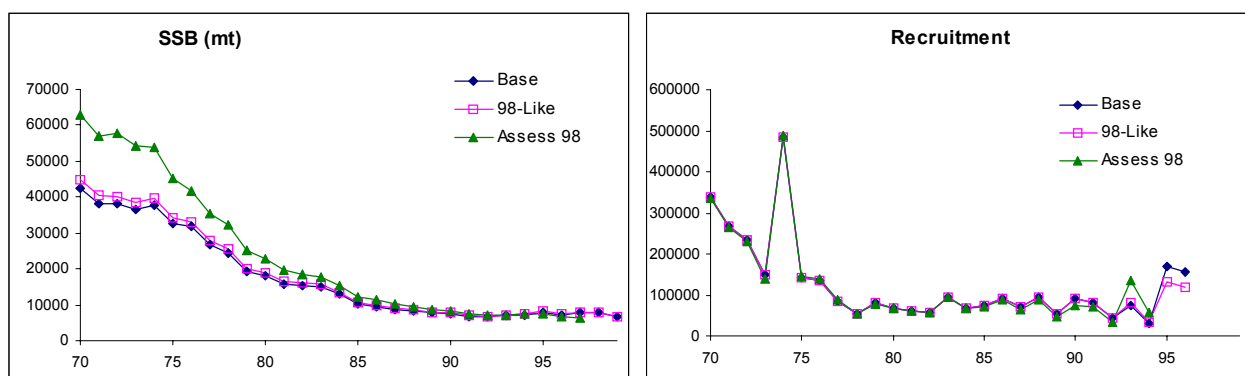


Fig. 8. Comparison of results between the base case assessment for 2000, a base case assessment from 1998, and a sensitivity run with a model like the 1998 assessment using data from 2000.

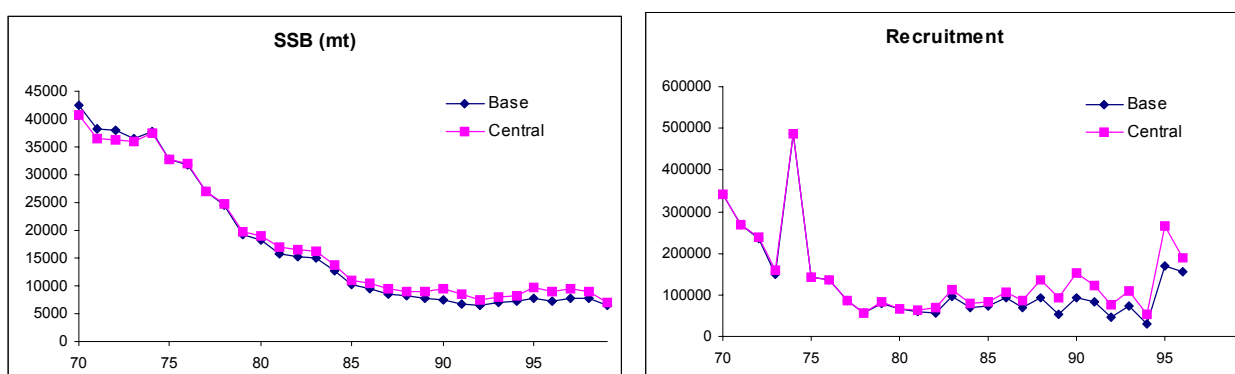


Fig. 9. Comparison between the base case and an illustrative sensitivity run that adds data from the central north Atlantic to the western stock.

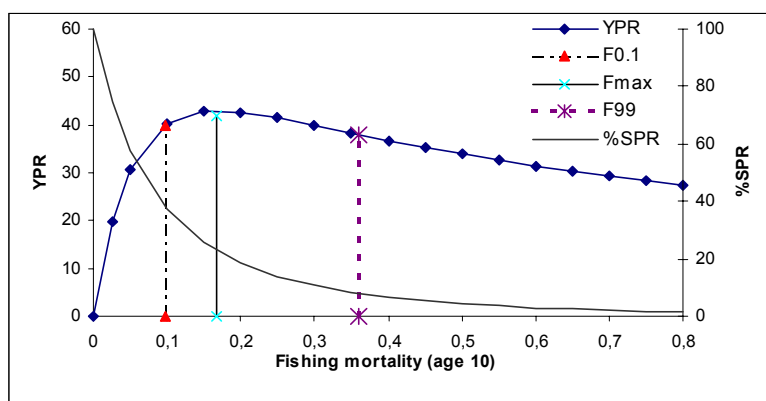


Fig. 10. Yield per recruit analysis for base case, showing $F_{0.1}$, F_{MAX} and $F_{CURRENT}$.

