

REPORT OF THE YELLOWFIN YEAR PROGRAM

A. HISTORY OF THE YELLOWFIN YEAR PROGRAM

Fishing effort in the eastern intertropical Atlantic increased considerably up to 1983 (it almost doubled between 1977 and 1983), especially purse seine effort, with no significant increase in the catch of yellowfin. This caused overexploitation of the stock. The production model estimated fishing effort corresponding to the maximum equilibrium catch to be lower than the current effort level. This intense fishing effort level ceased in the beginning of 1984. The very low catch rates of yellowfin observed during this period (Figure 1) probably caused the departure of a number of French, Ivorian and Spanish (FIS) purse seiners to the Indian Ocean (Figure 2). The SCRS decided in November, 1985, to carry out an international research program (Yellowfin Year Program - YYP). Research was carried out to explain the very low catch rates observed at the end of 1983 and in 1984 and to analyze the possible recovery of the stock as a result of the sharp reduction in purse seine effort. The overall research objective was "to deepen our knowledge of yellowfin population dynamics and thereby improve our ability to make wise recommendations for management of this important resource" (Appendix 3 to 1985 SCRS Report). The research coordinated by ICCAT within the framework of this Program was carried out during 1986 and 1987 and covered the following aspects:

- acquiring detailed catch and effort statistics and intensive size sampling from all the fleets which catch yellowfin in the Atlantic Ocean;
- placing scientific observers on board tuna boats to obtain detailed information on fishing activities and of catches;
- tagging of yellowfin from a research vessel and from commercial tuna boats;
- carrying out biological studies on hard parts and on the spawning of yellowfin.

A special budget of \$175,000 US was allocated by ICCAT in November, 1985, to carry out the Program. The research activities were planned and presented in January, 1986, in the ICCAT Document "Operational Plan for the Yellowfin Year Program."

Other areas which were not specified initially by the Program, but which were later essential to understanding the problem, were investigated:

- the analysis of the effects of environmental anomalies on the catchability of tunas; these are essential since the very low catch rates in 1984 seem to be

related mainly to an environmental anomaly similar to the "El Niño" phenomenon, an oceanographic anomaly observed for some years in the Pacific.

- tagging of large yellowfin by the sport fishery on the east coast of the United States which led to several transatlantic recoveries.
- the analysis of the market price by species and by size. This information is sometimes helpful in understanding the changes in target species which occurred during recent years.

The results of this research were presented (for the most part) at the time of the final meeting of the Program held in Madrid in June, 1989 (the List of Participants is given in Annex 1) and a report of this meeting was later presented to ICCAT at the SCRS meeting in November, 1989.

The objective of this report is to present and discuss in a synthesized manner the main results of the Program.

The objective is to respond to different questions which were implicitly formulated at the beginning of the Yellowfin Year Program:

1. What is the real usefulness of a minimum size limit at first capture for yellowfin in the Atlantic Ocean?
2. Is there one or more yellowfin stocks in the Atlantic Ocean?
3. At what level was the east Atlantic adult yellowfin biomass in 1984, compared to other years?
4. What was the level and the trend of west Atlantic yellowfin biomass during the critical 1983-84 period?
5. How is the recovery of the stock taking place?
6. What knowledge can be gained from the 1984 crisis as regards the rational exploitation of the stocks?
7. What would have occurred if the fishing effort had remained at the 1983 level?

Two new questions arose while the Program was being carried out:

8. Can these environmental anomalies be identified in real time and can they be foreseen?
9. How can the influence of environmental factors on the fisheries be modeled?

The present volume includes the documents prepared on yellowfin within the framework of the Program.

No system of evaluation was established for the selection of these scientific documents. However, each document has been reviewed by two scientists chosen by the editorial committee (which was created by the SCRS at its 1989 meeting) for their competence in the field of study. The list of scientists collaborating with these reviews is given in Annex 2.

B. SUMMARY OF THE RESULTS OF THE YELLOWFIN YEAR PROGRAM

1. INTRODUCTION

The present synthesis was made in March, 1990, in Madrid by A. Fonteneau, P. Pallarés and M. Parrack from the final report of the meeting held in Madrid in June, 1989, from work done by the SCRS in November, 1989, and from the documents submitted by their authors for publication in the present volume. This report summarizes, on the one hand, the research activities carried out within the Program and on the other hand, the main results obtained from the Program.

2. DATA BASE USED IN THE RESEARCH

Introduction

For the different fields of research involved in the objectives of the Yellowfin Year Program, a series of specific activities were planned, as presented in the Operational Plan of this Program, and their objective was to obtain the most detailed information possible on fishing strategy as well as on the biology and behavior of the species, and that this information be more complete than that normally available in the data bases.

Finally, during the course of the Program, environmental data which were not foreseen at first but which played an important part in the development of the research were included.

The final results are summarized in a series of data bases from diverse sources: (1) environment, (2) catch, effort and size distributions, (3) observers, (4) tagging, (5) fecundity-spawning, (6) market prices, and (7) hard parts.

2.1 Environment

The environment plays an important role in the biology of tunas and in their exploitation by the fishing fleets. No data related to the environment were collected by the YYP; however, all the data concerning the oceanographic environment collected by oceanographers during recent years (1982-1987) were compiled in the computer at the "Centre de Recherches Océanographiques" (CRODT), Dakar, in order to analyze them together with the fishery data. The surface temperature data

routinely collected by French, Senegalese, Ivorian, Spanish, Ghanaian and Japanese purse seiners were also incorporated in the data base.

Thus, the following are available for 1982 to 1987:

- 213,000 surface temperatures
- 5,000 bathythermograph readings; the observations are particularly numerous from 1982 to 1984, thanks to the "Tropical Ocean and Global Atmosphere" (TOGA) program cruises made in the Atlantic Ocean during this period.

The data are more complete for the east and central Atlantic than for the western Atlantic Ocean.

All the bathythermograph data were kindly provided by the scientist in charge of the TOGA data base at the "Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer" (IFREMER) in Brest (France).

2.2 Catch, effort and size statistics

All the countries catching yellowfin have intensified the quality of the statistical data submitted routinely to ICCAT. Special efforts were made in Cape Verde, Venezuela and the U.S.A. to obtain detailed, unbiased yellowfin statistics, particularly the sizes and amounts caught. The statistics thus available can be considered good, with a mean logbook coverage rate of around 85 percent for the surface fleets (1980-1987) and size sampling satisfactorily covering most of the large tuna fleets catching yellowfin (Table 1). All these statistical data are available at the level of 1°/month for the catch and effort of the surface fleets, and 5°/month for the longline statistics and for the size frequencies of the surface fisheries.

Some surface fisheries data are collected for each fishing operation and with exact positions (in degrees and minutes) taken by satellite positioning. These detailed logbook data are available in the computer to scientists of each of the countries concerned. A data base compiling the logbook information from different surface fleets has also been created at the CRODT in order to make some detailed analyses necessary for the understanding of certain phenomena.

From the regular ICCAT data base, i.e., data in 1°/month for the surface fishery and 5°/month for the longline fishery, catch and effort files were created which compiled data from all the tuna fleets operating during the period studied. These files permitted drawing synoptic fishing maps, as well as the calculation of CPUE indices for different surface and deep-water fleets. The catch-by-size files show the sizes of yellowfin caught by the main fisheries in fork length. The size frequencies are mainly collected in predorsal length (LD1); the raw sampling data (un-raised, in LD1, and without substitution of strata) are also available and have been used in some studies (Capisano and Fonteneau, this volume).

The files of size frequencies converted to fork length (FL), after raising to the total catch, allowed the calculation of the catch-by-age tables for the east and west Atlantic Ocean used in the population analyses by Fonteneau (this volume).

2.3 Observers

The only possible way to obtain detailed information on how the different aspects of fishing take place on commercial vessels is through on-board observer programs. Because of the quantity and quality of the data obtained from observer cruises carried out within the International Skipjack Year Program, this activity was included in the Yellowfin Year Program.

In making a quick overview, it should be pointed out that the information provided by the International Skipjack Year Program has had an effect on later research, such as, on the estimate of effective effort and consequently on the production models adjusted to yellowfin, the types and associations of schools, etc.

Within the framework of the Yellowfin Year Program, data were obtained from a total of eight cruises which had observers on board commercial vessels and which were carried out in the east Atlantic (six cruises) as well as in the west Atlantic (two cruises). Figure 3 shows the time and duration of these cruises and the approximate area where they took place.

Information was obtained from Forms F, G and H, developed for the International Skipjack Year Program and includes detailed data on effort, location of the school and the setting of the net and size sampling, respectively. Later, these data were added to the files of the CRODT and Instituto Español de Oceanografía (IEO), Spain, and were then processed with data obtained during the International Skipjack Year Program.

2.4 Tagging

Because of the migratory nature of tuna species and the difficulties involved in assigning ages from hard part readings, especially in a tropical species such as yellowfin, tagging programs are traditionally resorted to for studies on growth and stock structure of Atlantic yellowfin tuna.

Tagging experiments on tropical tunas have been carried out systematically since the end of the 1950's in the west Atlantic and since the early 1970's in the east Atlantic.

The total number of fish tagged is given in Table 2. The number of individuals tagged during the Yellowfin Year Program is higher than in other years. The tagging carried out on board research vessels and commercial baitboats was less than expected; 3,026 fish were tagged and 138 were recovered. Four hundred twenty-one fish were tagged from U.S. sport fishing vessels. These releases, for the first time, included several large yellowfin (over 1 meter). This provided particularly interesting information on growth and adult yellowfin migrations.

All the yellowfin tags recovered in the Atlantic from 1985 up to the present were incorporated in a file at the "Centre de Recherches Océanographiques" (CRO) at Abidjan. This file contains 1,212 recoveries, of which 500 were used in growth studies and about 800 were utilized in studies of the migrations.

2.5 Spawning

The sex ratio by size and analysis of gonad indices are needed to describe the spawning seasons and geographic locations. This knowledge is required to interpret cohorts from size distribution modes. A large number of gonad samples were collected during the Program and added to existing ones for a combined set of 12,000 specimens. The CRO-Abidjan collected 3,762 gonad samples during the Program and added them to the previously collected 1,589 specimens. Within the framework of the Program, 6,582 determinations of sex by size were collected. The "Institut National de Recherche des Pêches", Cape Verde, also contributed significantly to these efforts with 1,116 sex-at-length samples and 567 gonad samples from yellowfin caught by the artisanal handline fishery.

2.6 Selling price

The selling price was considered by the Yellowfin Program in order to investigate the hypothesis that changes in CPUE were caused, at least in part, by variations in the ex-vessel price of yellowfin and skipjack tuna. FIS annual market prices during 1980-88 were made available by SOVETCO and Tema monthly tuna prices during 1983-89 were made available by the Star-Kist Corporation.

2.7 Hard-part analysis

Determining the age of caught fish and estimating growth rates are basic, necessary elements in fishery research. Assessing the circular ridges appearing on bone parts of fish is one of the methods sometimes used to do this. During the Yellowfin Program, the CRO-Abidjan collected 100 otoliths (inner ear bones) and 119 specimens of vertebrae for this purpose. U.S. scientists interpreted the age of these fish from marks which appear on these bony parts.

The main objective of this analysis is to compare the age of large yellowfin taken during the recovery period of the stock, estimated by vertebrae readings, with the age of the same group of fish, estimated by the analysis of the size of the fish caught.

3. RESULTS OF THE ANALYSES

3.1 Market value by species and by size

In 1983 and 1984, the yellowfin CPUE (particularly of large fish) was low and there was a sharp drop in yellowfin catches and a change in target species to skipjack. These changes in CPUE could be interpreted as a result of possible variations in the price of these species; in fact, a slight variation in price could have caused a change in the target species and could explain a change in the behavior

of the fleets. For example, in the eastern Pacific, these differences in the price of skipjack and of large yellowfin caused a shift in fishing effort from large fish to small fish in the 1970's because of the very high mercury content in large fish. However, a comparison of selling price by species and by size category in many markets during the period under consideration did not show any significant change between the value of these two species in the east Atlantic which might have caused a change in target species (Figure 4). During the critical period, there was still a big difference between the price of small tunas and large yellowfin (e.g., in 1983-84 the value of 1 kg of large yellowfin was equivalent to the value of 1.9 kg of skipjack (SOVETCO)).

Under these conditions, it would have been profitable to search for skipjack (and small yellowfin) instead of large yellowfin only if the catch rates of skipjack had been nearly double those of large yellowfin. This seems to have been the case only at the end of 1983 and the beginning of 1984, due to the high concentrations of skipjack (Fonteneau, this volume) which could have made the intensive exploitation of skipjack profitable in spite of the low prices. But this does not apply to all of 1984.

A comparison of financial yields obtained by the purse seiners in the Atlantic and Indian Oceans was also made (Fonteneau, this volume): indices obtained for the Indian Ocean were higher than those for the Atlantic Ocean; this sufficiently explains the massive departure of the purse seiners towards the Indian Ocean.

3.2 Environment: The 1984 anomaly

The low level of catches and catch rates of large yellowfin at the end of 1983 and in 1984 were analyzed in relation to environmental conditions existing in the same period in the Gulf of Guinea. The analysis was done on the time-area anomalies of the fisheries and environment, and the probable relationships between the two types of observations.

The main anomaly in the fishery was characterized by a significant decrease in the catch rates of large yellowfin (over 30 kg). This began at the end of 1983 in the southeast region of the equator and which afterwards became generalized in all the fishing areas on both sides of the equator during the first few months of 1984. The fishery situation returned to normal during 1985.

Environmental observations were made on the surface temperatures and on the depth of the thermocline: in this period the surface temperatures reported in the off-shore fishing areas are comparable to those of other years, and, in general, are typical of this region.

In contrast, an anomaly developed in the entire region at the end of 1983 and beginning of 1984. During this period, a very significant deepening of the thermocline (i.e., an increase in the thickness of the homogeneous layer) was observed (Figure 5).

This anomaly was analyzed by different oceanographers, including Houghton and Colin (1987).

This environmental anomaly could have different effects on the catchability of large yellowfin; such as:

- i) The migration of adults in the fourth quarter between the central Atlantic and the spawning area of the Gulf of Guinea would be changed; the adults would remain outside the traditional purse seine fishing areas, and thus not be accessible.
- ii) Yellowfin would be present in the fishing areas, but due to the abnormal conditions in the thickness of the homogeneous layer (mixing layer), would remain very dispersed and thus less available to the purse seiners.
- iii) The great depth of the thermocline could cause the concentrations of spawning yellowfin to be more vertically mobile, due to the greater depth of thermal barrier, hence they would be too deep for the nets.

Besides the reduced catchability of the adults, the environmental anomaly also seems to have affected the strength of the 1984 and 1985 east Atlantic cohort. The abundance of the 1984 cohort seems very low (one third of the 1980-1988 average) (Capisano and Fonteneau, this volume) and the spawning period seemed to be protracted in time, i.e., a lengthened annual spawning period may have occurred.

It was noted that, in the future, some historical data might be analyzed; the El Niño-type phenomenon which occurred in 1967-68 in the Atlantic needs to be studied. A comparison with the case in 1984 might be interesting in order to establish a relationship between the environment and catchability of tuna.

3.3 Stock structure

Various documents dealing with stock structure were submitted and are included in this volume. The structure of the yellowfin stock is very complex as there are two large spawning grounds, one in the east and the other in the west, and probably other secondary ones, with significant migrations and, in particular, interchanges of large fish between the east and west Atlantic.

The structure of the central and east Atlantic yellowfin stock accepted by the scientists in 1985 is represented in Figure 6 taken from Bard *et al.* (1988).

Up to now, the working hypotheses used in the evaluation of the yellowfin stock structure in the Atlantic have been as follows:

- There is a single stock in the Atlantic, with some very important migrations between the west, central and east Atlantic,
- There are two stocks separated at 30°W longitude, which could have, however, some limited or negligible exchanges.

The different stock assessments of the last few years used the second hypothesis, which was perhaps related to the fact that most of the catches and related statistical data came from the east Atlantic fisheries. Many reasons have led to a reconsideration of this position.

a) Tagging data

Up to now, all yellowfin tagging has been done on individuals of less than one meter. Most of the recoveries were observed in the same size range, due to the moderate time at liberty observed for yellowfin (100 days on the average). This traditional tagging only provided information on the growth and migrations of juveniles. During the Yellowfin Year Program, for the first time, a significant amount of tagging was done on adult yellowfin by the United States sport fishery. This tagging provided very new and interesting results on the growth and migrations of adult yellowfin tuna.

Seven large yellowfin tagged between 1985 and 1987 off the American coasts were recaptured in the surface fisheries off the west African coasts (Figure 7).

These transatlantic recoveries confirm the migrations of large yellowfin from the west to the east Atlantic.

- Recoveries made in 1981 and 1984 from tagging of large yellowfin off U.S. coasts were more numerous in the west Atlantic. Nevertheless, for the 1985-89 period, out of 22 recoveries, 15 were made in the west while 7 were transatlantic recoveries (over one year at sea) (Bard and Scott, this volume).

The catches of large yellowfin are higher in the east than in the west Atlantic, and most likely there is a better identification of tags in the east Atlantic, both of which show the complex data analyses of the transatlantic crossings.

- The time at sea after tagging the fish which made transatlantic crossings was between 15 and 28 months.
- Recoveries of large yellowfin tagged in the west Atlantic were made by surface gears in the west as well as in the east. The longline fisheries which operate in the whole Atlantic did not report any recoveries, although the sizes of the yellowfin caught by the longlines are similar to those tagged in the west Atlantic (Diouf, this volume). The lack of tag recoveries by the longline fishery is difficult to understand. Most of the tagged fish are identified, yet it is not excluded that tagged fish caught by surface fisheries are recovered. However, we cannot deny the possibility that some tagged fish caught by longline are overlooked. If longlines really do not recover any tagged yellowfin, this could indicate limited intermixing between yellowfin on the surface and those in deep water.

The two recoveries of small yellowfin reported earlier which had crossed from the east to the west seem doubtful (Browder *et al.*, this volume) because these small yellowfin may have come from a freezer vessel transshipping fish in Puerto Rico which were caught in the Gulf of Guinea instead of from a fishing vessel operating in the west Atlantic Ocean.

b) Fisheries data

The analysis of longline fishery data (CPUE and size) from 1970 had led Honma and Hisada to conclude that in the Atlantic Ocean there were two fractions of adult stocks located in the east and the west Atlantic, but which mixed during the summer after significant east-west migrations.

Recent information on the fisheries have been analyzed:

Catch rate trends:

In 1984-85 the longlines in the west as well as in the east had no significant changes in catch rates, while there was a substantial decrease in the catch rate of large fish (over 30 kg) caught by purse seiners in 1983 and the beginning of 1984.

Size frequencies:

- The sizes of yellowfin caught by the different longline fisheries are similar between the east and the west Atlantic (Figure 8).
- The Venezuelan purse seine fishery in the west Atlantic catches very few yellowfin larger than 130 cm, as compared to the purse seine fishery in the east Atlantic. But this could be related to the fact that the Venezuelan fisheries are not operating in the deep waters where large fish are generally found in the east Atlantic (Figure 9).
- The east and west Atlantic baitboat fisheries, which are coastal, catch mostly small fish, but with rather different size spectra (Figure 10). (It is noted, however, that the sizes of small yellowfin caught in the west Atlantic are larger than those caught in the east, usually over 40 cm with a modal size of 55 cm.)

c) Conclusions

The analysis of size frequencies reveals the apparent homogeneity of large fish moving in the deep water and fished by longlines. It is more difficult to draw conclusions on the surface fish. However, the concentration of small yellowfin is noted in the coastal areas in the east Atlantic as well as in the west Atlantic, which corresponds well to the existence of two spawning areas in the east and in the west (Capisano and Fonteneau, and Bard and Capisano, this volume).

In view of these observations, the current hypotheses reached on the stock structure are as follows:

- There is no significant intermixing of small yellowfin on both sides of the Atlantic Ocean.

- Large yellowfin, although perhaps showing some independence between deep-water fish and surface fish, make significant migrations between the east and west Atlantic with a mixing rate which is not yet determined.

Figure 11 presents the current paradigm of the stock structure that can be produced at the end of the Yellowfin Program.

3.4 Indices of abundance by size for the different fleets, east and west Atlantic

The monthly yellowfin CPUE was calculated by the Honma method for the entire longline fleet fishing in the east, central and west Atlantic. The yellowfin CPUEs for the different Venezuelan fleets (baitboat, purse seine and longline) were also calculated from 1983 to 1987. From these data, abundance indices for the west Atlantic were made available.

Different CPUE indices of the major purse seine fleets (FIS and Spanish) of the east Atlantic were calculated for the 1980-88 period. Nominal and effective CPUE were calculated in 15-day periods for the two main species of the fishery, yellowfin and skipjack by: a) taking effort as days fishing, and (b) using the searching time, calculated by the method proposed by Fonteneau (1981) as the measure of effective effort. Searching time was also estimated taking into account the reduction in the duration of the sets observed from 1981 to 1987.

Gulland (1964) concentration indices (mean CPUE/average of the CPUEs) for yellowfin and skipjack were also calculated for purse seiners from 1980 to 1988.

Different yellowfin CPUE indices, by size category, were shown. For fish over 30 kg, two methods of calculating CPUE were used: Fonteneau (1986), and Laurec-Fonteneau (1979). CPUE values for juveniles were also obtained using the Laurec-Fonteneau method. For the overall CPUE values (Figure 11), and regardless of the index used, the important anomaly in yellowfin catch rates during the 1983-84 period can be observed, followed by a spectacular recovery of catch rates in the following years.

This sharp reduction in abundance indices can be noted in the purse seine fisheries of the east Atlantic and is considered to be the cause of the significant changes which occurred in this fishery at that time (i.e., a drastic reduction in nominal effort due to the massive departure of the purse seiners, especially of FIS vessels, to the Indian Ocean, and an increase in effective effort on skipjack).

The CPUE values by weight category (Table 3) show that the anomaly of 1983-84 is only observed for large yellowfin, which were not caught during these years (end of 1983 and beginning of 1984) in the equatorial area, a traditional area for fishing on spawners (Fonteneau and Pallarés, this volume). The interpretation of the drop in CPUE during the anomaly and its later increase will have immediate consequences on the utilization of yellowfin abundance indices (calibration of the VPA, production models, etc.).

All this seems to indicate a lower catchability of large yellowfin tuna by purse seine. The abnormal environmental conditions which occurred during this period could be the cause of the inaccessibility of these fish to purse seiners. It also seems that the equatorial area was only slightly searched by purse seiners in the first quarter of 1984 because of the shift of fishing effort to skipjack.

The significant increase in yellowfin CPUE noted since 1985 can be interpreted as resulting from an increase in q (catchability), the causes of which could be related to an increase in purse seine efficiency on yellowfin and skipjack. Many data support this: the average duration of setting the nets is considerably reduced since the beginning of the period (Ariz *et al.*, this volume); the searching time also decreased compared to fishing time. This apparent contradiction could be explained by technical changes and changes in the strategies of the fleets in the last few years, such as increased efficiency in the locating schools as a result of the introduction of better techniques (bird radar, etc.), an increase in the frequency of large schools of adult yellowfin which increase the mean size of schools caught (Figure 12), and a reduction in the competition between the vessels following the reduction in the size of the fleets. Current estimates of effective effort exerted at present could be somewhat underestimated for recent years (for example since 1985). It remains, however, very probable that the yellowfin and skipjack stock biomass, since 1988, is at an increased level following the sharp reduction in fishing effort in the east Atlantic.

3.5 Summary of size caught (east and west Atlantic); breakdown by polymodal structures

The sizes of yellowfin caught by purse seiners in 1984 were compared, first of all, to the average of those caught from 1980 to 1988 (Figure 13).

This comparison showed that:

1. The catch of small yellowfin, less than 70 cm, was slightly higher than the average, despite the reduced fishing effort.
2. the catch of medium-sized yellowfin, from 70 to 120 cm, was at the 1980-1988 catch level.
3. the catch of large yellowfin, over 120 cm, were much lower than the average.

Furthermore, the growth of yellowfin was studied based on the size frequency data for the east and west Atlantic (Capisano and Fonteneau, this volume). The relation of modes was made on a monthly basis and then the Von Bertalanffy growth equation was fitted to the data. The cohorts can be traced clearly, in general, for small fish through modal progressions, but the separation between cohorts becomes progressively difficult for large fish.

With the exception of the cohort recruited in 1984, which is poorly represented in the samples, the modal sizes of yellowfin caught by the surface fleet in the east Atlantic (Senegal, Côte d'Ivoire, Ghana, Spain, Japan and Congo) are, in general, relatively homogeneous at a given time (Figure 14). The situation is different for the catches by Cape Verdian boats which are very heterogeneous. In Venezuela, although the different cohorts are easily identifiable in the surface fishery, between-year variability in modal sizes is observed. The situation is similar in the Brazilian longline fishery.

A comparison of size distributions between the east and west Atlantic was made. While the size structure of longline catches are comparable from the east to the west, the catches made in the eastern part of the Atlantic by surface gear were comprised of very large fish and also many more very small yellowfin, for example, less than 50 cm FL.

These observations could correspond to a heterogeneity between small yellowfin in the east and west Atlantic, coming from different spawning areas and periods and from the abundance of east-west migrations for these young individuals. On the contrary, the adult population fished by longlines would be more homogeneous in all the Atlantic due to the migrations.

The differences between the sizes caught in the eastern and the western surface fisheries (for example, it is rare to catch very small or very large yellowfin in the western Atlantic) could be explained by either a different type of exploitation (e.g., few catches made in the off-shore area) or real differences in the sizes present in the eastern and western fraction of the stocks.

3.6 Re-examine the growth of yellowfin (east and west Atlantic)

a) Reproduction periods and areas

In order to relate the different cohorts which appear in the size frequency distributions to well-defined areas and periods of reproduction, analyses on the state of maturity of gonads were carried out. From samples collected since 1980, Bard and Capisano (this volume) present the monthly changes in the gonad index (GI) of individuals caught in east Atlantic surface waters. In the north and south equatorial areas, such as the Gulf of Guinea, spawning took place from November to March, with a maximum in December to February (Figure 15a). This area is characterized by a shallow thermocline and by warm surface waters (with a slight time lag in spawning). In the northern tropical area (Senegal-Guinea), reproduction took place from April to June (Figure 15b). These studies support the hypothesis of sexual activity in the Cape Verde Islands (assumed for a long time) in the months of August and September (i.e., while the warm water is present in the area).

The same authors re-analyzed the historical gonad index file concerning yellowfin caught by longline. In this study only yellowfin over 140 cm FL were considered (the only mature fish caught by longline), and it was shown that reproduction takes place during the first quarter in the east Atlantic, in the first and third quarters in the central area and only in the third quarter in the west (Figure 16a and 16b). This last point constitutes a new element. Previous work for the western area of the Atlantic concluded that there was sexual activity at the beginning of the year.

It appears that due to the vast geographic distribution of larvae and the relatively long spawning period, the precise identification of spawning time and area with the larvae data currently available is difficult.

Some histological studies would be used to verify the validity of using gonad indices, as well as to study fecundity and spawning behavior. The use of larvae survey information would also provide more direct evidence of spawning. The

analysis of gonad indices, however, was recognized as an easy, economic and functional method to identify the time and area variability of spawning.

b) Sex ratio according to size

Between 23 and 32 cm LD1 (75-115 cm FL), the proportion of females is slightly lower than that of the males, then it become significantly higher between 36 and 39 cm LD1 (122-145 cm FL) (Figure 17). After this last size, the sex ratio drops sharply until the females disappear from the large size classes. A traditional explanation for this would be a difference in growth between the two sexes. The parameter K would be higher for females and the asymptotic size (L_{∞}) would be lower (less than 10 percent of fish over 44 cm LD1 (160 cm FL) are female). Another traditional hypothesis considers a higher natural mortality for females, related to spawning. The hypothesis of a sharp decrease in the catchability of females seems less realistic.

c) Analysis of growth from tagging

After eliminating the recoveries with less than 30 days at large, the results obtained on growth from tagging data confirm the slow growth phase for yellowfin less than 65 cm FL (Bard, this volume). This analysis suggests, however, a certain between-year variability in the growth rate. For individuals larger than 65 cm, the estimates of parameters K and L_{∞} of the Von Bertalanffy equation are also similar to previous results for the east Atlantic. Finally, the same author used a single model with four parameters to describe these two growth phases (Richards 1959). Some parameters of this model are difficult to estimate (overparameterization), but the updating of these composite models should be encouraged. For the west Atlantic, obtaining a lower asymptotic size is either real or only reflects the low representativeness of large yellowfin in the data set analyzed. The idea of another composite model, constructed on the basis of two Von Bertalanffy equations (one for juveniles and one for adult fish), was proposed by Capisano and Fonteneau (this volume).

d) Growth analysis from modal sizes

Figure 14 presents modal progressions of yellowfin cohorts observed in the purse seine catches in the east Atlantic. A composite growth curve was adjusted by eye for the data of the cohort recruited in the fishery in May, 1983, which appeared very clearly for several years in the fishery. Despite the problems posed by the difficult identification of age classes of large individuals, the application of this typical curve to cohorts recruited between 1980 and 1987 probably reflect their growth in a satisfactory way. The growth curve estimated for these modal progressions is very similar to those observed for yellowfin in past studies used by the SCRS. The same operation carried out on the west Atlantic data seems to indicate

that the growth pattern is basically the same in the east as in the west (at least for the Venezuelan data). However, a 2- to 3-month lag seems to separate the modal progressions observed in the two areas. This lag is probably related to the fact that spawning occurs three months earlier in the west Atlantic than in the east Atlantic.

The size frequencies of the Venezuelan surface catch (southeast of the Caribbean Sea), analyzed by Gaertner and Pagavino (this volume), also clearly show the two phases of the composite model used in the east Atlantic, which are: a slow growth phase, followed by an accelerated one. Based on the criteria of better adjustment of the two sub-models, the point of change of gradient is around 69 cm FL. The low L_{∞} value calculated for this area can correspond to a lower growth potential for adults (the L_{∞} thus calculated is near that of the Pacific and Indian Oceans). However, as in the growth analysis from tagging, the low value of L_{∞} could be due to the bias caused by the low number of large yellowfin in the samples. The hypothesis of this bias is supported by the estimates of the parameters in the Von Bertalanffy equation using Brazilian longline fishing data. These estimates are very near the east Atlantic values. The yellowfin caught in Brazil are recruited (by this gear) in March when they are at the size where they begin to grow faster (around 70 cm). There would be, therefore, a lag of around seven months between Brazilian samples and those coming from Venezuelan fishing (Figure 18). These results seem to indicate that there may be two different components coming from separate spawnings in the west Atlantic.

It is also noted that the modal sizes shown in American purse seine catches in the Caribbean Sea and in the northwest Atlantic fit perfectly to the growth pattern given for Brazil. The heterogeneity of the sizes in the west Atlantic between the northern, central and southern sectors should therefore be subject of analyses and detailed studies.

The conclusion is that there was a slow growth phase (more or less linear up to 70 cm), followed by a rapid phase described by the Von Bertalanffy model.

Unlike yellowfin caught off Africa, two, even three modes per year could be identified and traced in the monthly size frequency data for the west Atlantic. For the east Atlantic, however, only one dominant mode per year could be identified and traced in the monthly catch-by-size size frequencies. Although there are sizes which correspond to summer spawning in the Cape Verde Islands, these fish do not appear in a clear mode in the monthly size frequencies observed in the east Atlantic.

In spite of these results, numerous doubts remain, such as estimating the age of large individuals and the establishment of growth curves of adults according to sex. Although a certain between-year variability in growth seems likely, the existence of possible variations in the growth rates according to geographic areas remains unknown.

e) Age readings from hard parts

One hundred otoliths and 189 vertebrae were taken by the CRO-Abidjan on large yellowfin (over 1.10 meters) in the first quarter of 1986. The objective of this study was to determine as accurately as possible the age of large yellowfin, which

are very important in terms of weight in the catches but for which the age structure estimated by modal analysis is still very uncertain (Capisano and Fonteneau, this volume). These direct readings made by C. Manooch and J. A. Hinkley (this volume) indicate that yellowfin of this size would correspond to individuals of age 2 to 5 (vertebrae) or 4 to 6 (otoliths). These results are consistent overall with age estimates made from size frequencies (with the exception of some readings that seem difficult to interpret). Although this result is encouraging, a more systematic and thorough sampling is necessary to determine the age structure of large yellowfin.