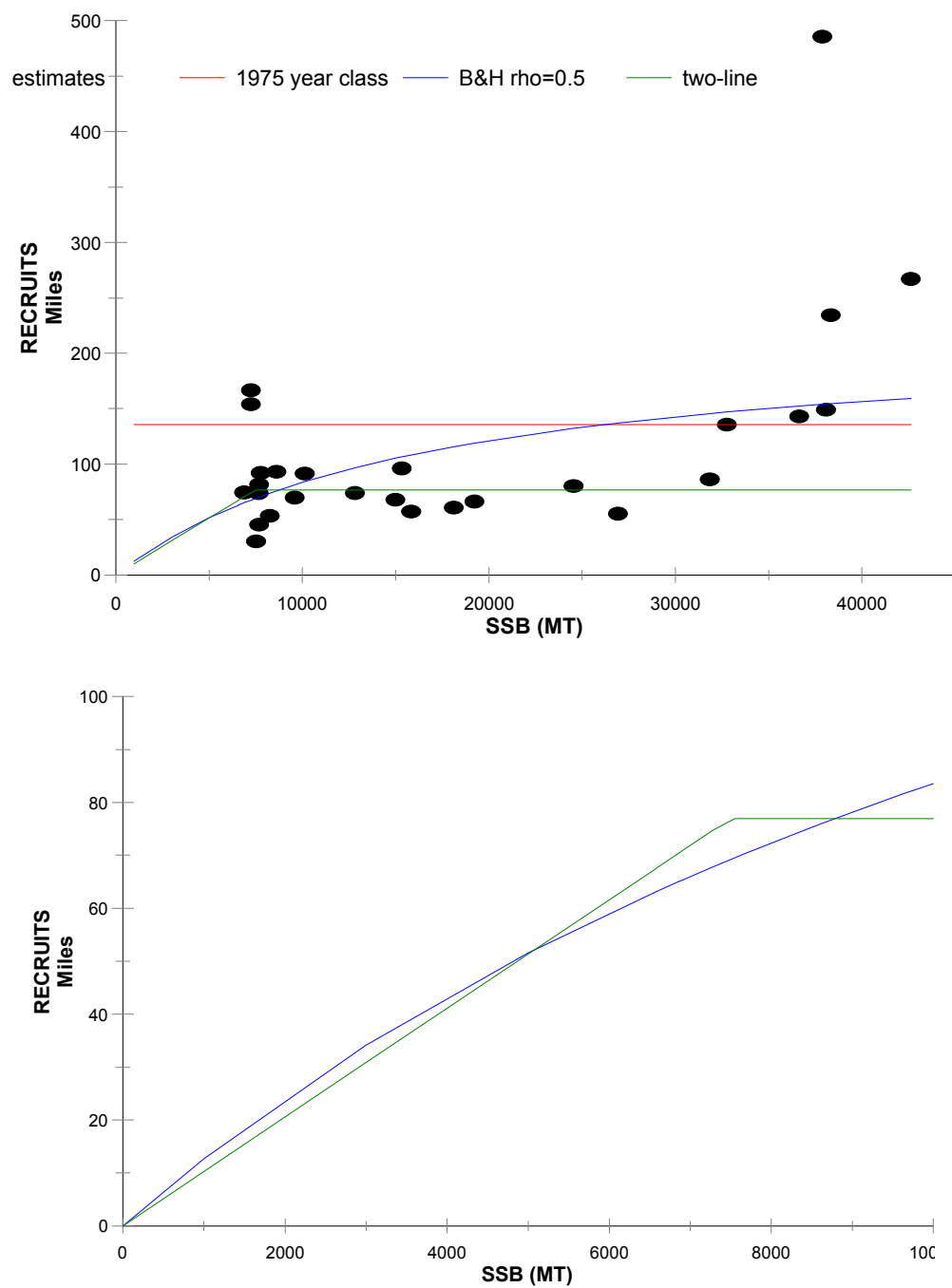
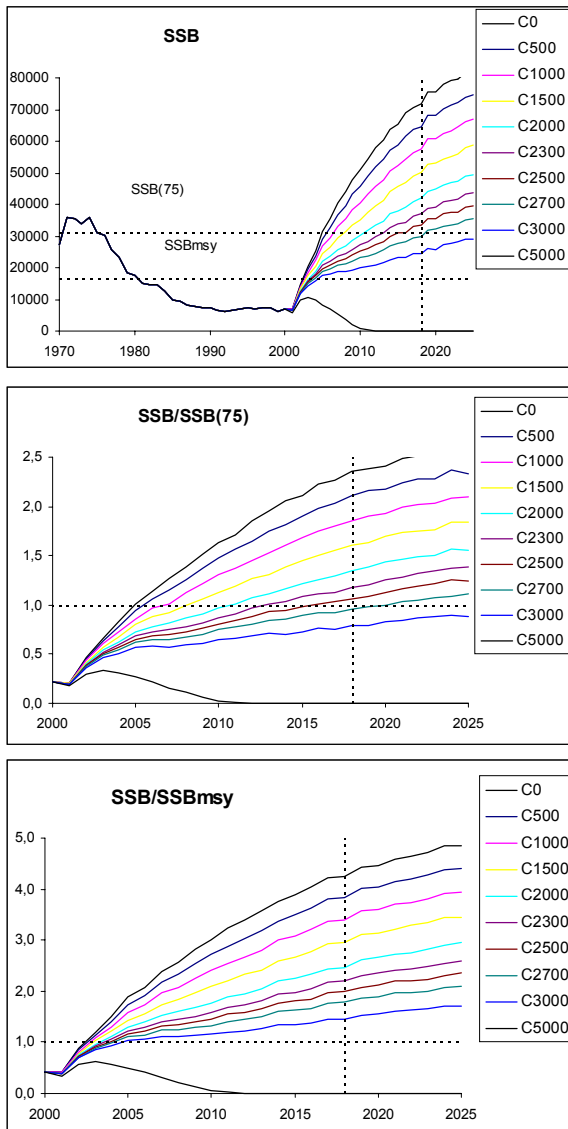


Fig. 11. Fits of 2-line and Beverton-Holt models to stock-recruitment data for the base case.

Median results for Low Recruitment



Median results for High Recruitment

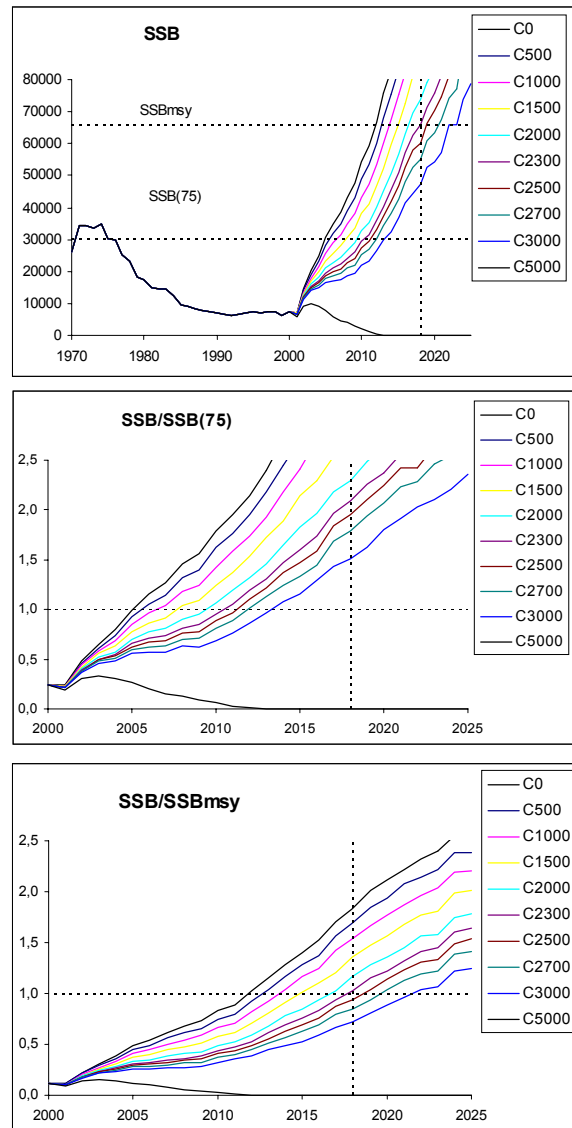


Fig. 12. Median projections of spawning stock biomass (SSB) with various levels of constant annual catches, expressed in absolute terms, relative to 1975 levels, and relative to estimates of B_{MSY} from the low (left) and high (right) recruitment scenarios.