3.7 Analysis of the observer files, 1981 to 1987, east and west Atlantic

Taking advantage of the experience accumulated by the on-board observers during the Skipjack Year Program and the valuable information they provided, it was decided to place scientific observers on purse seiners to obtain data on changes in fishing methods, on strategies of detecting, pursuing, and catching tunas. The spectacular decrease in the number of purse seiners operating in the east Atlantic and the constant progress in fishing techniques could have caused some changes in fishing strategies. The observers could carry out experiments and provide data which would improve port sampling strategies currently in effect. During the Yellowfin Year Program eight observer cruises were carried out, six in the east Atlantic and two in the west Atlantic (Figure 3).

One document (Ariz *et al.*) includes the experiments carried out and analyzes the results obtained.

In the different sections of this document:

The data dealing with the activity of the fleets, angles and distances of detection, how the school was located and types of schools are analyzed. These data were then compared with those of the Skipjack Year Program. The main difference observed is that both the FIS and Spanish fleets spent more time on fishing operations, in relation to searching time (Table 2). The increase in fishing time is not due to an increase in net setting time, which on the contrary has been reduced, but to the increase in the number of sets per fishing day. All this seems to indicate that both fleets have become more efficient in comparison to the Skipjack Year Program observations. Since the date of end of the last observer cruise on Spanish vessels, radars have been installed on vessels of this fleet which permit the localization of birds, the main school identifiers. Therefore, it is possible that a new change has occurred in the time utilized in the different activities.

The duration of the sets made in the Atlantic Ocean by FIS and Spanish vessels is analyzed (Figure 19a, b). In addition the duration of fishing operations according to the catch is compared to the fleet which is carrying out the fishing. There is a reduction with respect to the Skipjack Year Program in the duration of the operation of null sets for both fleets. This reduction is more significant for the FIS than for the Spanish fleet; however, the fishing operation is still shorter for the Spanish fleet (1.5 hours) than the FIS fleet (1.8 hours). This trend is also noted for the sets with catches which are faster for both fleets.

The overall activities of the observers are analyzed and an analysis of the types and sizes of schools as obtained during the Yellowfin Year Program is pre-

sented. In comparing these data with those from the Skipjack Year Program, schools were larger. However, no conclusions can be made on this point since the intensity of sampling was very different in each of the Programs, and because of the differences in time and area of fishing during the observer trips. This result seems confirmed, however, by the analysis of logbooks made by Fonteneau and Pallarés (this volume) which shows the high frequency of large schools of large yellowfin since 1985 for the entire purse seine fishery (Figure 12).

Detailed information is presented on the exploitation of tunas associated with floating objects during one week. Having observers on board is beneficial in carrying out work of this sort, since this type of information cannot be obtained from the fishing logbooks.

An experiment was carried out in the east Atlantic whose purpose was to establish the mixing rate between fish of distinct sets when they are stored in the same hold. In this experiment, the mixing rate was 15 percent. Several factors can cause the mixing rates to vary; the size of the fish caught and the manner of removing the fish from the hold (with water or dry), are the most important. No definitive conclusion can be reached based only on this experiment. It would be advisable to carry out more experiments of this type, since size sampling is currently based on identification of each set.

Several experiments were carried out to estimate the recovery rate of tags which were placed on fish while they were being put in the fish well ("salting"). Experiments of this type had already been conducted during the Skipjack Year Program. The results were similar to those from the Skipjack Program, with recovery rates between 0.6 and 0.8. For large-sized yellowfin, the recovery is complete, due to the distinct manipulation of these fish during unloading. Knowledge of this type is important in order to make quantitative estimates of fishing mortality from the tag recovery files.

The results presented were obtained by comparing the size samples from nine sets, made by observers with the sampling of the same sets being carried out by the regular samplers at landing ports. In five of these samples, there were no significant differences in analyzing the two size distributions using the Kolmogorov-Smirnov (non-parametric) test. Some differences were observed between on-board and port sampling in the other four size samples. These results, although partial, indicate a bias in the port sampling of the catches by individual set, particularly in the case of small samples.

The scientific observer cruises on purse seiners during the Yellowfin Year Program have provided very useful information for the interpretation of fishery indices. These observer cruises should be made on a regular basis in the future.

3.8 Fine analysis of the critical period, 1983-1984

A study of the eastern Atlantic fishery showed a marked change in the fishing grounds of the purse seine boats during the period starting December, 1983, to January, 1984 (Fonteneau, this volume). During this period of the year, since 1975, the purse seine fleets have usually operated in the offshore southern tropical area, between approximately 5°S and 5°N, while in 1984 their operations shifted towards

the northern area, between 2°N and 5°N towards 15°W (Figure 20a and b). This shift in purse seine fishing grounds is most probably due to the low availability of large yellowfin and to the high concentration of skipjack in these northern tropical waters; this is supported by Gulland's high concentration index for skipjack obtained at the beginning of 1984.

The offshore southern areas were scarcely explored by the purse seine fleets during this period and very few yellowfin schools were sighted there. The species composition did not change significantly in 1984 in the offshore southern tropical area, but the percentage of large yellowfin caught there was much lower.

As a result of the changes in the fishing grounds and of the low catch rates of large fish, the catch of large yellowfin by the purse seine fleets in 1984 showed a sharp decrease (Figure 13) (Fonteneau and Pallarés, this volume).

The longline fishery has been stable in terms of CPUE and fishing pattern during the critical period throughout the Atlantic (Diouf, this volume).

For the west Atlantic, the CPUE of the surface fleets (Venezuelan purse seine and baitboat and Brazilian baitboat) showed no apparent trend in 1983 or 1984 (Diouf, this volume).

3.9 Re-estimation of the matrix of quarterly catches of yellowfin by age

The new slicing method used to partition the catch by size into catch at age is described by Capisano and Fonteneau (this volume). This partitioning was achieved by assuming that all fish, both east and west Atlantic, grew according to the 1983 cohort in the east Atlantic, after correction of a three-month lag in the birth dates of the cohorts in the western Atlantic. The growth rate for the 1983 east Atlantic cohort was derived by eye from the monthly progression of modes of size samples (predorsal length) of the catches. This growth corresponds well to that provided by tagging information. This technique permitted estimating the quarterly catches by age in the east and west Atlantic according to the method of partitioning the data by Capisano and Fonteneau.

Other techniques for estimating catch at age from catch by size are foreseeable but still require investigation, in particular the method of using composite growth equations.

However, considering that spawning occurs in different seasons in the east Atlantic (January to March) and in the west Atlantic (September to November) and taking into account that transatlantic migrations, at least of large yellowfin, were observed (Bard and Scott, this volume), age determination from size becomes problematic, especially for the adults. The catch-by-size table can, in fact, contain fish born in different times and which have a different age at the same size. Even though it is a problem which is difficult to resolve, the current estimates of catch by age, however, seem sufficiently accurate for preliminary analysis, at least, while waiting for other methods to be refined. It is likely, therefore, that the current catch-at-age matrices provide acceptable working hypotheses for the east and west Atlantic.

3.10 Analysis of the catch-at-age table

The only cohort analysis (VPA) on yellowfin for the east Atlantic was made by Fonteneau (this volume). Natural mortality (M) was considered time invariant and age variable ($M = 0.8$ for ages 0 and 1 and $M = 0.6$ for older ages). The abundance and fishing mortality values (N and F) were estimated, but not by calibration, instead they were chosen at levels corresponding to reasonable interpretations of scientific observations of phenomena of both a biological and fisheries-related nature, obtained from extensive samples of the tropical fishery over a considerable span of years. As the analysis was conducted under the hypothesis of an east Atlantic stock and considering that there are now indices of the existence of an Atlantic stock unit, (seven transatlantic tag recoveries were recently reported), future analyses should consider the possibility of a unit stock of large fish (30 kg and larger) and discrete groups of young fish, one in the east Atlantic and one in the west Atlantic.

West Atlantic yellowfin catches, especially of large fish, have increased very rapidly in recent years. This makes cohort analyses difficult in the west, as in the east Atlantic. The possibility of calibrating the VPA by CPUE values of the surface and longline fisheries has also been planned in order to improve the current analyses. Such analyses have posed a number of technical problems, however, which have not yet been resolved and which should be investigated further.

4. MODELING OF THE EXPLOITATION (EAST AND WEST ATLANTIC)

4.1 Production model

The production model was applied according to the stock structure hypotheses.

For the west Atlantic stock, the application of a production model for the west Atlantic stock was not successful because the data series available for the surface fishery still seems too short and the longline CPUE does not seem to represent the real yellowfin abundance of the stock. Consequently, effective fishing effort cannot be estimated based on the currently available nominal fishing effort data.

In the single Atlantic-wide stock hypothesis, the fact that the small fish from either side of the Atlantic do not intermix provides a source of possible bias. The fact that the large fish seem to intermix up to a certain extent allows for the consideration of a production model for a single stock of large fish. Unfortunately, no valid abundance index is available for the entire ocean, and no global model has been generated for this hypothesis.

The east Atlantic stock hypothesis is probably still valid in spite of the transatlantic migrations of adults which have been observed. It is still not known up to what point these recoveries signify a rapid and complete intermixing of large fish between the east and west Atlantic.

A production model adjusted for the years 1969-1988 was generated (Figure 21). It appears that this model accounts for the changes in the east stock, in the

phase of increasing fishing effort as well as in the reduction phase. The 1984 catch, which is very low, is mainly explained by the sharp reduction in purse seine effort following several years of high exploitation rates.

The yield of the fishery returned to the equilibrium curve of the stock since 1988, that is to say, very rapidly. This very rapid reaction of the stock can involve two main factors:

1. The 1984 biomass was probably not as low as the CPUE indicated (low catchability). Therefore, the effective effort in 1984 would have been very low.
2. The strength of the 1983 cohort would have contributed to a rapid recovery of the stock.

The validity of this production model could be affected, however, by an increase in the efficiency of the French-Spanish purse seine fleet which has not yet been taken into account. This increase in fishing efficiency could be due to several factors, such as a reduction in competition between purse seiners, improved strategy, better techniques for finding schools, the decrease in the duration of the sets, which have been clearly shown during the last few years. It is difficult to estimate quantitatively this increase and to adjust the fishing effort to estimate effective fishing effort, but it is probable that the effective effort of recent years (1985-88) is currently underestimated.

4.2 Analytical model

There is a model of this type for the east Atlantic stock (Fonteneau, this volume) which analyzes the catch-at-age table estimated for the area. This type of model has not been able to take into account the hypotheses of a west Atlantic stock and/or total Atlantic stock, for reasons similar to those for the production model.

The cohort analysis provided fishing mortality vectors for each year. Three characteristic periods, 1980-83 (with a high exploitation rate), 1984 (with reduced effort and environmental anomaly), and 1985-88 (normal environmental conditions and reduced effort), were separated in the results of VPA (Figure 22).

Regarding these three periods, and despite the reduction since 1984 in purse seine fishing effort to about half its previous level, it appears that the fishing mortality on small fish would have changed only slightly in 1984 (in spite of the sharp reduction in nominal fishing effort), probably due to a transfer of surface fishing effort from large to small fish. Since then, the low effort has continued but the present estimated fishing mortality of small fish remains at a level similar to that of the 1980-1983 period.

Fishing mortality of large fish, which reached high values in 1980-83, fell sharply in 1984. In 1985-88, the mortality rate on large fish rose, but at a moderate rate, and is still lower than that observed in 1980-83.

The spawning stock increased in the last few years to the 1960's level, with a biomass of around 190,000 MT. Likewise, the analysis shows that the 1981 and 1983 cohorts were strong and the 1984 cohort was weak, probably associated with the oceanographic anomalies which occurred in this sector coinciding with the spawning period.

The yield-per-recruit (Ricker model) isopleths are deduced from the set of fishing mortality (Figure 22). Important differences are observed between the 1980-83 situation and the 1985-88 situation, in particular as concerns the benefits to be obtained from protecting the small fish. The isopleths for 1984 which correspond to a low fishing mortality on large fish show a reduced yield per recruit.

5. CONCLUSION

A certain number of questions, among other objectives, were the subject of the Yellowfin Year Program.

1. What is the real usefulness in setting a minimum size limit at first capture for yellowfin in the Atlantic?

The yield-per-recruit analyses can answer this question: moderate benefits could have been expected from a minimum size limit at first capture when there was a high level of fishing effort in the period 1980 to 1983.

With moderate fishing effort in the period 1984 to 1988, no benefits are expected from setting minimum size limits.

2. Is there one or more yellowfin stocks in the Atlantic?

The traditionally accepted working hypothesis that there exist two stocks, one in the east and one in the west, has been questioned. It appears, at the end of the Yellowfin Year Program, that while the young yellowfin remain isolated in the spawning areas, the migrations of the adults could be significant; some analyses should be carried out on the hypothesis of a single stock of adult yellowfin in the Atlantic.

3. At what level was the east Atlantic yellowfin biomass in 1984 compared to other years?

The analysis of different indices of the east Atlantic surface fisheries confirms the collapse of the catches and the catch rates of large yellowfin at the end of 1983 and beginning of 1984. It can currently be considered that this phenomenon was not due to a sudden decrease in adult stock abundance, which, at present is considered to have remained stable, but to a reduction in the catchability of these adult individuals by purse seiners as a consequence of the occurrence of a significant environmental anomaly ("El Niño" type) which caused a deepening of the thermocline. Moreover, the

fact that the longline CPUE remained stable during the period, as well as the results from cohort analysis, suggest that the adult biomass remained normal. The rapid recovery of adult yellowfin catch rates seems to prove that the corresponding biomass was never in real danger, as could have been thought in 1984 from a study of the collapse of adult catch rates in the east Atlantic surface fishery.

4. What was the level and the trend of the west Atlantic yellowfin biomass during the critical 1983-84 period?

In the west Atlantic, the catch showed a rapid increase reflecting the rapid development of new fisheries (Venezuelan purse seine and U.S. longline), but the CPUE did not present significant variations during recent years, in particular in 1984. Consequently, the west Atlantic stock did not present any important change during the period.

5. How is the recovery of the stock taking place?

It is really more a matter of a recovery of catch rates rather than a recovery of the stock. In fact, the analyses showed that the adult stock abundance was never questioned. The effort level observed in 1985-88 is lower than that observed during 1980-83. The adult biomass then increased partly due to the decline in fishing mortality on these individuals and partly due to the rapid growth of yellowfin during this phase of its life. The oceanographic conditions and the catchability of large yellowfin by purse seiners returned to normal, which explains the high catch rates observed since 1985 under reduced fishing effort.

6. What conclusions can we derive from the 1984 crisis as regards the rational exploitation of the stocks?

The fact of not taking into account the effects of the environmental anomaly could have led to taking unjustified management measures. In fact, ICCAT could very well have concluded at the end of 1984 that the spawning stock was almost extinct, while it was at a normal level, and increasing because of a very reduced fishing mortality. In the future, these environmental and economic parameters must be taken into consideration in the analyses.

7. What would have occurred if fishing effort had remained at the 1983 level?

This situation could have caused a slight increase in catches with a significant decrease in catch rates in 1985 following the temporary decline in fishing mortality on large fish in 1984. However, the probable increase in the effective fishing effort, even with the nominal fishing effort remaining constant, must be taken into account.

If the effort had remained high or had increased, compared to the 1982-83 level, the catches of the fishery would most likely be near the 1982-83 level, with slightly higher catches and much lower CPUE than presently observed. This high fishing effort corresponded to an over-exploitation of the stock, while the present fishery would be near the optimum effort (biologically).

Finally, two new questions arose during the Program:

8. Can these environmental anomalies be identified in real time and can they be foreseen?

The impact of the environmental anomalies can be taken into account in the evaluation of the status of the stock if constant and continuous attention is given to the environmental parameters and to their relation to the Atlantic tuna fisheries.

First of all, the analysis of the relationships between the fisheries and the environment will lead to understanding the effects of such an anomaly on the Atlantic fisheries. Then, monitoring in real time the surface and sub-surface temperature (bathythermography) which is presently done in the Atlantic (TOGA), and the models such as the ones currently used by the same TOGA Program (OPERA Model used by the university of Paris 6, LODYC) permit the monitoring in real time and potentially permit the forecast of environmental changes which could influence the migrations and the catchability of tunas.

9. How can the influence of environmental factors on the fisheries be modeled?

It is now evident that the environment can have an important effect on the catchability of yellowfin. Also, the models used in population dynamics of tunas must take into account and incorporate environmental parameters; such a model is already being used to evaluate some stocks of small coastal pelagic species (e.g., sardines) in the east Atlantic (Freon, 1982).

To this end, it seems necessary, as a first stage, to analyze further the relationship between environmental factors, tunas and their fisheries, and, as a second stage, as far as possible, incorporate the environmental parameters in the stock assessment models.

BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES CITED IN THIS REPORT

- Bard, F. X., P. Cayré, and T. Diouf, 1988. Les migrations des thons, *in* Fonteneau, A. and Marcille, J. Ed. Resources pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre est. Doc. techn. pêches FAO 292:111-156.
- Fonteneau, A., 1981. Note sur le mode de calcul de la prise par unité d'effort des senneurs FISM. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., Vol. XV(1):407-411.
- Fonteneau, A., 1986. Note sur les indices d'abondance de l'albacore calculés à partir des prises par unité d'effort (PUE) des flottilles FISM et espagnoles. ICCAT Rec. Doc. Sci. XXV:46-56.
- Freon, P., 1984. Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes de vents d'upwelling (pêche sardinière au Sénégal). Océanograp. trop. 19(1):67-94.
- Gulland, J. A., 1964. Catch Per Unit Effort as a Measure of Abundance. Rapport Procès Verbal, ICES, Vol. 155:8-14.
- Honma, M., 1974. Estimation of Overall Effective Fishing Intensity of Tuna Longline Fishing. Bulletin Far Seas Fishery Research Laboratory, No. 10, June 1974:63-85.
- Honma, M. and K. Hisada, 1971. Structure of Yellowfin Tuna Population in the Atlantic Ocean. Bulletin Far Seas Fishery Research Laboratory, No. 4, April 1981, p. 93-124.
- Houghton, R. W. and C. Colin, 1986. Thermal Structure Along 4°W in the Gulf of Guinea During 1983-1984. Journal of Geophysical Research, Vol. 91, No. C10:11727-11739.
- Laurec, A. and A. Fonteneau, 1979. Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des cpue de plusieurs engins en différentes zones et saisons. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., Vol. XIII(1):79-100.
- Richards, J., 1959. A Flexible Growth Function for Empirical Use. J. Exper. Botany 10(2):290-300.

RAPPORT DU PROGRAMME DE L'ANNEE ALBACORE

A. HISTORIQUE DU PROGRAMME DE L'ANNEE ALBACORE

L'effort de pêche dans l'Atlantique intertropical oriental s'est considérablement accru jusqu'en 1983 (il a approximativement doublé entre 1977 et 1983), spécialement celui des senneurs, sans accroissement significatif de la prise d'albacore. Ceci a provoqué une surexploitation du stock. Le modèle global estimait que l'effort de pêche correspondant à la prise maximale équilibrée était inférieur au niveau de l'effort actuel. Cette situation d'effort de pêche intense a pris fin début 1984, période pendant laquelle de très bas rendements en albacore (figure 1) ont probablement provoqué un départ vers l'océan Indien de nombreux senneurs français, ivoiriens et espagnols (figure 2). Le SCRS a alors décidé en novembre 1985 la mise en oeuvre d'un programme international de recherches (Programme de l'Année Albacore - YYP). Des recherches ont été menées à bien pour expliquer les très bas rendements observés fin 1983 et en 1984, et analyser l'éventuelle récupération du stock qui résultait de la forte réduction de l'effort de pêche des senneurs. L'objectif de ces recherches était "d'approfondir nos connaissances de la dynamique des populations d'albacore et, partant, d'améliorer notre capacité de formuler des avis pertinents sur l'aménagement de cette importante ressource" (Appendice 3 du Rapport SCRS 1985). Des recherches coordonnées par l'ICCAT dans le cadre de ce programme ont été réalisées durant les années 1986 et 1987 et ont couvert les domaines suivants:

- Obtention de statistiques détaillées de prises et d'efforts et réalisation d'échantillonnages de tailles intensifs sur toutes les flottilles qui pêchent de l'albacore dans l'Atlantique.
- Embarquements d'observateurs scientifiques à bord des thoniers afin de réaliser des observations fines sur les opérations de pêche et sur les captures.
- Marquages à partir de navire de recherche, et par des techniciens embarqués sur des thoniers commerciaux.
- Etudes biologiques sur les pièces osseuses et sur la ponte de l'albacore.

Un budget extraordinaire de 175.000 US\$ ayant été alloué en novembre 1985 par la Commission de l'ICCAT pour la réalisation de ces recherches, elles ont été planifiées et présentées en janvier 1986 dans le document ICCAT "Plan opérationnel du Programme d'Année Albacore".

D'autres recherches n'avaient pas été explicitement programmées initialement dans le cadre de ce programme mais ont été réalisées et ont couvert divers domaines utiles à la compréhension du problème:

- l'analyse des effets des anomalies de l'environnement sur la capturabilité des thons; ces études sont indispensables dès qu'il est apparu que les très bas rendements de 1984 semblaient principalement liés à une anomalie de l'environnement analogue au phénomène "El Niño", anomalie océanographique observée certaines années dans le Pacifique.
- La réalisation de marquages de gros albacores par la pêche sportive sur la côte est des Etats-Unis qui a conduit à diverses recaptures transatlantiques.
- l'analyse des prix de vente par espèce et par taille. Cette information est parfois utile pour bien comprendre les changements d'espèces cibles qui se sont produits durant la période récente.

Les résultats de ces recherches ont été présentés (pour la plupart) lors de la réunion finale du programme tenue à Madrid en juin 1989 (liste des participants donnée en Annexe 1) et un rapport des discussions de cette réunion a été présenté à l'ICCAT au SCRS en novembre 1989.

L'objectif est de présenter et de discuter dans le chapitre qui suit, d'une manière synthétique et résumée, les principaux résultats du programme.

L'objectif est de répondre à diverses questions qui étaient implicitement formulées à l'origine du Programme de l'Année Albacore:

1. Quelle est l'utilité réelle d'une taille limite à la première Capture pour l'albacore de l'Atlantique?
2. Existe-t'il un ou plusieurs stocks d'albacore dans l'Atlantique?
3. A quel niveau la biomasse de l'albacore adulte de l'Atlantique est se situait-il en 1984 par rapport aux autres années?
4. Quel a été le niveau et l'évolution de la biomasse de l'albacore de l'Atlantique ouest durant la période 1983-84?
5. Comment est intervenue la récupération du stock?
6. Quels enseignements peut-on tirer de la crise de 1984 en matière d'exploitation rationnelle des stocks?
7. Que se serait-il passé si l'effort de pêche était resté à son niveau de 1983?

Deux nouvelles questions sont en outre apparues lors de la réalisation du programme:

8. Peut-on identifier en temps réel ces anomalies de l'environnement et les prévoir?
9. Peut-on modéliser l'influence des facteurs de l'environnement sur les pêcheries?

Le présent ouvrage regroupe enfin les publications réalisées sur l'albacore dans le cadre de ce programme.

Les documents scientifiques repris dans le présent ouvrage n'ont pas été sélectionnés par un système d'arbitrage. Toutefois toutes les publications de cet ouvrage ont été revues chacune par deux chercheurs sélectionnés par le comité de rédaction (créé par le SCRS lors de la réunion de 1989) pour leur compétence dans le domaine d'étude. La liste des chercheurs ayant collaboré à ces révisions est donnée à l'Annexe 2.

B. BILAN RESUME DES RESULTATS DU PROGRAMME DE L'ANNEE ALBACORE

1. INTRODUCTION

Le présent rapport de synthèse a été réalisé en mars 1990 à Madrid par A. Fonteneau, P. Pallarés et M. Parrack à partir du document final de la réunion tenue à Madrid en juin 1989, des travaux réalisés par le SCRS en novembre 1989 et des documents soumis par leurs auteurs pour publication dans le présent ouvrage. Ce rapport fait un bilan, d'une part des activités des recherches menées dans le cadre du Programme de l'Année Albacore, et d'autre part des principaux résultats acquis par ce programme.

2. DONNEES DE BASE UTILISEES POUR LA RECHERCHE

Introduction

Concernant les divers domaines de recherche du Programme de l'Année Albacore, une série d'activités spécifiques ont été planifiées, reprises dans le plan opérationnel de ce programme et dont l'objectif était d'obtenir des informations les plus détaillées possibles aussi bien sur la stratégie de pêche que sur la biologie et le comportement de l'espèce, plus complète que celles normalement disponibles dans les bases de données.

En dernier lieu, au cours du Programme, des données sur l'environnement qui n'étaient pas prévues au départ, ont été incorporées, et ont eu un rôle fondamental dans le déroulement de la recherche.

Les résultats définitifs sont récapitulés dans une série de bases de données provenant de diverses sources: 1) environnement, 2) prise, effort et distributions par tailles, 3) observateurs, 4) marquage, 5) fécondité - ponte, 6) prix de vente, et 7) pièces dures.

2.1 Environnement

L'environnement joue un rôle important sur la biologie des thons et sur leur exploitation par les flottilles de pêche. Aucune donnée relative à l'environnement n'a été collectée par le Programme de l'Année Albacore; toutefois toutes les données relatives à l'environnement océanographique collectées par les océanographes physiiciens durant les années récentes (1982 à 1987) ont été réunies sur l'ordinateur du Centre de Recherches Océanographiques, Dakar, (CRODT), en vu d'analyses conjointes avec les données des pêcheries. Les données de températures de surface collectées en routine sur les senneurs français, sénégalais, ivoiriens, espagnols, ghanéens et japonais ont aussi été incorporées dans la base de données.

Au total sont ainsi disponibles de 1982 à 1987:

- 213.000 températures de surface
- 5.000 relevés de bathythermographes; les observations sont particulièrement nombreuses de 1982 à 1984 grâce aux campagnes du programme "Océan tropical et Atmosphère globale" (TOGA) réalisées dans l'Atlantique durant cette période.

Les données sont plus complètes pour l'Atlantique est et central que pour l'Atlantique ouest.

Toutes les données bathythermographiques ont été aimablement fournies par le responsable de la base de données TOGA de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) de Brest.

2.2 Statistiques de prises, effort et tailles

A cet effet, tous les pays capturant des albacores ont renforcé la qualité des données statistiques soumises en routine à l'ICCAT. Des efforts particuliers ont été accomplis aux îles du Cap-Vert, au Vénézuéla et aux Etats-Unis afin de disposer de statistiques détaillées d'albacore et sans biais, en particulier en ce qui concerne les tailles et le volume capturés. Les statistiques ainsi disponibles peuvent être considérées comme bonnes, avec un taux moyen de couverture des livres de bord d'environ 85% pour les flottilles de surface (1980 à 1987) et un échantillonnage des tailles capturées couvrant d'une manière satisfaisante la plupart des grandes flottilles thonières capturant des albacores (tableau 1). Toutes ces données statistiques ont été disponibles aux niveaux 1° mois pour les statistiques de prise et effort des flottilles de surface, 5° mois pour les statistiques palangrières et pour les fréquences de tailles des pêcheries de surface.

Certaines statistiques des pêcheries de surface sont collectées pour chaque opération de pêche et avec les positions exactes (en degrés et minutes) relevées par positionnement satellite. Ces données fines des livres de bord sont disponibles sur ordinateur aux scientifiques de chacun des pays concernés. Une base de données réunissant les livres de bord de diverses flottilles de surface a ainsi été créé au CRODT pour permettre un certain nombre d'analyses fines nécessaires à la compréhension de certains phénomènes.

La base de données statistiques aux normes classiques de l'ICCAT, i.e. au niveau 1° mois pour les pêcheries de surface et 5° mois pour la palangre, a permis de créer des fichiers de prises et d'efforts regroupant toutes les flottilles thonières opérant durant la période d'étude. Ces fichiers ont permis la réalisation de cartes de pêche synoptiques, ainsi que le calcul d'indices de pue sur diverses flottilles de surface et de profondeur. Les fichiers de prises par tailles ont permis la réalisation de bilans synoptiques en longueur à la fourche des tailles d'albacores capturés par les principales pêcheries. Les fréquences de tailles sont pour la plupart collectées en longueur prédorsales (LD1), les échantillons bruts (non extrapolés, en LD1 et sans substitutions de strates) sont aussi disponibles et ont été utilisés dans certaines études (Capisano et Fonteneau, ce volume).

Les fichiers des fréquences de tailles converties en longueur à la fourche (LF) ont aussi permis, après extrapolation aux captures totales, de calculer les tableaux des prises par âge dans l'Atlantique est et ouest utilisés dans les analyses démographiques de Fonteneau (ce volume).

2.3 Observateurs

Il est possible d'obtenir une information détaillée sur la façon dont se déroulent les différents types de pêche à bord des navires commerciaux uniquement grâce aux programmes d'observateurs à bord. La quantité et la qualité de données obtenues au cours des campagnes d'observateurs réalisées dans le cadre du Programme de l'Année internationale du Listao, ont conduit à inclure cette expérience dans le cadre du Programme de l'Année Albacore.

En faisant un bilan sommaire de l'incidence que l'information fournie par les observateurs de l'Année internationale du Listao a eu sur le déroulement de la recherche postérieure, nous devons signaler les répercussions qu'elle a eu sur: l'estimation de l'effort effectif et par conséquent sur les modèles de production ajustés de l'albacore, les types et associations de bancs, etc.

Dans le cadre du Programme de l'Année albacore, les données ont été obtenues sur un total de huit campagnes d'observateurs à bord de navires commerciaux qui se sont déroulées en Atlantique est (six) et ouest (deux). La figure 3 indique l'époque et la durée de ces campagnes ainsi que la zone approximative où elles se sont déroulées.

L'information provient des formulaires F, G et H élaborés pour l'Année internationale du Listao qui reprennent les données détaillées de l'effort, la localisation du banc et la manoeuvre du lancer et les échantillonnages de tailles respectivement. Par la suite, ces données ont été implantées dans les fichiers correspondants du CRODT et de l'"Instituto Español de Oceanografía" (IEO) et ont été traitées avec celles qui avaient été obtenues au cours de l'Année internationale du Listao.

2.4 Marquage

La nature migratoire des espèces de thonidés et les difficultés pour déterminer les âges par la lecture de pièces dures, surtout d'une espèce caractéristique des

eaux tropicales comme l'albacore, font que traditionnellement, pour étudier la croissance et la structure du stock de l'albacore atlantique on ait recours à des programmes de marquage.

Depuis la fin des années cinquante, des expériences de marquage de thonidés tropicaux sont effectuées de façon systématique dans l'Atlantique ouest, et à l'est depuis le début des années soixante-dix.

Le chiffre global de poissons relâchés est indiqué au tableau 2. Le nombre d'individus marqués au cours du Programme de l'Année Albacore est bien supérieur à d'autres années. Les campagnes réalisées à bord de navires de recherche et de canneurs commerciaux, n'ont pas obtenu les résultats escomptés; 3.026 poissons ont été marqués et 138 ont été recapturés. Quatre cents vingt et une marques ont été posées à bord de bateaux américains de pêche sportive. Ces récupérations incluent, pour la première fois, plusieurs grands albacores (plus d'un mètre). Ceci est d'un intérêt exceptionnel, tant pour les études de croissance que pour la connaissance des migrations des albacores adultes.

Toutes les marques d'albacore, récupérées dans l'Atlantique depuis 1985 jusqu'à présent, ont été incorporées dans un fichier du Centre de Recherches océanographiques (CRO) d'Abidjan. Ce fichier contient 1.212 récupérations, dont 500 sont employées pour les études de croissance et 800 pour les études des migrations.

2.5 Ponte

Il a été nécessaire de déterminer le sex-ratio par taille et d'analyser les indices gonado somatiques pour déterminer les saisons et les lieux géographiques des pontes, pour appuyer l'hypothèse que les modes observés dans les distributions par taille étaient des cohortes. Un grand nombre d'échantillons de gonades ont été rassemblés au cours du programme et ajoutés à ceux qui existaient pour obtenir un groupe de 12.000 spécimens. Le CRO d'Abidjan a rassemblé 3.762 échantillons de gonades durant le programme et les a ajoutés aux 1.589 spécimens déjà collectés. Dans le cadre du programme, ils ont pu rassembler 6.582 mensurations de sexe par taille. L'Institut de Recherche des îles du Cap-Vert a également contribué de façon significative dans le cadre du programme, avec 1.116 échantillons de sexe par taille et 567 échantillons de gonades, prélevés sur des albacores capturés par la pêche artisanale de lignes à main.