Projected Catch of 2000 mt

Projected Catch of 2300 mt

Projected Catch of 2500 mt

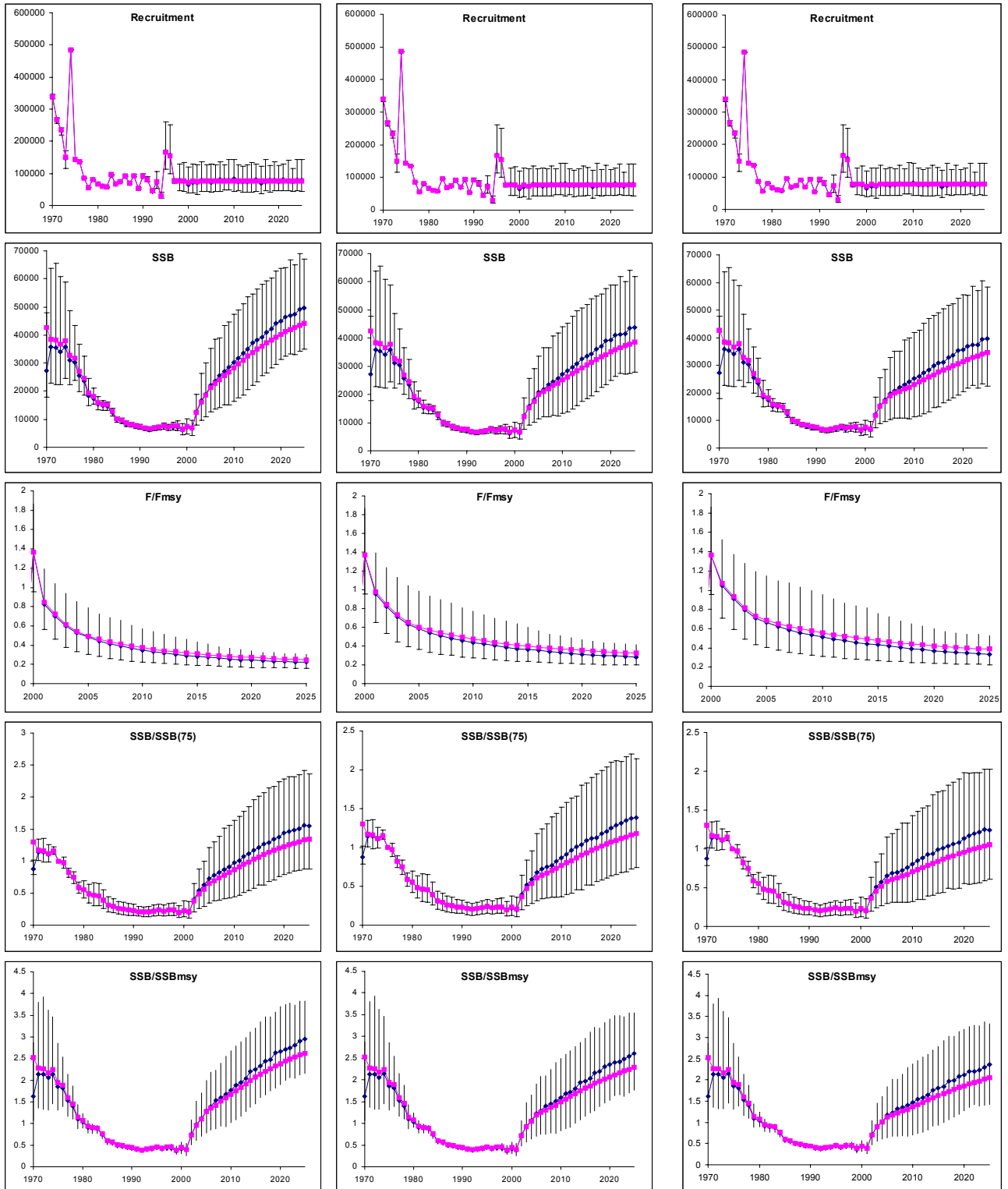
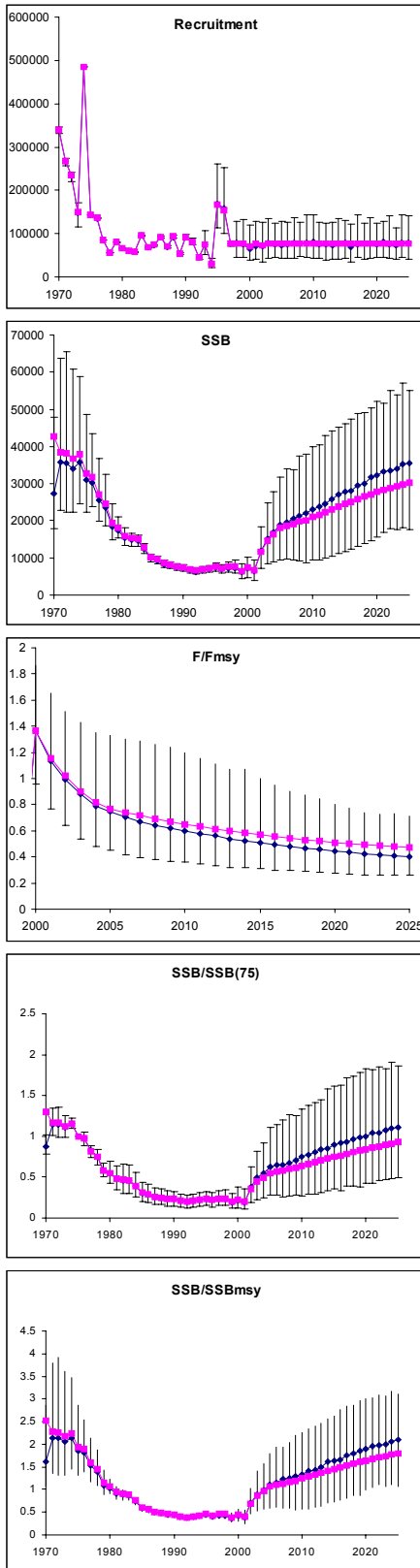


Fig. 13. Deterministic and medians projections with 80% bootstrapped confidence intervals for the base case low recruitment scenario for recruitment, spawning stock biomass (SSB), F/F_{MSY} , SSB/SSB_{75} , and SSB/SSB_{MSY} .

Projected Catch of 2700 mt



Projected Catch of 3000 mt

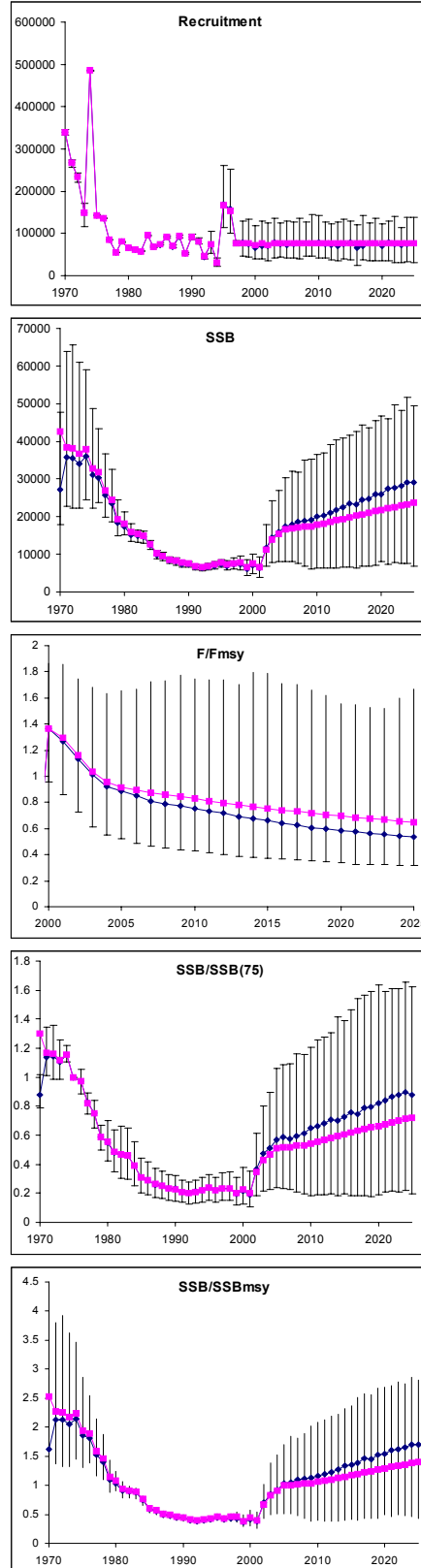


Fig. 13. Continued.