2.6 Prix du marché

Les prix du marché ont été pris en considération par le programme albacore pour étudier l'hypothèse que les changements de p.u.e. étaient causés, du moins en partie, par les variations des prix au déchargement de l'albacore et du listao. Le SOVETCO a fourni les prix du marché annuel FIS de la période 1980-1988, et la StarKist Corp., les prix mensuels des thons à Téma en 1983-89.

2.7 Analyse des structures osseuses

La détermination de l'âge des poissons capturés et l'estimation des taux de croissance sont un élément critique pour la recherche dans le domaine de la pêche. L'évaluation des anneaux circulaires apparents des pièces dures des poissons est une des méthodes parfois utilisée pour y arriver. A cet effet, le CRO d'Abidjan a prélevé dans le cadre du programme albacore 100 otolithes (structure osseuse de l'oreille interne) et 119 échantillons de vertèbres. Les scientifiques américains ont déterminé l'âge à partir des marques visibles sur ces parties osseuses.

Le but principal de cette analyse est de comparer l'âge des gros albacores capturés lors de la récupération du stock, estimé par les lecteurs de vertèbres, et l'âge du même groupe de poissons, et par l'analyse des tailles de poissons capturés.

3. RESULTATS DES ANALYSES

3.1 Prix de vente par espèce et par taille

En 1983 et 1984, la p.u.e. de l'albacore (en particulier des gros poissons) était faible, et il s'est produit une forte baisse dans les prises d'albacore et un changement d'espèce cible vers le listao. Ces changements de pue doivent être interprétés en fonction de variations possibles du prix de ces espèces: en effet, une variation sensible dans les prix aurait pu induire un changement d'espèce cible et expliquer un changement dans le comportement des flottilles. Par exemple, ces différences de prix du listao et du gros albacore ont entraîné un déplacement de l'effort des grands poissons vers les petits dans l'océan Pacifique durant les années 70, à cause du taux en mercure plus élevé contenu chez les grands poissons. Or, la comparaison des prix de vente par espèce et par catégorie de taille durant la période concernée et dans plusieurs marchés, ne montre aucune inversion entre la valeur des deux espèces dans l'Atlantique est qui eut été susceptible de provoquer un changement d'espèce cible (figure 4). Durant la période critique, le différentiel des prix entre les petits thonidés et les gros albacores a toujours été très fort; par exemple, en 1983-84, le prix de 1 kg de gros albacores est équivalent à celui de 1,9 kg de listao (SOVETCO).

Dans ces conditions, il n'est rentable de rechercher le listao (et les petits albacores), au lieu des gros albacores, que s'il y a un rendement de listao du double de celui des gros albacores. Ceci ne semble avoir été le cas que fin 1983 et début 1984, par suite de l'importance de certaines concentrations à dominante de listaos (Fonteneau, ce volume) ont pu rendre rentable l'exploitation intensive du listao, malgré les bas prix pratiqués. Mais ceci ne s'applique pas à l'ensemble de l'année 1984.

La comparaison des rendements financiers obtenus par les senneurs dans l'océan Atlantique et l'océan Indien a par ailleurs été réalisée (Fonteneau, ce volume): les forts indices observés dans l'océan Indien alors que les mêmes indices étaient très faibles dans l'océan Atlantique, explique bien le départ massif des senneurs vers l'océan Indien.

3.2 Environnement: l'anomalie de 1984

Les bas niveaux des prises et des rendements en gros albacores fin 1983 et en 1984 ont été analysés en rapport avec les conditions de l'environnement existant à la même époque dans le golfe de Guinée. L'analyse a porté sur les anomalies spatio-temporelles des pêcheries et de l'environnement, et les relations probables entre les deux types d'observations.

La principale anomalie dans la pêcherie se caractérise par une baisse importante dans les rendements de gros albacores (> 30 kg), qui commence fin 1983 dans le secteur sud-est de l'Equateur, et qui ensuite se généralise à toutes les zones de pêche d'un côté et de l'autre de l'Equateur durant les premiers mois de 1984. La situation de la pêcherie devient ensuite normale au cours de 1985.

Les observations sur l'environnement portent sur la température de surface et sur la profondeur de la thermocline: les températures de surface observées dans les zones de pêche du large à cette période sont comparables à celles des autres années, et, en général, sont typiques de ce secteur.

Par contre, une anomalie s'est développée dans toute la région fin 1983 et début 1984: pendant cette période, on a noté une immersion plus importante de la thermocline, c'est-à-dire un accroissement de l'épaisseur de la couche homogène (figure 5).

Cette anomalie a été bien analysée par divers océanographes physiciens dont Houghton et Colin (1987).

On peut envisager que cette anomalie de l'environnement a pu avoir divers effets sur la capturabilité des gros albacores. Ainsi:

- i) La migration des adultes au 4ème trimestre entre l'Atlantique central et la zone de ponte du golfe de Guinée aurait été modifiée, les adultes seraient restés hors des zones de pêche classiques des senneurs, donc pas accessibles.
- ii) Les albacores auraient été présents dans les zones de pêche, mais, par suite des conditions anormales dans l'épaisseur de la couche homogène, seraient restés plus dispersés et donc moins disponibles pour les senneurs.
- iii) La grande profondeur de la thermocline pourrait ainsi rendre les concentrations de ponte d'albacore plus mobiles verticalement, par l'approfondissement de la barrière thermique et, partant, trop profondes pour les sennes utilisées.

Outre la réduction de la capturabilité des adultes, les effets de l'anomalie de l'environnement semblent porter aussi sur l'importance des cohortes de 1984 et 1985 de l'Atlantique est. L'abondance de la cohorte de 1984 semble très faible (un tiers de la moyenne 1980-88) (Capisano et Fonteneau, ce volume) et la période de ponte semble avoir été prolongée, c'est-à-dire qu'une ponte annuelle plus étalée dans le temps aurait eu lieu.

Il a été noté qu'à l'avenir on pourrait analyser certaines données historiques, du fait qu'un phénomène de type "El Niño" s'est produit dans l'Atlantique en 1967-68,

ce qu'il conviendrait d'étudier. Une comparaison avec le cas de 1984 pourrait s'avérer intéressante pour établir le rapport entre le milieu et le degré de capturabilité des thonidés.

3.3 Structure des stocks

Divers documents concernant la structure des stocks ont été réalisés et sont repris dans le présent ouvrage. La structure du stock d'albacore est très complexe vu qu'il existe deux grandes frayères, à l'est et à l'ouest, ainsi probablement que d'autres zones de frai secondaires, avec des migrations importantes et en particulier des échanges de gros poissons entre l'Atlantique est et ouest.

La structure du stock d'albacore dans l'Atlantique central et est, admise en 1985 par les scientifiques, est représentée ci-après à la figure 6 reprise de Bard *et al.* (1988).

Jusqu'à présent les hypothèses de travail sur la structure de stock dans l'Atlantique employées pour les évaluations de stock étaient les suivantes:

- soit celle d'un stock unique dans l'Atlantique, avec donc des migrations très importantes entre l'Atlantique ouest, central et est
- soit celle de deux stocks séparés au niveau de la longitude 30° ouest (qui auraient pu présenter toutefois des échanges limités donc négligeables).

Les différentes évaluations de stocks ces dernières années ont surtout retenu la seconde hypothèse, ce qui était peut-être lié au fait que l'essentiel des captures et des données statistiques afférentes provenaient des pêcheries de l'Atlantique est. Plusieurs types de considérations amènent à revoir cette position:

a) Données des marquages

Tous les marquages d'albacores avaient jusqu'à présent porté sur des individus de moins d'un mètre. La plupart des recaptures étaient observées pour une même gamme de taille, du fait des durées de liberté modérées observées pour l'albacore (100 jours en moyenne). Ces marquages traditionnels ne renseignent donc que sur la croissance et sur les migrations des juvéniles. Pour la première fois, des marquages importants ont pu être réalisés sur des albacores adultes par la pêche sportive des Etats-Unis. Ces marquages fournissent des résultats très nouveaux et intéressants sur la croissance et sur les migrations des adultes.

Ainsi sept gros albacores marqués entre 1985 et 1987 devant les côtes américaines ont été recapturés dans les pêcheries de surface des côtes occidentales africaines (figure 7).

Ces récupérations transatlantiques apportent donc la confirmation de la migration de gros albacores entre l'ouest et l'est Atlantique.

- Les recaptures en 1981-84 issues des marquages de gros albacores devant les côtes des Etats-Unis sont plus nombreuses dans l'Atlantique ouest. Néan-

moins, il y a eu pour la période 1985-89, sur 22 recaptures, 15 à l'ouest contre 7 recaptures transatlantiques (au delà d'un an à la mer) (Bard et Scott, ce volume).

Les prises de gros albacores plus importantes dans l'Atlantique est que dans l'ouest, et probablement un meilleur signalement des marques en est Atlantique, soulignent la complexité de l'analyse des données de recapture correspondant aux traversées transatlantiques.

- Le temps passé en mer des poissons marqués effectuant des traversées transatlantiques a été entre 15 et 28 mois.
- Les recaptures de gros albacores marqués en Atlantique ouest ont toutes été faites par des engins de surface, tant à l'ouest qu'à l'est. Or, les pêcheries palangrières qui ont opéré dans l'Atlantique entier n'ont signalé aucune recapture, bien que les tailles d'albacore capturées par les palangres soient semblables à celles qui ont été marquées en ouest Atlantique (T. Diouf). Le taux de retour des marques de la pêcherie palangrière est toutefois difficile à connaître, alors que pour les pêcheries de surface la plupart des poissons marqués sont identifiés. Il n'est toutefois pas exclu que les recaptures de la pêcherie palangrière soient mal connues. Si la non recapture à la palangre d'albacores marqués est un fait réel, il y aurait là l'indice d'un mélange limité entre les albacores évoluant en surface et ceux évoluant en profondeur.

La recapture signalée auparavant de deux petits albacores qui auraient traversé d'est en ouest semble douteuse (Browder *et al.*) car les dits petits albacores ont pu être débarqués, non pas par un bateau opérant dans l'Atlantique ouest, mais par un cargo congélateur transbordant à Porto-Rico du poisson pêché dans le golfe de Guinée.

b) Données des pêcheries

L'analyse des données des pêcheries palangrières (p.u.e. et tailles) avait dès 1970 conduit Honma et Hisada à conclure qu'il existait dans l'Atlantique deux fractions de stocks d'adultes situées dans l'Atlantique est et ouest, mais qui se mélangent durant l'été suite à d'importantes migrations est-ouest.

Les informations récentes sur les pêcheries ont été analysées:

Tendance des rendements:

En 1984-85 les palangres, tant à l'ouest qu'à l'est, ne présentaient pas de changements significatifs dans les p.u.e. alors qu'il se produisait une baisse importante dans la p.u.e. des gros poissons (> 30 kg) capturés par les senneurs en 1983 et au début de 1984.

Fréquences de taille:

- Les tailles des albacores capturés par les différentes pêcheries de palangre sont similaires entre l'est et l'ouest Atlantique (figure 8).
- La pêcherie de senneurs du Vénézuéla dans l'Atlantique ouest capture très peu d'albacore de plus de 130 cm, par rapport à la pêcherie de senneurs de l'Atlantique est, mais ceci peut être lié au fait que les pêcheries du Vénézuéla n'exploitent pas les eaux du large où se trouvent généralement les gros poissons, tout du moins dans l'Atlantique est (figure 9).
- Les pêcheries côtières à la canne en est et ouest Atlantique capturent une majorité de petits poissons, mais avec des gammes de taille plutôt différentes (figure 10). On note toutefois que les tailles des petits albacores capturés dans l'Atlantique ouest sont toujours supérieures à celles capturées à l'est, le plus souvent supérieures à 40 cm avec une taille modale de 55 cm.

c) *Conclusions*

L'analyse des fréquences de taille révèle donc une homogénéité apparente des gros poissons évoluant en profondeur et pêchés à la palangre. Il est plus difficile de conclure sur les poissons de surface. On note toutefois la concentration de petits albacores dans les zones côtières, tant en est Atlantique qu'en ouest Atlantique, ce qui correspond bien à l'existence de deux zones de pontes à l'est et à l'ouest (Capisano et Fonteneau et Bard et Capisano).

Au vu de ces observations, les hypothèses actuelles sur la structure de stock sont donc que:

- Les petits albacores vivant de part et d'autre de l'Atlantique ne montrent pas de mélanges significatifs.
- Les gros albacores, bien que présentant peut-être une certaine indépendance entre poissons de profondeur et poissons de surface, effectuent des migrations significatives entre l'Atlantique ouest et est selon un taux de mélange dont l'importance reste à définir.

La figure 11 schématise le paradigme actuel concernant la structure du stock qui peut être reconstituée à l'issue du Programme de l'Année Albacore.

3.4 Indices d'abondance par taille des différentes flottilles, Atlantique est et ouest

La p.u.e. mensuelle de l'albacore a été calculée selon la méthode de Honma pour l'ensemble des flottilles palangrières pêchant dans l'Atlantique est, centre et

ouest. Les indices de p.u.e. de l'albacore des diverses flottilles vénézuéliennes (canniers, senneurs et palangriers) ont été aussi calculés de 1983 à 1987; on dispose ainsi à partir de ces données d'indices d'abondance pour l'Atlantique ouest.

Divers indices de p.u.e. des principales flottilles de senneurs (FIS et espagnole) dans l'Atlantique est ont été calculés pour la période 1980-88. Des valeurs de p.u.e. nominale et de p.u.e. effective ont été calculées par quinzaine pour les deux principales espèces de la pêcherie, l'albacore et le listao, a) en prenant l'effort comme jours de pêche, b) en retenant le temps de recherche, calculé selon la méthode de Fonteneau (1981), comme mesure de l'effort effectif. Les temps de recherche ainsi estimés tiennent compte de la réduction de la durée des coups de senne observée de 1981 à 1987.

Des indices de concentration de Gulland (1964) sur l'albacore et le listao (p.u.e moyenne/moyenne des p.u.e.) ont aussi été calculés pour les senneurs de 1980 à 1988.

Pour l'albacore, divers indices de p.u.e sont mentionnés par catégorie de poids. Ainsi, pour les poissons de plus de 30 kg, deux méthodes ont été utilisées: Fonteneau (1986) et Laurec-Fonteneau (1979). La p.u.e. des juvéniles a été aussi obtenue par cette dernière méthode. Pour la p.u.e. globale (figure 1), et quel que soit l'indice utilisé, on peut observer l'importante anomalie des rendements de l'albacore des années 1983-84, suivie d'un rétablissement spectaculaire de ceux-ci.

Cette importante réduction des indices d'abondance est observée dans les pêcheries de senneurs de l'Atlantique est et est jugée être la cause des forts changements qui se sont alors produits dans cette pêcherie: réduction drastique de l'effort nominal du fait du transfert massif de senneurs, surtout FIS, vers l'océan Indien, et accroissement de l'effort effectif portant sur le listao.

Les p.u.e. par catégorie de poids (tableau 3) montrent que l'anomalie de 1983-84 n'est observée que chez les gros albacores, qui durant ces années (fin 1983 et début 1984) n'ont pas été capturés dans le secteur équatorial, secteur traditionnel de pêche de géniteurs (Fonteneau et Pallarés). L'interprétation de la chute des valeurs de p.u.e. pendant la durée de l'anomalie, et de leur accroissement ultérieur, affectera immédiatement l'emploi d'indices d'abondance de l'albacore dans l'ajustement de VPA, modèles de production, etc.

Tout semble indiquer un moindre degré de capturabilité des gros albacores à la senne; les conditions de milieu anormales durant cette période pourraient avoir rendu ces individus inaccessibles à la senne. Il apparaît aussi que la zone équatoriale a été très peu prospectée par les senneurs au premier trimestre 1984 du fait du transfert de l'effort de pêche vers le listao.

L'accroissement important des p.u.e. d'albacore observé à partir de 1985 peut être interprété comme résultant d'un accroissement de q (capturabilité), dont les causes seraient liées à un accroissement de l'efficacité de pêche des senneurs sur l'albacore et le listao. De nombreuses données viennent à l'appui de ceci: la durée moyenne des coups de senne s'est considérablement réduite depuis le début de la période (Ariz *et al.*). le temps de recherche a également diminué par rapport au temps de pêche. Cette contradiction apparente peut s'expliquer par les changements techniques et de stratégies des flottilles de ces dernières années, tels que: plus grande efficacité de la localisation des bancs du fait de l'introduction de meilleures techniques (radar à oiseaux, etc.), accroissement de la fréquence de grands bancs

d'albacore adulte, ce qui a augmenté la taille moyenne des bancs capturés (figure 12), et une réduction de la compétition entre les navires, suite à la réduction de la taille des flottilles. Les estimations actuelles de l'effort effectif employées actuellement pourraient être alors sous-estimées pour les années récentes (par exemple depuis 1985). Il demeure en outre très probable que la biomasse des stocks d'albacore et de listao se trouve depuis 1988 à un niveau accru par suite de la forte réduction de l'effort de pêche dans l'Atlantique est.

3.5 Bilan des tailles capturées (Atlantique est et ouest) et décomposition en structures plurimodales

Les tailles des albacores capturées par les senneurs en 1984 ont tout d'abord été comparées à celles capturées de moyenne par les senneurs de 1980 à 1988 (figure 13).

Cette comparaison révèle que:

1. les captures de petits albacores, moins de 70 cm, sont légèrement supérieures à la moyenne, ceci malgré l'effort de pêche réduit.
2. les captures d'albacores de tailles moyennes, 70 à 120 cm, sont au niveau de celles observées en moyenne de 1980 à 1988.
3. les captures de gros albacores, plus de 1,20 m, sont elles très faibles comparées à la moyenne.

Par ailleurs, la croissance de l'albacore a été étudiée en se basant sur les données de fréquences de taille pour l'Atlantique est et ouest (Capisano et Fonteneau). La filiation des modes a été réalisée sur une base mensuelle et l'équation de croissance de Von Bertalanffy a été ajustée aux données. Les cohortes peuvent être en général clairement identifiées pour les petits poissons par suivi des progressions modales, mais la séparation entre les cohortes devient progressivement difficile pour les gros poissons.

A l'exception de la cohorte recrutée en 1984 qui est faiblement représentée dans les échantillons, les tailles modales des albacores capturés par la flotte de surface dans l'Atlantique est (Sénégal, Côte d'Ivoire, Ghana, Espagne, Japon et Congo) sont en général relativement homogènes à un instant donné (figure 14). La situation est différente pour les prises des barques du Cap-Vert qui sont très hétérogènes. Au Vénézuéla, bien que les différentes cohortes soient facilement identifiables dans la pêche de surface, on observe une certaine variabilité interannuelle des tailles modales. La situation est analogue dans la pêcherie palangrière du Brésil.

La comparaison des distributions des tailles capturées dans l'Atlantique est et ouest a été effectuée. Si les structures en taille des prises palangrières sont comparables à l'est et à l'ouest, on note que les captures réalisées dans l'est de l'Atlantique par les engins de surface comprennent des poissons de plus grande taille et

aussi beaucoup plus d'albacores de très petite taille, par exemple moins de 50 cm de LF.

Ces observations pourraient correspondre à une hétérogénéité entre les petits albacores de l'Atlantique est et ouest résultant de zones et périodes de ponte distinctes et de l'abondance de migrations est ouest pour ces jeunes individus. Au contraire, la population d'adultes pêchée à la palangre serait plus homogène dans tout l'Atlantique du fait des migrations.

Les différences entre les tailles capturées à l'est et l'ouest dans les pêcheries de surface, par exemple la rareté à l'ouest des très petits et des très gros albacores, pourrait s'expliquer, soit par un mode d'exploitation différent (par exemple peu de captures réalisées dans les zones du large) soit par de réelles différences dans les tailles présentes dans les fractions de stocks ouest et est.

3.6 Réexamen de la croissance de l'albacore (Atlantique est et ouest)

a) Epoques et zones de reproduction

Dans le but de relier les différentes cohortes qui apparaissent dans les distributions de fréquence de tailles à des aires et des époques de reproduction bien déterminées, des analyses sur l'état de maturation des gonades ont été faites. A partir d'échantillons récoltés depuis 1980, Bard et Capisano présentent les évolutions mensuelles des Indices gonado somatiques (IGS) d'individus capturés en surface dans l'est atlantique. Dans les secteurs équatoriaux nord et sud, comme dans le golfe de Guinée, la ponte se produit de novembre à mars, avec un maximum de décembre à février (figure 15a). Cette zone se caractérise alors par une thermocline peu profonde et des eaux chaudes en surface avec un léger décalage temporel avec la ponte. Au niveau de la zone nord-tropicale (Sénégal-Guinée), la reproduction a lieu d'avril à juin (figure 15b). L'hypothèse d'une phase d'activité sexuelle aux îles du Cap-Vert, supposée depuis longtemps, aux mois d'août-septembre (c'est-à-dire pendant la présence d'eaux chaudes dans la zone), est bien mise en évidence par ces études.

Les mêmes auteurs réanalysent également le fichier historique des indices gonado-somatiques concernant les albacores pêchés à la palangre. En ne considérant que les poissons de plus de 140 cm de LF (les seuls poissons matures dans la pêcherie palangrière), cette étude montre que la reproduction s'effectue durant le 1er trimestre dans l'océan Atlantique est, au 1er et 3ème trimestres pour la zone centrale, et seulement au 3ème trimestre dans l'ouest (figures 16a et 16b). Ce dernier point constitue donc un élément nouveau. Des travaux antérieurs pour ce secteur occidental de l'Atlantique concluaient à une activité sexuelle au début de l'année.

Il semble que, par suite de la vaste distribution géographique des larves et de la période relativement longue de la ponte, il est difficile d'identifier de façon précise la période et la zone de ponte à partir des données sur les larves disponibles actuellement.

Des études histologiques auraient été utiles pour vérifier la validité de l'emploi des indices gonadiques, ainsi que pour étudier la fécondité et le comportement reproducteur. L'emploi de prospections larvaires aurait aussi pu fournir des preuves plus directes sur la ponte. L'analyse des indices gonado-somatiques constituent toutefois une méthode aisée, économique et performante pour bien identifier la variabilité spatio-temporelle de la ponte.

b) Sex ratio en fonction de la taille

Entre 23 et 32 cm de LD1 (75-115 cm LF), la proportion de femelles est légèrement inférieure à celles des mâles, puis elle devient significativement supérieure entre 36 et 39 cm (122-145 cm LF) (figure 17). Au-delà de cette dernière taille, le sex ratio chute brutalement jusqu'à la disparition des femelles pour les grandes classes de taille. Une classique explication à cette observation serait une différence de croissance entre les deux sexes: le paramètre K serait plus élevé chez les femelles et la taille asymptotique (L_{∞}) serait inférieure (moins de 10% de poissons de plus de 44 cm LD1 (160 cm LF) sont femelles). L'hypothèse d'une mortalité naturelle plus élevée des femelles, en relation avec la ponte, est aussi classiquement avancée. L'hypothèse d'une baisse brutale de la capturabilité des femelles paraît moins réaliste.

c) Analyse de la croissance à partir des marquages

Après élimination des recaptures inférieures à 30 jours de liberté, les résultats obtenus sur la croissance grâce aux données des marquages confirment la phase d'accroissement lent pour les albacores de moins de 65 cm de LF (Bard). Cette analyse suggère, toutefois, une certaine variabilité interannuelle du taux de croissance. Pour les individus de taille supérieure à 65 cm, les estimations des paramètres K et L_{∞} de l'équation de Von Bertalanffy sont également similaires aux résultats antérieurs pour l'Atlantique est. Enfin, le même auteur a employé pour décrire ces deux phases de croissance un modèle unique à quatre paramètres, (Richards 1959). Certains paramètres de ce modèle sont difficiles à estimer (surparamétrage), mais la mise au point de tels modèles composite est à encourager. Pour l'Atlantique ouest, l'obtention d'une taille asymptotique inférieure est soit réelle, soit n'est que le reflet de la faible représentativité des gros albacores dans le jeu de données analysé. L'idée d'un autre modèle composite, construit sur la base de deux équations de Von Bertalanffy, l'un pour les juvéniles, l'autre pour les adultes, a été proposée par Capisano, Fonteneau.

d) Analyse de la croissance à partir des tailles modales

La figure 14 présente les progressions modales des cohortes d'albacores observées sur les captures des senneurs dans l'Atlantique est. Une courbe de croissance de type composite a été ajustée à l'oeil sur les données de la cohorte recrutée dans la pêcherie en mai 1983 qui apparaît très nettement et pendant plusieurs années

dans la pêcherie. En dépit des problèmes posés par la difficile identification des classes d'âges des grands individus, la translation de cette courbe "type" aux cohortes recrutées entre 1980 et 1987 traduit probablement leur croissance de manière satisfaisante. La courbe de croissance estimée pour ces progressions modales est très semblable à celle observée pour l'albacore dans les études antérieures utilisées par le SCRS. La même opération réalisée sur les données de l'Atlantique ouest semble indiquer que le schéma de croissance est globalement le même, à l'est comme à l'ouest (du moins sur les données du Vénézuéla). Un décalage de 2-3 mois semble toutefois séparer les progressions modales observées dans les deux secteurs; ce décalage serait à mettre en relation avec le décalage de la ponte, qui a lieu trois mois plus tôt à l'ouest qu'à l'est.

Les fréquences de taille de la prise de surface vénézuélienne (sud-est de la mer des Caraïbes), analysées par Gaertner et Pagavino montrent aussi clairement les deux phases du modèle composite utilisé dans l'Atlantique est, à savoir: une étape de croissance lente suivie par une accélération. Basé sur le critère du meilleur ajustement des deux sousmodèles, le point de rupture de pente se situe vers 69 cm de LF. La faible valeur du L_{∞} calculé dans cette zone peut correspondre à un potentiel de croissance inférieur des adultes (le L_{∞} ainsi calculé est voisin de ceux du Pacifique et de l'océan Indien). Toutefois, comme dans l'analyse de la croissance à partir des marquages, la faible valeur de L_{∞} peut provenir du faible nombre de gros albacores dans les échantillons. L'hypothèse de ce biais est renforcée par les estimations des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy obtenues sur la pêche palangrière brésilienne qui sont très proches des valeurs de l'Atlantique est. Les albacores pêchés au Brésil sont recrutés (par cet engin) en mars au moment de l'accélération de croissance (environ 70 cm). Il y aurait donc un décalage d'environ 7 mois entre ces échantillons du Brésil et ceux provenant de la pêche vénézuélienne (figure 18). Ces résultats semblent indiquer qu'il existerait deux composantes distinctes issues de pontes séparées dans l'Atlantique ouest.

On remarque également que les quelques tailles modales fournies sur les captures de senneurs américains dans la mer des Caraïbes et le nord-ouest atlantique s'ajustent parfaitement sur le schéma de croissance donné pour le Brésil. L'hétérogénéité des tailles dans l'ouest Atlantique entre les secteurs nord, central et sud devrait donc faire l'objet d'analyses et d'interprétations approfondies.

La conclusion est qu'il existerait une phase de croissance lente (plus ou moins linéaire jusqu'à 70 cm), suivie par une phase de croissance rapide décrite par le modèle de Von Bertalanffy.

A la différence des albacores pêchés au large de l'Afrique, deux, et même trois modes peuvent être identifiés et suivis dans les données de fréquences de taille mensuelles de l'Atlantique ouest. Dans l'Atlantique est, seul un mode dominant par année peut être suivi dans les fréquences de prise par taille mensuelles. Les éventuels modes issus de la ponte d'été du Cap-Vert ne sont pas clairement reflétés dans les fréquences de taille mensuelles observées dans l'Atlantique est.

Malgré ces résultats, de nombreuses incertitudes persistent, comme l'estimation de l'âge des gros individus et l'établissement de courbes de croissance des adultes en fonction du sexe. Si une certaine variabilité interannuelle dans la croissance semble probable, l'existence d'éventuelles variations dans les taux de croissance en fonction de la zone géographique reste inconnue.

e) Lectures de l'âge à partir des pièces osseuses

100 otolithes et 189 vertèbres ont été prélevées par le CRO d'Abidjan sur des gros albacores (+ 1.10 m) au premier trimestre 1986. L'objectif de cette étude était de préciser dans la mesure du possible l'âge des albacores de grandes tailles, très importants pondéralement dans les captures, mais pour lesquels la structure d'âge estimée par décomposition des modes demeure très incertaine (Capisano et Fonteneau). Ces lectures directes réalisées par C. Manooch et J.A. Hinkley indiquent que les albacores de cette taille correspondraient à des individus d'âge 2 à 5 (vertèbres) ou 4 à 6 (otolithes). Ces résultats sont globalement cohérents vis à vis des estimations de l'âge réalisées à partir des fréquences de taille (exception faite de quelques lectures qui semblent difficiles à interpréter). Bien que ce résultat soit encourageant, un échantillonnage plus systématique et plus important serait nécessaire, pour préciser la structure d'âge du groupe des gros albacores.

3.7 Analyse des fichiers d'observateurs, période 1981 à 1987 Atlantique est et ouest

En profitant de l'expérience accumulée par les observateurs lors du Programme de l'Année Listao, et de la précieuse information qu'ils nous ont fournie, il a été décidé, dans le cadre du Programme de l'Année Albacore, d'embarquer des observateurs scientifiques sur les senneurs dans le but d'obtenir des données sur l'évolution des méthodes de pêche, des stratégies de détection, de la poursuite et de la capture de thonidés. La baisse spectaculaire du nombre de senneurs opérant dans l'Atlantique est, et les progrès permanents dans les techniques de pêche, pourrait avoir engendré des changements dans les stratégies de pêche. D'autre part, les observateurs pouvaient effectuer des expériences et apporter des données permettant d'optimiser les stratégies de l'échantillonnage au port qui sont utilisées à l'heure actuelle. Dans le cadre du Programme de l'Année Albacore, huit campagnes d'observation ont été menées à bien, dont six dans l'Atlantique est et deux dans l'ouest (figure 3).

Un document global (Ariz *et al.*, ce volume) reprend les diverses expériences réalisées et analyse les résultats obtenus. Dans les paragraphes suivants, le document:

Analyse les données relatives à l'activité des flottilles (angles et distances de détection, indices de repérage et types de bancs), et les compare avec celles de l'Année Listao. La principale différence observée est un accroissement, pour les flottilles FIS et espagnole, du pourcentage du temps passé aux opérations de pêche, au détriment du temps de suivi (tableau 2). Le temps passé à pêcher n'est pas dû à une augmentation du temps de manoeuvre de la senne, qui par contre a été réduit, mais à l'accroissement du nombre de coups de senne par jours de pêche. Ceci nous amène à déduire que les deux flottilles seraient devenues plus efficaces que lors de l'Année Listao. Depuis la fin de la dernière campagne d'observateurs à bord de navires espagnols, des radars permettant de localiser des oiseaux, principal indice de détection des bancs, ont été installés sur les navires de cette flottille, ce qui a produit vraisemblablement un nouveau changement dans la durée des diverses activités.

Analyse la durée des coups de senne effectués dans l'océan Atlantique par des navires des flottilles FIS et espagnole (figures 19 a, b). Il compare aussi la durée de la manoeuvre en fonction de la capture et de la flottille qui l'effectue. On note une réduction de la durée de la manoeuvre dans les coups de senne nuls pour les deux flottilles. Cette réduction est plus importante pour la flottille FIS que pour la flottille espagnole; la durée d'un coup de senne continue cependant à être plus courte pour les senneurs espagnols (1.5 heure) que pour les senneurs FIS (1.8 heure). La tendance se note aussi dans les coups de senne productifs, qui sont plus rapides, aussi bien pour la flottille FIS que pour la flottille espagnole.

Présente l'activité globale des observateurs, et l'analyse menée à bien sur les types de bancs et leur taille, obtenus lors de l'Année Albacore. Si l'on compare ces données avec celles obtenues lors de l'Année Listao, on note que les bancs pêchés sont de plus grande taille. Malgré tout, on ne peut pas être concluant sur ce point, vu la différence d'intensité de l'échantillonnage effectué lors des deux programmes, et vu les différences entre périodes et zones de pêche pendant les campagnes d'observation. Ce résultat semble toutefois confirmé par l'analyse des livres de bord réalisée par Fonteneau et Pallarés qui mettent en évidence la plus grande fréquence des gros bancs de gros albacores depuis 1985 pour l'ensemble de la pêcherie de senneurs (figure 12).

Présente l'information détaillée de l'exploitation des thonidés associés à un objet flottant durant une semaine. Les travaux de ce genre montrent l'intérêt des observateurs à bord, étant donné que ce type d'information ne peut pas être extraite des livres de bord.