Projected Catch of 2000 mt

Projected Catch of 2300 mt

Projected Catch of 2500 mt

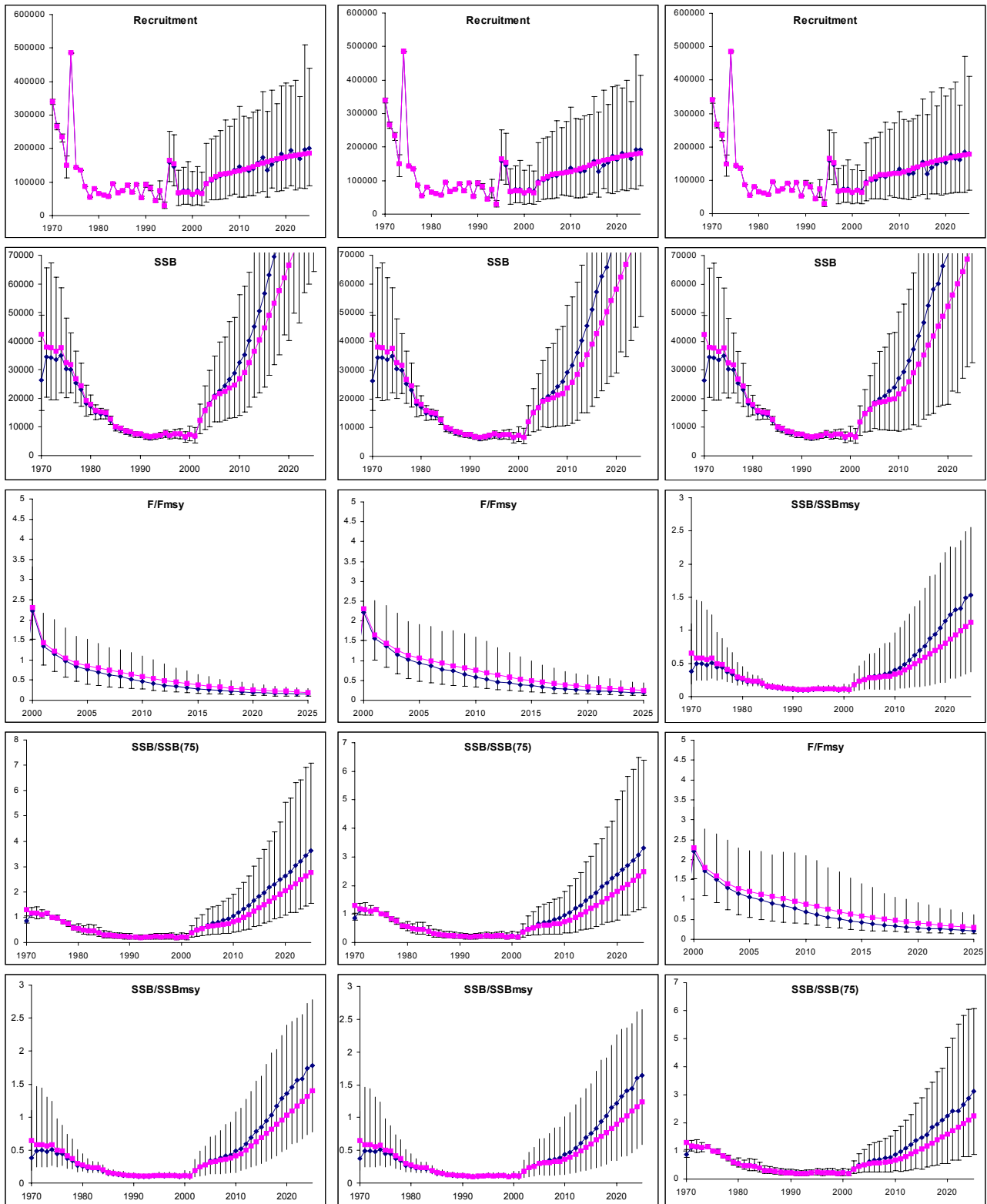
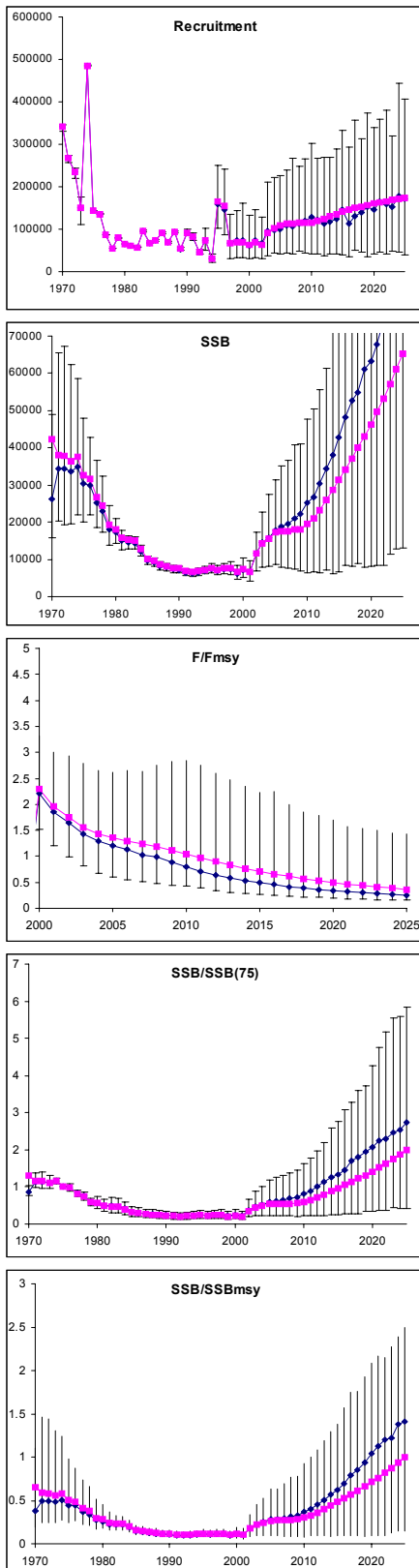


Fig. 14. Deterministic and medians with 80% bootstrapped confidence intervals for the base case high recruitment scenario projections for recruitment, spawning stock biomass (SSB), F/F_{MSY} , SSB/SSB_{75} , and SSB/SSB_{MSY} .

Projected Catch of 2700 mt



Projected Catch of 3000 mt

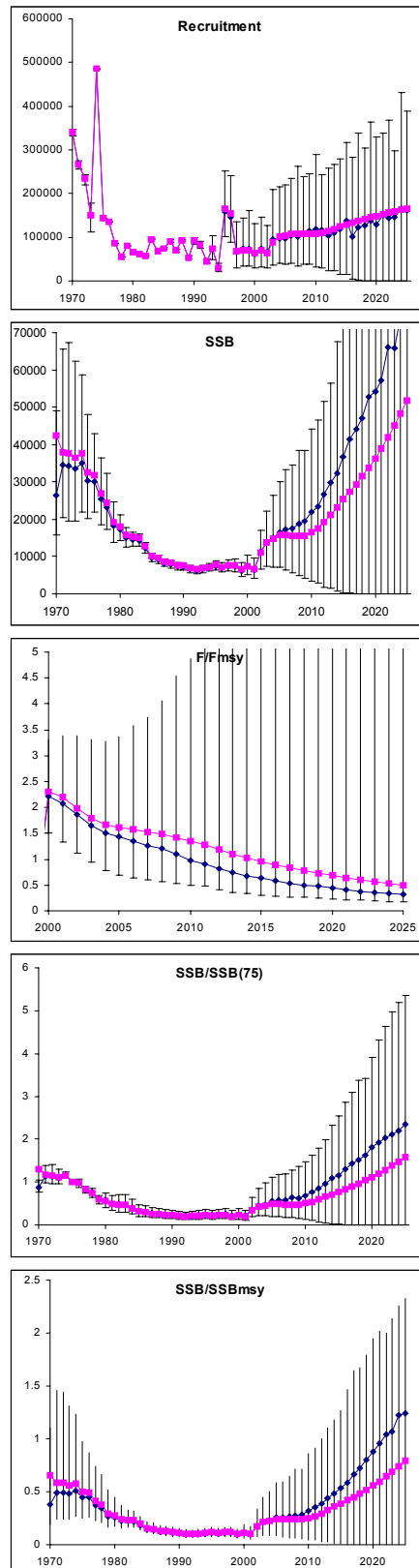


Fig. 14. Continued.

Recruitment Estimates Dropping Last 3 Years

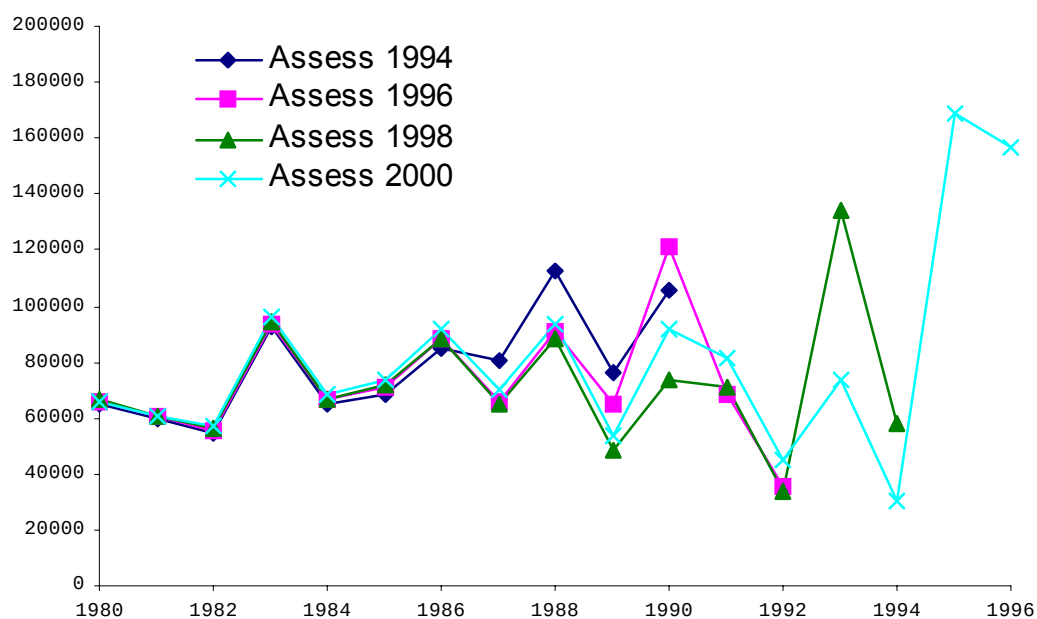


Fig. 15. Estimates of year class size from the base case assessments conducted in the years 1994, 1996, 1998 and currently, showing the tendency for large year classes estimated in one assessment to not be substantiated in the next. The reverse also sometimes occurs.