Décrit l'expérience réalisée dans l'Atlantique est qui avait comme but d'établir le taux de mélange qui se produit entre les poissons de différents coups de senne, stockés dans la même cale. Le taux de mélange estimé à partir de cette expérience est de 15%. Plusieurs facteurs peuvent faire que ces taux de mélange soient variables; entre autres, les plus importants sont la taille des poissons capturés et la façon dont la cale est vidée (par flottaison ou à sec). Cette seule expérience ne nous permet pas d'arriver à une conclusion définitive. Il serait donc souhaitable d'effectuer d'autres expériences de ce genre, vu que l'échantillonnage de taille se base, à l'heure actuelle, sur l'identification de chaque coup de senne.

Décrit les diverses expériences menées à bien pour estimer le taux de récupération des marques observées pour des poissons marqués lors de leur mise en cale ("salage"). Des expériences de ce genre avaient déjà été réalisées lors de l'Année Listao. Les résultats obtenus sur le listao sont semblables, avec des taux de récupération allant de 0.6 à 0.8. Pour les poissons de grande taille, albacores, la récupération est complète, due à la manipulation différente que subissent ces poissons lors du débarquement. La connaissance de ce facteur est importante pour effectuer des estimations quantitatives à partir des fichiers de marques récupérées.

Présente les résultats obtenus en comparant 9 échantillonnages de tailles effectués par des observateurs sur divers bancs capturés et les échantillonnages respectifs réalisés dans les ports de débarquement par les échantillonneurs habituels. Dans cinq des échantillonnages effectués, il n'apparaît pas de différences significatives en analysant les deux distributions de taille avec le test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov. On observe des différences entre échantillonnage à bord et au port dans les quatre autres. Ces résultats, bien que fragmentaires, indiqueraient

que l'échantillonnage au port serait parfois biaisé au niveau fin de l'échantillonnage des prises par calées individuelles, en particulier dans le cas de petits échantillons.

Les campagnes d'observateurs scientifiques à bord des senneurs durant le Programme de l'Année Albacore ont donc apporté des informations très utiles pour l'interprétation des indices des pêcheries. Ces campagnes d'observations devraient à l'avenir être réalisées sur une base régulière.

3.8 Analyse fine de la période critique, 1983-1984

Une étude sur la pêcherie en Atlantique est a permis d'observer un changement prononcé en ce qui concerne les lieux de pêche des senneurs, de décembre 1983 à janvier 1984 (Fonteneau). Depuis 1975, durant cette période de l'année, les flottilles de senneurs pêchent habituellement dans le secteur sud-tropical du large, entre environ 5°S et 5°N; or, en 1984, leurs prospections se sont déplacées vers le secteur nord entre 2°N et 5°N vers 15° ouest (figures 20 a et b). Le plus probable est que ce déplacement de la zone de pêche des senneurs soit dû à la faible disponibilité des gros albacores, et aux fortes concentrations de listao dans ces eaux nord-tropicales, ce qu'appuie le fort indice de concentration de Gulland pour le listao début 1984.

Les zones méridionales du large ont été peu explorées par les flottilles de senneurs et très peu de bancs d'albacore y ont été observés. La composition par espèce ne s'est pas modifiée de façon significative en 1984 dans la zone de pêche sud-tropicale du large, mais le pourcentage de gros albacores capturés y était bien inférieur.

Par suite des modifications des lieux de pêche, et des faibles rendements en gros poissons, la prise de gros albacores par les flottilles de senneurs en 1984 montre une forte baisse (figure 13) (Fonteneau et Pallarés, ce volume).

La pêche palangrière a été stable dans tout l'Atlantique pendant la période critique, tant pour la p.u.e. que pour le mode de pêche (Diouf, ce volume).

Pour l'Atlantique ouest, la p.u.e. des flottilles de surface, (senneurs et canneurs vénézuéliens, et canneurs brésiliens) n'a montré aucune tendance apparente en 1983 ou 1984.

3.9 Réestimation de la matrice des prises trimestrielles d'albacore par âge

La nouvelle méthode utilisée pour séparer par découpage la prise par taille en prise par âge est décrite par Capisano et Fonteneau. Cette séparation a été effectuée en supposant que la croissance de tous les poissons, aussi bien de l'est que de l'ouest de l'Atlantique, s'est effectuée comme celle de la cohorte de 1983 de l'Atlantique est, après correction d'un décalage de 3 mois dans les dates de naissance des cohortes dans l'Atlantique ouest. Le taux de croissance de la cohorte de 1983 de l'Atlantique est a été évalué à l'oeil à partir de la progression mensuelle des modes des échantillons de longueur prédorsale des prises. Cette croissance correspond bien à celle issue des marquages. Cette technique a permis d'estimer les prises trimestrielles par âge dans l'est et dans l'ouest Atlantique selon les règles de partages données par Capisano et Fonteneau.

D'autres techniques d'estimation des prises par âge à partir des prises par tailles sont envisageables mais elles restent à explorer, en particulier par l'emploi d'équations de croissance composite.

Par ailleurs la ponte se produisant à différentes saisons dans l'Atlantique est (janvier à mars) et dans l'Atlantique ouest (septembre à novembre) et étant donné que des migrations transatlantiques, du moins de gros albacores, ont été observées (Bard et Scott) la détermination de l'âge à partir de la taille devient problématique, spécialement pour les adultes. Le tableau des prises par taille peut en effet contenir des poissons nés à des époques différentes et qui ont un âge différent à une même taille. Même s'il s'agit d'un problème délicat à résoudre, les estimations actuelles de la prise par âge semblent toutefois suffisamment précises du moins pour les analyses préliminaires, en attendant la mise au point d'autres méthodes. Il est donc vraisemblable que les matrices actuelles de prises par âge constituent pour l'Atlantique est et ouest des hypothèses de travail acceptables.

3.10 Analyse du tableau de prise par âge

L'unique analyse de cohorte (VPA) effectuée sur l'albacore de l'Atlantique est a été réalisée par Fonteneau. La mortalité naturelle M a été considérée comme non variable dans le temps et variable selon l'âge ($M = .8$ aux âges 0 et 1, puis $M = .6$). Les paramètres de base des analyses (F et N) ont été estimés, non pas par calibration, mais choisis à des niveaux correspondant à des interprétations raisonnables d'observations scientifiques des phénomènes (lesquels sont aussi bien de nature biologique qu'halieutique), obtenues à partir d'échantillons intensifs de la pêcherie tropicale sur un nombre considérable d'années. L'analyse ayant été conduite dans l'hypothèse d'un stock Atlantique est et, vu qu'il existe actuellement des indices de l'existence d'un stock atlantique unitaire (sept recaptures transatlantiques ont récemment été signalées), les analyses futures devraient considérer l'existence éventuelle d'un stock unique de gros poissons (30 kg et plus) et de groupes distincts de jeunes poissons, un dans l'Atlantique est et l'autre dans l'Atlantique ouest.

Les prises d'albacore dans l'Atlantique ouest, surtout de gros poissons, se sont accrues très rapidement dans les années récentes. Ceci rend difficile les analyses de cohortes à l'ouest, comme pour l'Atlantique est. La possibilité d'ajuster les calculs de VPA de la biomasse du stock selon les p.u.e. des pêcheries de surface et de palangre a aussi été envisagée afin d'améliorer les analyses actuelles. De telles analyses ont posé toutefois un certain nombre de problèmes techniques qui n'ont pu présentement être résolus, et qui devront faire l'objet de recherches ultérieures.

4. MODELISATION DE L'EXPLOITATION (ATLANTIQUE EST ET OUEST)

4.1 Modèle de production

Le modèle de production a été appliqué en fonction des hypothèses afférentes à la structure du ou des stocks.

Pour l'Atlantique ouest, l'application du modèle de production à la pêcherie de l'Atlantique ouest n'a pas été couronnée de succès, car la série de données disponible semble encore trop courte pour la pêcherie de surface, et la p.u.e. palangrière ne semble pas représenter l'abondance réelle du stock d'albacore. Par conséquent, les données d'effort de pêche nominal disponibles actuellement ne permettent pas de calculer un effort de pêche effectif des pêcheries.

Dans l'hypothèse d'un stock Atlantique unique, le fait que les petits poissons de part et d'autre de l'Atlantique ne se mélangent pas constitue une source de biais possible. Le fait que les gros poissons semblent se mélanger jusqu'à un certain point permettrait d'envisager un modèle de production pour le seul stock de gros poissons. On ne dispose pas, malheureusement, d'un indice d'abondance jugé valable pour tout l'océan, et aucun modèle global n'a été réalisé dans cette hypothèse.

L'hypothèse d'un stock Atlantique est restée probablement valide malgré les déplacements transatlantiques d'adultes qui ont été observés. On ne sait pas encore jusqu'à quel point ces recaptures signifient un mélange rapide et complet des gros poissons entre l'Atlantique est et ouest.

Un modèle de production ajusté aux années 1969-88 a été réalisé (figure 21). Il apparaît que ce modèle rend bien compte de l'évolution du stock est, tant dans la phase de croissance de l'effort de pêche, que lors de la phase de régression. La prise de l'année 1984, qui est très faible, s'explique surtout par la brusque réduction de l'effort des senneurs qui s'est produite après plusieurs années de taux élevés d'exploitation.

On remarque que la production et la pêcherie a rejoint dès 1988, c'est-à-dire très rapidement, la courbe de production équilibrée du stock. Cette réaction très rapide du stock peut tenir à deux facteurs principaux:

1. La biomasse de 1984 n'était vraisemblablement pas aussi basse que le laissait penser la PUE (faible capturabilité). De ce fait, l'effort effectif en 1984 aurait été très faible,
2. La forte cohorte 1983 aurait contribué à une récupération rapide du stock.

La validité de ce modèle de production pourrait être toutefois affectée par un accroissement de l'efficacité des senneurs de la flottille francoespagnole, dont il n'a pas été tenu compte. Cette efficacité accrue pourrait être due à divers facteurs, tels qu'une réduction de compétition entre les senneurs, une stratégie améliorée, de meilleures techniques de localisation des bancs, la diminution de la durée des calées, qui ont été clairement mis en évidence ces dernières années. Il est difficile d'estimer quantitativement cet accroissement et d'ajuster l'effort de pêche pour estimer l'effort de pêche effectif, mais il est probable, donc, que l'effort effectif des années récentes (1985-88) soit actuellement sous-estimé.

4.2 Modèle analytique

Il n'existe un modèle de ce type que pour le stock Atlantique est (Fonteneau, ce volume), portant sur les tableaux de prise par âge estimés pour ce secteur. Les

hypothèses d'un stock Atlantique ouest et/ou Atlantique entier n'ont pas pu être prises en compte pour ce type de modèle, et ce pour des raisons similaires à celles du modèle de production.

L'analyse des cohortes a fourni des vecteurs de mortalité par pêche pour chaque année. On a isolé dans les résultats des VPA trois périodes caractéristiques, à savoir (figure 22):

- 1980-83 (fort taux d'exploitation),
- 1984 (effort réduit et anomalie de l'environnement), et
- 1985-88 (conditions normales d'environnement et effort réduit).

Sur ces trois périodes, et malgré la réduction de l'effort des senneurs depuis 1984 à environ la moitié de son niveau antérieur, il apparaît que les mortalités par pêche sur les petits poissons n'auraient que peu changé en 1984 (malgré la forte réduction de l'effort nominal) probablement par suite du report de l'effort de pêche de surface des gros vers les petits poissons. Depuis lors, l'effort est resté faible, mais la mortalité par pêche actuellement estimée pour les petits poissons est demeurée à un niveau similaire à celle de la période 1980-83.

Les mortalités par pêche sur les gros poissons, qui atteignaient de fortes valeurs en 1980-83, sont brutalement tombées en 1984. En 1985-88, les mortalités sur les gros poissons sont remontées, mais à un niveau moyen, qui reste inférieur à celui de la période 1980-83.

Le stock reproducteur est remonté ces dernières années au niveau des années soixante, avec une biomasse d'environ 190.000 TM. De même, l'analyse montre l'importance des cohortes de 1981 et 1983 et la faiblesse de celle née en 1984, peut-être en relation avec les anomalies océanographiques qui se sont produites dans ce secteur simultanément avec l'époque de la reproduction.

Des isoplèthes de rendement par recrue (modèle de Ricker) sont déduits de ces jeux de mortalité par pêche (figure 22). On observe des différences importantes entre les situations de 1980-83 et 1985-88, en particulier en ce qui concerne les bénéfices à attendre d'une protection des petits poissons. Les isophèthes pour 1984, qui correspondent à une faible mortalité par pêche sur les gros poissons, montrent une production par recrue réduite.

5. CONCLUSIONS GENERALES

Le Programme international de l'Année Albacore avait pour but, entre autres objectifs, de répondre à un certain nombre de questions.

1. Quelle est l'utilité réelle d'une taille limite à la première capture pour l'albacore de l'Atlantique?

Les analyses de production par recrue permettent de répondre à cette question: des bénéfices modérés pouvaient être espérés d'une taille limite à la

première capture dans la situation d'effort de pêche élevé de la période 1980 à 1983.

Dans la situation d'effort de pêche modéré de la période 1984-88, aucun bénéfice n'est à attendre de tailles limites.

2. Existe-t'il un ou plusieurs stocks d'albacore dans l'Atlantique?

L'hypothèse de travail qu'il existe deux stocks est et ouest, classiquement admise, a été remise en cause. Il apparaît, à l'issue du programme Année albacore, que si les jeunes albacores restent isolés dans des zones de ponte, les migrations des adultes pourraient être importantes; il conviendrait de réaliser certaines analyses dans l'hypothèse d'un stock unique d'albacores adultes dans l'Atlantique.

3. A quel niveau la biomasse adulte d'albacore de l'Atlantique est-elle située-t'il en 1984 par rapport aux autres années?

L'analyse des différents indices des pêcheries de surface en Atlantique est confirmée l'effondrement des prises et des rendements en gros albacores fin 1983 et début 1984. On peut donc actuellement considérer que ce phénomène n'était pas dû à une baisse soudaine de l'abondance du stock adulte, que l'on suppose stable, mais plutôt à une baisse de la capturabilité des adultes par les senneurs, suite à une importante anomalie de l'environnement de type "El Niño", qui a provoqué un approfondissement de la thermocline. Par ailleurs, les p.u.e. palangrières restées stables durant la période, et les résultats des analyses de cohortes, suggèrent aussi que la biomasse adulte était alors à un niveau normal. La récupération rapide des rendements en albacore adulte semble aussi prouver que la biomasse correspondante n'avait jamais été en réel danger, comme on pouvait le penser en 1984 à l'examen de l'effondrement des rendements en adultes de la pêcherie de surface en Atlantique est.

4. Quel a été le niveau et l'évolution de la biomasse d'albacore de l'Atlantique ouest durant la période critique 1983-84?

En Atlantique ouest, les prises ont montré une hausse rapide reflétant le développement des nouvelles pêcheries (senneurs vénézuéliens et palangriers des Etats-Unis), mais les p.u.e. ne présentaient pas de variations significatives durant les années récentes, en particulier en 1984. Le stock ouest atlantique ne présente par conséquent pas de changement important durant la période.

5. Comment est intervenue la récupération du stock?

Il s'agit en fait plus d'une récupération des rendements que d'une récupération du stock. En effet les analyses ont montré que l'abondance du stock adulte n'a jamais été en cause. Le niveau d'effort observé en 1985-88 est inférieur à celui observé durant la période 1980-83. La biomasse adulte a alors augmenté suite à la baisse de la mortalité sur ces individus et à la croissance rapide de l'albacore durant cette phase de son cycle vital. Les conditions océanographiques sont redevenues normales. La capturabilité des gros albacores par les senneurs, redevenue normale également, explique les rendements élevés observés à partir de 1985 dans des conditions d'effort de pêche réduit.

6. Quels enseignements peut-on tirer de la crise de 1984 en matière d'exploitation rationnelle des stocks?

Le fait de ne pas prendre en compte les effets de l'anomalie de l'environnement aurait pu conduire à prendre des mesures d'aménagement injustifiées. En effet, l'ICCAT aurait très bien pu conclure fin 1984 à une quasi-extinction du stock reproducteur, alors que celui-ci était en réalité à un niveau normal et qu'il ne subissait qu'une mortalité par pêche très réduite.

Dans l'avenir, ces paramètres d'environnement et économiques devraient être pris en considération dans les analyses.