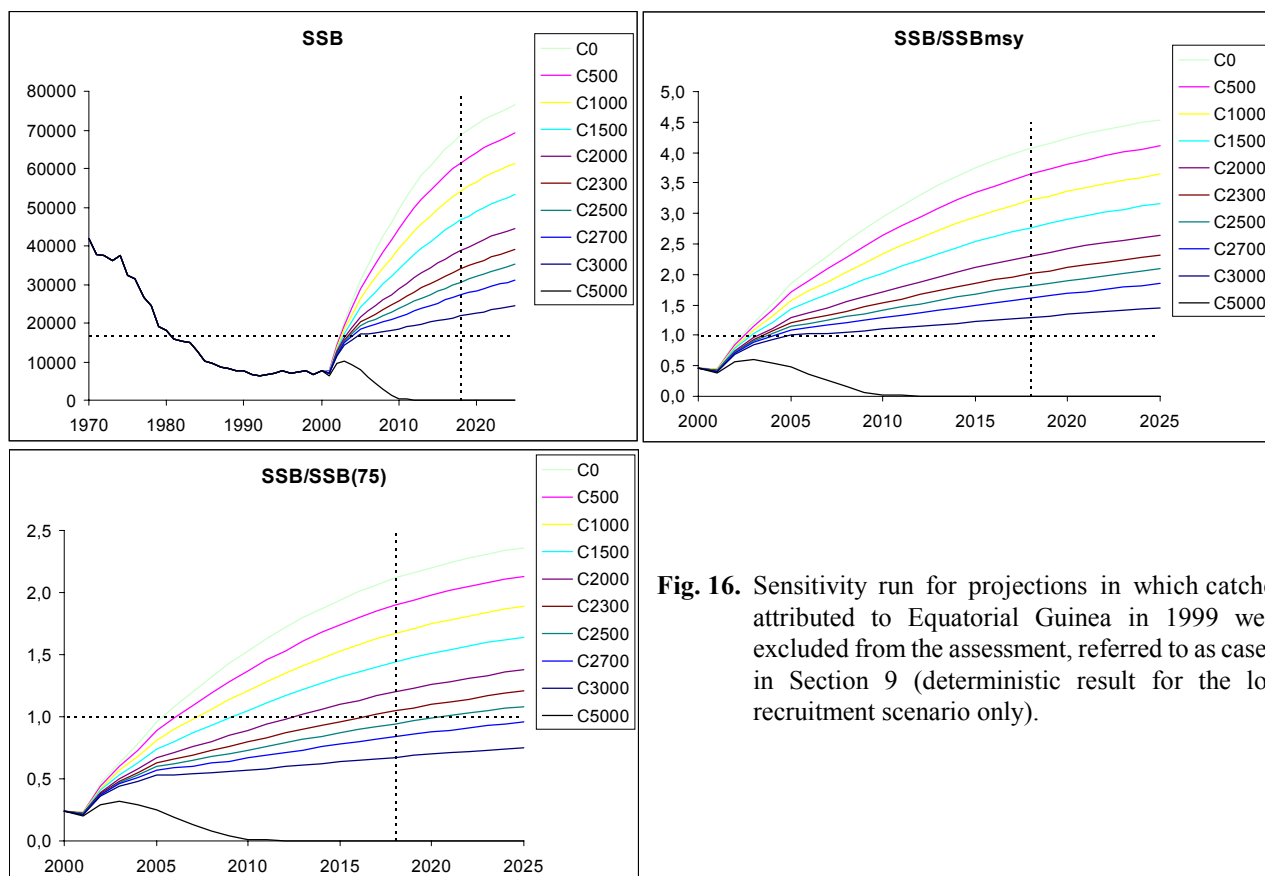


Fig. 16. Sensitivity run for projections in which catches attributed to Equatorial Guinea in 1999 were excluded from the assessment, referred to as case 5 in Section 9 (deterministic result for the low recruitment scenario only).

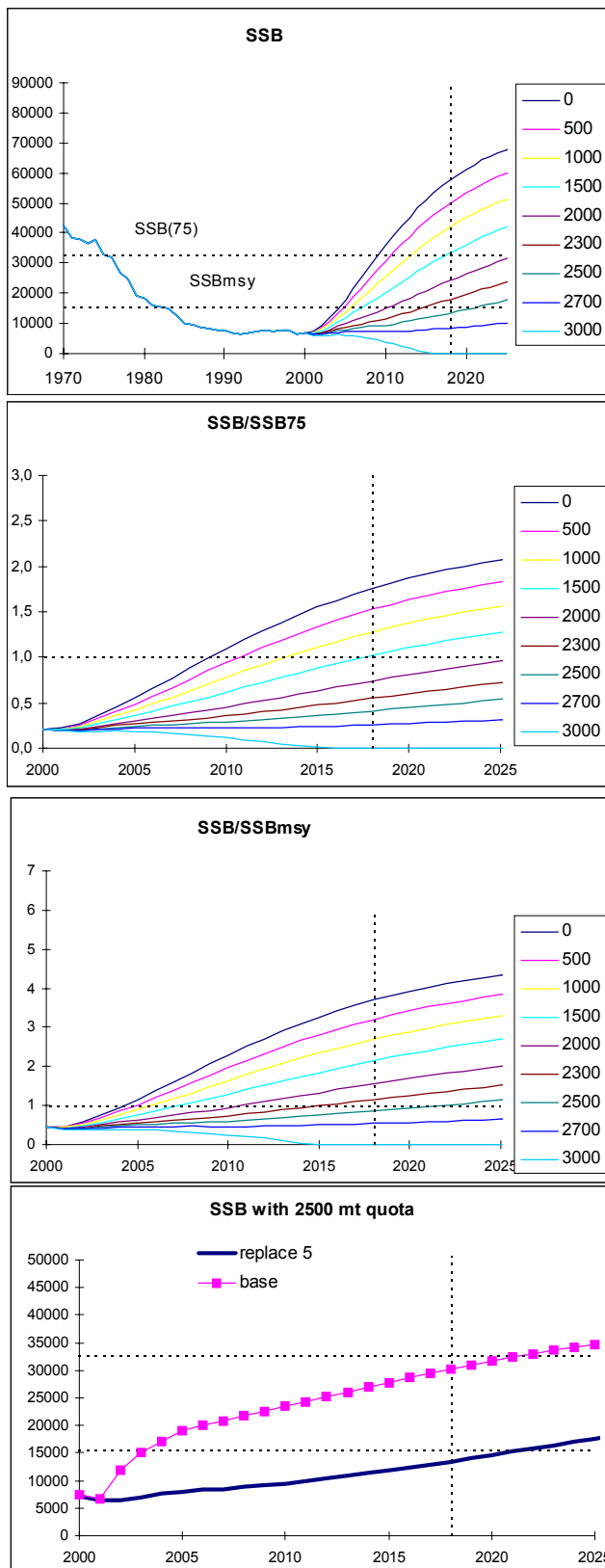


Fig. 17. Sensitivity run for projections in which the 1994 and 1995 year classes were substituted by recruitments computed from a stock recruitment relationship incorporating data from the earlier years only (deterministic result for the low recruitment scenario only).

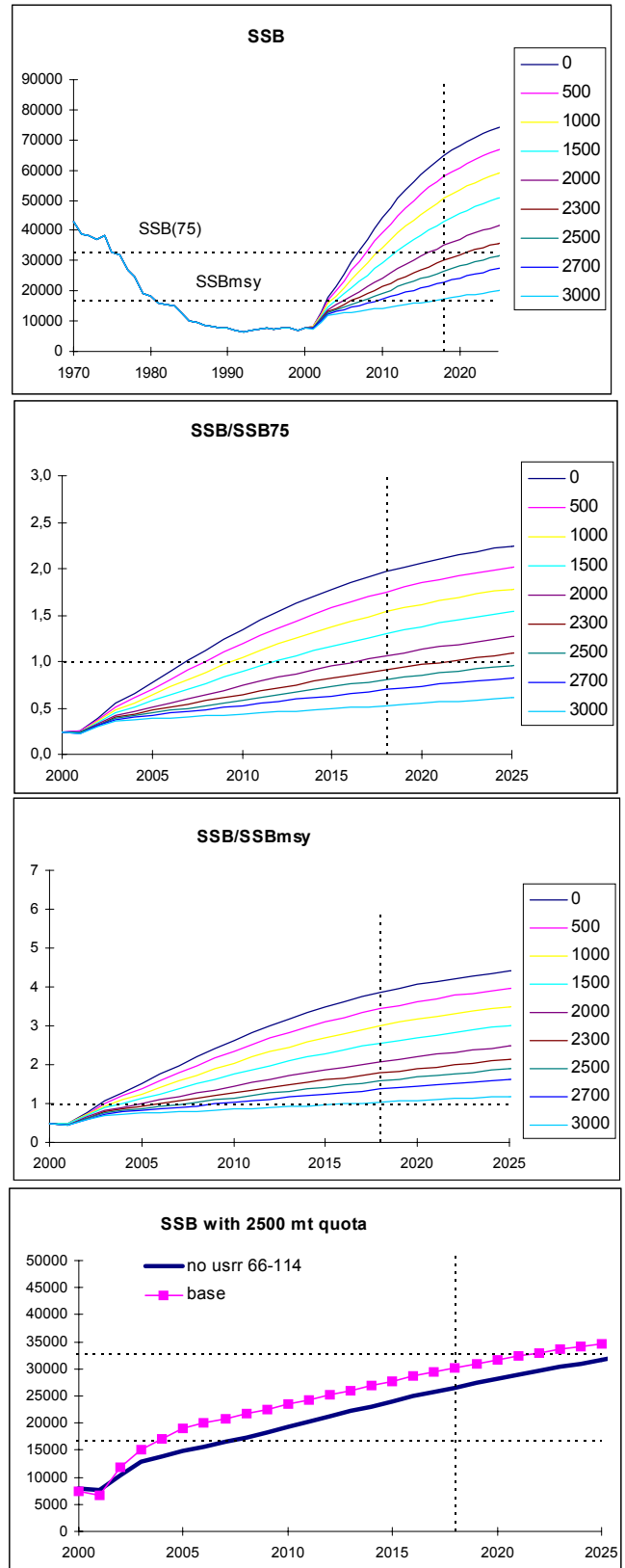


Fig. 18. Sensitivity run for projections in which the US rod and reel 66-114 cm index was excluded from the assessment, referred to as case 6 in Section 9 (deterministic result for the low recruitment scenario only).

AGENDA

- 1 Opening and meeting arrangements
- 2 Review of Methods Working Group
- 3 Review of GFCM/ICCAT Meeting
- 4 Review of recent developments in fisheries
- 5 Catch statistics
- 6 Stock structure & biological parameters
- 7 Relative abundance indices
- 8 Environmental influences
- 9 Assessments and methods
- 10 Projections
- 11 Effect of regulatory measures
- 12 Recommendations:
 - 12.1 Statistics
 - 12.2 Research
 - 12.3 Management
- 13 Adoption and closing

ORDRE DU JOUR

- 1 Ouverture et organisation de la réunion
- 2 Examen de la réunion du Groupe de travail sur les Méthodes
- 3 Examen de la réunion CGPM/ICCAT
- 4 Examen des faits nouveaux intervenus dans les pêcheries
- 5 Statistiques de capture
- 6 Structure des stocks et paramètres biologiques
- 7 Indices d'abondance relatives
- 8 Influences environnementales
- 9 Évaluations et méthodes
- 10 Projections
- 11 Effet des mesures de réglementation
- 12 Recommandations:
 - 12.1 Statistiques
 - 12.2 Recherche
 - 12.3 Gestion
- 13 Adoption et clôture

ORDEN DEL DÍA

- 1 Apertura y disposiciones para la reunión
- 2 Examen de la Reunión del Grupo de Trabajo sobre Métodos
- 3 Examen de la Reunión CGPM/ICCAT
- 4 Examen de desarrollos recientes en pesquerías
- 5 Estadísticas de captura
- 6 Estructura del stock y parámetros biológicos
- 7 Abundancia relativa y CPUE
- 8 Influencias medioambientales
- 9 Evaluaciones y métodos
- 10 Proyecciones
- 11 Efecto de las medidas regulatorias
- 12 Recomendaciones:
 - 12.1 Estadísticas
 - 12.2 Investigación
 - 12.3 Ordenación
- 13 Adopción del informe y clausura

LIST OF PARTICIPANTS/ LISTE DES PARTICIPANTS/LISTA DE PARTICIPANTES

CANADA

Porter, Julie M.

DFO -St. Andrews Biological Station, 531 Brandy Cove Rd., St. Andrews, New Brunswick E5B 2L9
Tel: +1 506 529 5902; Fax: +1 506 529 5862; E-Mail: porterjm@mar.dfo-mpo.gc.ca

EUROPEAN COMMUNITY / COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE/COMUNIDAD EUROPEA

Rodríguez-Marin, Enrique

Instituto Español de Oceanografía, Promontorio de San Martín, s/n, 39012 - Santander (Spain)
Tel: +34 94 229 1060; Fax: +34 94 227 5072; E-Mail: rodriguez.marin@st.ieo.es

JAPAN / JAPON

Hiramatsu, Kazuhiko

National Research Institute of Far Seas Fisheries, 7-1, 5 Chome Orido, Shimizu - Shizouka 424-8633
Tel: +81 54 336 6014; Fax: +81 54 335 9642; E-Mail: hira@enyo.affrc.go.jp

Miyabe, Naozumi

National Research Institute of Far Seas Fisheries, 7-1 5 Chome Orido, Shimizu - Shizouka 424-8633
Tel: +81 54 336 6045; Fax: +81 54 335 9642; E-Mail: miyabe@enyo.affrc.go.jp

Suzuki, Ziro

National Research Institute of Far Seas Fisheries, 7-1, 5-Chome Orido; Shimizu - Shizouka 424-8633
Tel: +81 54 336 6041; Fax: +81 54 335 9642; E-Mail: suzuki@enyo.affrc.go.jp

UNITED STATES / ÉTATS-UNIS/ESTADOS UNIDOS

Babcock, Elisabeth

Wildlife Conservation Society, Marine Conservation Program - Bronxzo, Bronx, N.Y. 10460
Tel: +1 718 319 8498; Fax: +1 718 364 4275; E-Mail: bbabcock@wcs.org

Butterworth, Doug S.

Dept.of Mathematics & Applied Mathematics, U. of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa
Tel: +27 21 650 2343; Fax: +27 21 650 2334; E-Mail: dll@maths.uct.ac.za

Geromont, Helena

Dept.of Mathematics & Applied Mathematics, U. of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa
Tel: +27 21 650 3656; Fax: +27 21 686 0477; E-Mail: helena@maths.uct.ac.za

Hester, Frank J.

LMR Fisheries Research, Inc., 2726 Shelter Is. Dr. # 369, San Diego, CA 92106
Tel: +1 858 792 6515; Fax: +1 858 792 6519; E-Mail: fhester52@aol.com

Legault, Christopher

NMFS/Southeast Fisheries Center, Miami Laboratory, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4218; Fax: +1 305 361 4560; E-Mail: chris.legault@noaa.gov

McAllister, Murdoch K.

T.H. Huxley School of Environment, Earth Sciences & Engineering Imperial College, Room 402
Royal School of Mines, Prince Consort Road, London SW7 2BP (United Kingdom)
Tel: +44 207 594 9330; Fax: +44 207 589 5319; E-Mail: m.mcallister@ic.ac.uk

Mace, Pamela

NMFS-Northeast Fisheries Science Center, 166 Water St., Woods Hole, Massachusetts 02543-1026
Tel: +1 508 495 2357; Fax: +1 508 495 2393; E-Mail: pamela.mace@noaa.gov

Porch, Clarence E.

NMFS-Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, FL. 33149-1099
Tel: +1 305 361 4232; Fax: +1 305 361 4219; E-Mail: clay.porch@noaa.gov

Powers, Joseph E.

SCRS Chairman, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Dr. Miami, FL 33149-1099
Tel: +1 305 361 4295; Fax: +1 305 361 4278; E-Mail: joseph.powers@noaa.gov

Scott, Gerald P.

NMFS-Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, FL. 33149-1099
Tel: +1 305 361 4220; Fax: +1 305 361 4219; E-Mail: gerry.scott@noaa.gov

Sissenwine, Michael P.

NMFS-Northeast Fisheries Science Center, Office of the Science & Res. Director, 166 Water St.
Woods Hole, Massachusetts 02543-1026
Tel: +1 508 495 2233; Fax: +1 508 495 2232; E-Mail: michael.sissenwine@noaa.gov

Turner, Stephen C.

NMFS-Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, FL 33149-1099
Tel: +1 305 361 4482; Fax: +1 305 361 4562; E-Mail: steve.turner@noaa.gov

ICCAT SECRETARIAT /SECRÉTARIAT DE L'ICCAT/ SECRETARÍA DE ICCAT

Corazón de María, 8, Madrid, Spain 28002
Tel: + 34 91 416 5600; Fax: + 34 91 415 2612; E-Mail: infor@iccat.es

Kebe, Papa

Systems Analyst
E-Mail: papa.kebe@iccat.es

Miyake, Peter M.

Assistant Executive Secretary
E-Mail: peter.miyake@iccat.es

Palma, Carlos

Biostatistician
E-Mail: carlos.palma@iccat.es

Restrepo, Victor

Population Dynamicist
E-Mail: victor.restrepo@iccat.es

LIST OF DOCUMENTS/ LISTE DES DOCUMENTS/ LISTA DE DOCUMENTOS

SCRS/00/15	Unreported catches of Atlantic bluefin (Preliminary report) - ICCAT Secretariat
SCRS/00/33	Possible extensions to the ADAPT VPA model applied to western North Atlantic bluefin tuna, addressing in particular the need to account for "additional variance" - H. F. Geromont, D.S. Butterworth
SCRS/00/35	Comparisons of index weighting schemes for tuned Virtual Population Analyses - C. M. Legault, C.E. Porch
SCRS/00/44	Updated standardized CPUE indices for Canadian bluefin tuna fisheries based on commercial catch rates - H. H. Stone, M. Ortiz, J.M. Porter
SCRS/00/91	New results on the reproductive biology of the bluefin tuna (<i>Thunnus thynnus</i>) in the Mediterranean - V. Susca, A. Corriero, M. Deflorio, C.R. Bridges, G. de Metrio
SCRS/00/94	Qualitative evaluation of CPUE series used for west Atlantic bluefin stock assessment - Z. Suzuki
SCRS/00/95	Summary of pop-up satellite tagging efforts on giant bluefin tuna in the joint US-Canadian Program, Gulf of Maine and Canadian Atlantic - M. Lutcavage, R. Brill, J. Porter, P. Howey, E. Murray Jr., A. Mendillo, W. Chaprales, M. Genovese, T. Rollins
SCRS/00/96	Updated standardized catch rates of bluefin tuna, <i>Thunnus thynnus</i> , from the rod and reel/handline fishery off the northeast United States during 1980-1999 - C.A. Brown, S.C. Turner
SCRS/00/97	Revised estimates of bluefin tuna dead discards by the U.S. Atlantic pelagic longline fleet, 1992-1999 - C.A. Brown
SCRS/00/98	Virtual population analyses of Atlantic bluefin tuna with alternative models of transatlantic migration: 1970-1997 - C.E. Porch, S.C. Turner, J.E. Powers
SCRS/00/99	Still another option for ADAPT: tuning to independent estimates of mortality rate with application to West Atlantic bluefin tuna - C.E. Porch
SCRS/00/100	Updated catch-at-age analyses of West Atlantic bluefin tuna 1960-1997 - C.E. Porch, S.C. Turner, G.P. Scott
SCRS/00/101	Updated index of bluefin tuna (<i>Thunnus thynnus</i>) spawning biomass from Gulf of Mexico Ichthyoplankton Surveys - G.P. Scott, S.C. Turner
SCRS/00/102	Standardized catch rates for large bluefin tuna, <i>Thunnus thynnus</i> , from the US pelagic longline fishery in the Gulf of Mexico and off the Florida east coast - J. Cramer, M. Ortiz
SCRS/00/103	Using Bayesian methods to improve stock assessment and management of stock rebuilding when there is uncertainty in processes affecting future recruitment - M. McAllister, E.A. Babcock, E.K. Pikitch

- SCRS/00/104 Evaluating the relative merits of alternative methods to weight different time series of abundance indices in stock assessment - M. McAllister, E.A. Babcock, E.K. Pikitch
- SCRS/00/105 Simulation testing as an approach to evaluate the reliability of assessment methods: an example involving initial consideration of the one/two stock hypotheses for North Atlantic bluefin tuna - D.S. Butterworth, H.F. Geromont
- SCRS/00/105 Addendum to SCRS/00/105: Simulation testing as an approach to evaluate the reliability of assessment methods: an example involving initial consideration of the one/two stock hypotheses for North Atlantic bluefin tuna - D.S. Butterworth, H.F. Geromont
- SCRS/00/106 Atlantic bluefin tuna: Does current knowledge support an assessment based on the "two separate stocks" hypothesis? - F. Hester
- SCRS/00/109 Further results of tagging Mediterranean bluefin tuna with pop-up satellite-detected tags - G. de Metrio, G.P. Arnold, J.M. de la Serna, C. Yannopoulos, P. Megalofonou, A.A. Buckley, M. Pappalepore
- SCRS/00/111 Nota sobre la recaptura de un atún rojo (*Thunnus thynnus*) en la costa sudatlantica española - J.M. de la Serna, J. Viñas, C. Pla
- SCRS/00/124 Preliminary analysis of Mediterranean bluefin tuna caught in Libyan waters - J. Viñas, M. El Tawil, C. Pla
- SCRS/00/125 Consensus document: Workshop on the biology of bluefin tuna in the mid-Atlantic (5-7 May 2000, Hamilton, Bermuda) - M. Lutcavage, B. Luckhurst
- SCRS/00/126 Report of 1999 bluefin tuna archival tagging in the Medietrranean Sea conducted by Japan - H. Yamashita, N. Miyabe
- SCRS/00/133 Standardized bluefin CPUE from the Japanese longline fishery in the Atlantic and Mediterranean Sea up to 1999 - N. Miyabe
- SCRS/00/136 Genetic analyses of Atlantic northern bluefin tuna populations - B. Ely, D.S. Stone, J.R. Alvarado Bremer, J.M. Dean, P. Addis, A. Cau, J. Thelen, W.J. Jones, D.E. Black, L. Smith, K. Scott, I. Naseri, J.M. Quattro
- SCRS/00/148 A report to ICCAT on archival and pop-up satelllite tagging of bluefin tuna in the western North Atlantic - B.A. Block, H. Dewar, S. Blackwell, T.D. Williams, A. Boustany, E.D. Prince, C. Blackwell