7. Que se serait-il passé si l'effort de pêche était resté à son niveau de 1983?

Cette situation aurait dû provoquer une légère augmentation des captures en 1985, avec une baisse significative des rendements, par suite de la diminution temporaire des mortalités de pêche effectif des gros poissons en 1984. Toutefois, la hausse probable de l'effort de pêche, même si l'effort de pêche nominal reste constant, doit être prise en considération.

Si l'effort était demeuré élevé ou croissant par rapport à celui de 1982-83, le plus probable est que les prises de la pêcherie se situeraient près du niveau de 1982-83, avec des prises légèrement plus importantes qu'actuellement, mais des p.u.e. beaucoup plus faibles. Cet effort de pêche élevé correspondrait à une surexploitation du stock, alors que la pêcherie actuelle serait voisine de l'effort optimum (biologiquement).

Enfin, deux questions nouvelles se sont posées lors de la réalisation du programme:

8. Peut-on identifier en temps réel ces anomalies de l'environnement, et les prévoir?

On peut tenir compte de l'impact des anomalies de l'environnement sur l'évaluation de l'état des stocks si une attention suivie et continue est prêtée à l'évolution des paramètres de l'environnement et à leurs relations avec les pêcheries thonières dans l'Atlantique.

Tout d'abord, l'analyse des relations entre les pêcheries et l'environnement devrait permettre de mieux comprendre les effets d'une telle anomalie sur les pêcheries en Atlantique. Ensuite, le suivi en temps réel des températures de surface et de subsurface (bathythermographie) qui est réalisé actuellement dans l'Atlantique (TOGA), et les modèles comme ceux utilisés par ce même programme TOGA (modèle OPERA mis en oeuvre par l'université de Paris 6, LODYC), permettent de suivre en temps réel et permettraient potentiellement de prévoir les changements du milieu qui pourraient avoir une influence sur les migrations ou la capturabilité des thons.

9. Comment peut-on modéliser l'influence des facteurs de l'environnement sur les pêcheries?

Il est désormais bien montré que l'environnement peut avoir un effet important sur la capturabilité de l'albacore. Aussi, les modèles utilisés en dynamique de population des thonidés devraient en tenir compte, et intégrer les paramètres de l'environnement; un tel modèle est déjà utilisé pour l'évaluation de certains stocks de petits pélagiques côtiers, comme les sardinelles dans l'Atlantique est (Fréon, 1982).

A cet effet, il semble nécessaire, dans un premier temps, d'analyser plus en profondeur la relation entre les facteurs de l'environnement, les thons et les pêcheries, et, dans un deuxième temps dans la mesure du possible, d'incorporer les paramètres de l'environnement aux modèles d'évaluation des stocks.

BIBLIOGRAPHIE D'ARTICLES CITES HORS DU PRESENT OUVRAGE

- Bard, F.X., P. Cayré, et T. Diouf, 1988. Les migrations des thons, *in* Fonteneau, A. et Marcille, J. Ed. Ressources pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre est. Doc. techn. pêches FAO 292:111-156.
- Fonteneau, A., 1981. Note sur le mode de calcul de la prise par unité d'effort des senneurs FISM. ICCAT Rec. Doc. Sci. Vol. XV(1):407-411.

- Fonteneau, A., 1986. Note sur les indices d'abondance de l'albacore calculés à partir des prises par unité d'effort (PUE) des flottilles FISM et espagnoles. ICCAT Rec. Doc. Sci. XXV:46-56.
- Fréon, P., 1984. Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes des vents d'upwelling (pêche sardinière au Sénégal). Océanograp. trop. 19(1):67-94.
- Gulland, J.A., 1964. Catch per Unit Effort as a Measure of Abundance. Rapport Procès Verbal, Conseil International pour l'exploration de la Mer, Vol. 155: 8-14.
- Honma, M., 1974. Estimation of Overall Effective Fishing Intensity of Tuna Longline Fishing. Bulletin Far Seas Fishery Research Laboratory, N. 10, June 1974: 63-85.
- Honma, M. et K. Hisada, 1971. Structure of Yellowfin Tuna Population in the Atlantic Ocean. Bull Far Seas Research Laboratory, N° 4, April 1981: 93-124.
- Houghton, R.W. et C Colin, 1986. Thermal Structure along 4°W in the Gulf of Guinea during 1983-1984. Journal of Geophysical Research, Vol. 91, n° C10: 11727-11739.
- Laurec, A. et A. Fonteneau, 1979: Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des cpue de plusieurs engins en différentes zones et saisons. ICCAT Rec. Doc. Sci. Vol. XIII(1):79-100.
- Richards, J., 1959. A Flexible Growth Function for Empirical Use. J. Exper. Botany 10(2):290-300.

INFORME DEL PROGRAMA AÑO DEL RABIL

A. ANTECEDENTES DEL PROGRAMA

El esfuerzo de pesca en el Atlántico intertropical oriental aumentó mucho hasta el año 1983 (entre 1977 y 1983 prácticamente se duplicó), en especial el de los cerqueros, sin que de ello resultase un aumento de la captura de rabil. Este hecho provocó una situación de sobreexplotación del stock. El modelo de producción estimó valores de esfuerzo de pesca correspondientes a las capturas máximas de equilibrio, inferiores al nivel de esfuerzo del momento. Esta intensidad de pesca cesó a principios de 1984. Los bajos rendimientos de rabil obtenidos durante ese período (Figura 1), probablemente provocaron el desplazamiento de un cierto número de cerqueros franceses, de Côte d'Ivoire, y españoles hacia el Océano Índico (Figura 2). En noviembre de 1985, el Comité Permanente de Investigaciones y Estadísticas (SCRS) decidió iniciar un programa internacional de investigación (Programa Año del Rabil - YYP). La investigación se llevó a cabo con el fin de encontrar una explicación a los bajos rendimientos de finales de 1983 y 1984 y hacer un análisis de la posible recuperación del stock como respuesta a la gran reducción del esfuerzo de pesca de los cerqueros. El objetivo global de la investigación era "profundizar en los conocimientos de la dinámica de las poblaciones de rabil y, en consecuencia, mejorar la capacidad de formular recomendaciones sobre la gestión de este importante recurso" (Informe SCRS, 1985). En 1986 y 1987, y en el marco del nuevo programa, se hizo un esfuerzo de investigación coordinado por ICCAT, sobre los siguientes temas:

- obtención de estadísticas detalladas de captura y esfuerzo y muestreo intensivo de tallas de todas las flotas que pescan rabil en el Atlántico;
- campañas de observadores científicos a bordo de barcos atuneros para la obtención de información detallada sobre operaciones pesqueras y capturas;
- marcado a bordo de buques científicos y de barcos comerciales;
- estudios biológicos de piezas duras y desove del rabil.

En noviembre de 1985 la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) aprobó un presupuesto extraordinario de 175.000 \$ USA para realizar estas tareas de investigación, cuya planificación y presentación se llevó a cabo en enero de 1986 en el documento "Plan de operaciones del Programa Año del Rabil".

En el transcurso del programa la investigación se extendió a otras áreas no especificadas en un principio pero que posteriormente se manifestaron como claves para la comprensión del problema:

- Análisis de los efectos de las anomalías del medio ambiente sobre la capturabilidad de los túnidos. Estos estudios pasaron a ser fundamentales al observar que los bajos rendimientos de 1984 parecían estar relacionados con una anomalía del medio ambiente, análoga al fenómeno "El Niño", que se producía ciertos años en el Pacífico.
- Marcado de rabiles de gran talla en la pesquería deportiva de la costa este de Estados Unidos, lo que permitió que se realizaran algunas recuperaciones transatlánticas.
- Análisis de los precios de venta por especie y talla. Esta información resulta útil en ocasiones para entender el porqué de los cambios de especie-objetivo que han tenido lugar en épocas recientes.

Los resultados de estos trabajos de investigación fueron presentados (en su mayor parte) en el curso de la reunión final del programa que tuvo lugar en Madrid en el mes de junio de 1989 (ver Lista de Participantes en el Anexo 1). Posteriormente, en noviembre de 1989, un informe que recogía los debates de esta reunión fue presentado al SCRS de ICCAT.

El objetivo de este informe es el de presentar y debatir, de forma sintética, los resultados más notables del programa.

Se trata de contestar a diversas preguntas implícitamente formuladas en los orígenes del Programa Año del Rabil:

1. ¿Cuál es la utilidad real de establecer una talla mínima de primera captura para el rabil del Atlántico?
2. ¿Existe uno o varios stocks de rabil en el Atlántico?
3. ¿En qué nivel se encontraba en 1984 la biomasa del rabil adulto del Atlántico este en relación con otros años?
4. ¿Cuál ha sido el nivel y la evolución de la biomasa de rabil del Atlántico oeste en el período 1983-84?
5. ¿Cómo se ha producido la recuperación del stock?
6. ¿Qué conclusiones podemos sacar de la crisis de 1984 en materia de explotación racional de los stocks?
7. ¿Qué habría ocurrido si el esfuerzo hubiese permanecido al nivel de 1983?

En el curso del Programa surgieron dos nuevas preguntas:

8. ¿Podemos identificar, en tiempo real, las anomalías del medio ambiente y, en su día, preverlas?
9. ¿Se puede recoger en un modelo la influencia de los factores del medio ambiente sobre la pesquería?

Finalmente, este trabajo incluye los documentos creados con destino al Programa Año del Rabil.

Para la selección de estos documentos científicos no se estableció un sistema de evaluación. Sin embargo, todos ellos fueron revisados por dos científicos designados al efecto por el Comité de Redacción, (creado por el SCRS durante su reunión de 1989) teniendo en cuenta su competencia en la materia. En el Anexo 2 se presenta la lista de las personas que colaboraron en la revisión de los documentos.

B. BREVE BALANCE DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA AÑO DEL RABIL

1. INTRODUCCION

El presente informe fue redactado en Madrid, en marzo de 1990, por A. Fonteneau, P. Pallarés y M. Parrack teniendo como base el informe de la reunión final celebrada en Madrid en junio de 1989, los trabajos realizados en el curso de las sesiones del SCRS en noviembre de 1989 y los documentos presentados por diversos autores con destino a esta publicación. En él se presenta un resumen de las actividades de investigación realizadas en el marco del Programa Año del Rabil así como de los principales resultados obtenidos por dicho Programa.

2. DATOS DE BASE UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION

Introducción

Para el desarrollo de los distintos aspectos de la investigación se planificaron una serie de actividades específicas, recogidas en el plan operacional de dicho programa, que tenían como objetivo la obtención de información más detallada, tanto sobre la estrategia de pesca como sobre la biología y comportamiento de la especie, que la que proporcionan las bases de datos normalmente disponibles.

Finalmente, en el transcurso del programa se incorporaron datos, como los procedentes del medio ambiente, no previstos en un principio pero que jugaron un papel fundamental en la evolución de la investigación.

El resultado final fue una serie de bases de datos de distinta procedencia que recogen información de: (1) medio ambiente, (2) captura, esfuerzo y distribuciones de tallas, (3) observadores, (4) marcado, (5) fecundidad-puesta, (6) precios de venta y (7) piezas duras.

2.1. Medio ambiente

El medio ambiente tiene gran influencia sobre la biología de los túnidos y sobre su explotación por las flotas pesqueras. En el transcurso del Programa Año del Rabil no se recogió ningún dato relativo al medio ambiente, si bien todos los datos recogidos por los oceanógrafos físicos en el período reciente (1982 a 1987) se introdujeron en el ordenador del "Centre de Recherches Océanographiques" (CRODT) de Dakar, para ser analizados conjuntamente con los datos de las pesquerías. Los datos de temperaturas en superficie recogidos de forma rutinaria por los cerqueros de Francia, Senegal, Côte d'Ivoire, España, Ghana y Japón, fueron también incorporados a la base de datos.

En total, para el período 1982 a 1987 se dispone de la siguiente información:

- 213.000 temperaturas de superficie.
- 5.000 registros de batitermógrafos; estos registros son especialmente numerosos en el período 1982 a 1984, gracias a las campañas del programa "Tropical Ocean and Global Atmosphere" (TOGA) realizadas en el Atlántico durante ese período.

Los datos del Atlántico este y central son más completos que los del Atlántico oeste.

Todos los datos de batitermógrafo fueron amablemente suministrados por el responsable de la base de datos del TOGA del "Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer" (IFREMER) de Brest.

2.2. Estadísticas de captura, esfuerzo y tallas

Todos los países que capturan rabil mejoraron la calidad de las estadísticas que de forma rutinaria presentan a ICCAT. En particular, Cabo Verde y Venezuela y Estados Unidos pusieron gran interés en facilitar estadísticas de rabil detalladas y libres de sesgos, sobre todo en materia de tallas y cantidades capturadas. Las estadísticas obtenidas pueden considerarse buenas, con una tasa media de cobertura de los cuadernos de pesca de un 85% en el caso de las flotas de superficie (1980 a 1987) y un muestreo de tallas capturadas que cubre satisfactoriamente la mayor parte de las grandes flotas atuneras que pescan el rabil (Tabla 1). Todos estos datos estadísticos se facilitaron por cuadrículas de 1º/mes para las estadísticas de captura y esfuerzo de las flotas de superficie, 5º/mes para las estadísticas de las flotas palangreras y frecuencias de tallas de las pesquerías de superficie.

Parte de las estadísticas de las pesquerías de superficie se recogen por operación de pesca, con la posición exacta (en grados y minutos) fijada por satélite. Estos datos finos de los cuadernos de pesca están disponibles en ordenador para uso de los científicos de los países implicados. Se ha creado en el CRODT una base de datos que reúne los cuadernos de pesca de varias flotas de superficie, con el fin de poder realizar distintos análisis finos necesarios para la comprensión de ciertos fenómenos.

La base de datos creada según las normas clásicas de ICCAT (es decir, 1°/mes para las pesquerías de superficie y 5°/mes para las de palangre) ha permitido crear ficheros de capturas y esfuerzos que incluyen todas las flotas atuneras en activo durante el período en estudio. Estos ficheros han hecho posible la preparación de mapas sinópticos de pesca así como el cálculo de índices de CPUE de la diversas flotas de superficie y profundidad. Con los ficheros de capturas por tallas se han preparado cuadros sinópticos de las tallas de los rabiles (longitud a la horquilla) capturados por las principales pesquerías. Las frecuencias de tallas son en su mayor parte de longitud predorsal (LD1), los muestreos brutos (no extrapolados, en LD1 y sin sustitución de estratos) están igualmente disponibles y han sido utilizados en algunos estudios (Capisano y Fonteneau, este volumen).

Los ficheros de frecuencias de tallas convertidas a longitud a la horquilla (LH) han hecho posible, tras su extrapolación a las capturas totales, el cálculo de las tablas de capturas por edad en el Atlántico este y oeste utilizadas en los análisis demográficos de Fonteneau (este volumen).

2.3. Observadores

La obtención de información detallada sobre cómo se desarrollan los diferentes aspectos de la pesca a bordo de los barcos comerciales, solo es posible mediante programas de observadores a bordo. La cantidad y calidad de los datos obtenidos mediante las campañas de observadores que se realizaron dentro del programa Año Internacional del Listado, aconsejaron incluir esta experiencia en el programa Año del Rabil.

Haciendo un balance somero de la incidencia de la información proporcionada por los observadores del Año Internacional del Listado en el desarrollo de la investigación posterior, debemos señalar su efecto sobre: la estimación del esfuerzo efectivo y, en consecuencia, sobre los modelos de producción ajustados para el rabil, tipos y asociaciones de bancos, etc.

Dentro del programa Año del Rabil, los datos se obtuvieron de un total de ocho campañas de observadores a bordo de barcos comerciales que se realizaron tanto en el Atlántico este (seis) como en el oeste (dos). La Figura 3 muestra la época y duración de las mismas, así como el área aproximada donde se desarrollaron.

La información se recogió en los formularios F, G y H diseñados para el Año Internacional del Listado, que recogen datos detallados de esfuerzo, localización del cardumen y maniobra del lance y muestreos de tallas, respectivamente. Posteriormente, estos datos se incorporaron a los ficheros correspondientes del CRODT y del Instituto Español de Oceanografía (IEO) y se trataron conjuntamente con los obtenidos durante el Año Internacional del Listado.

2.4. Marcado

La naturaleza migratoria de las especies de túnidos y las dificultades que conlleva la asignación de edades mediante la lectura de piezas duras, especialmente

en una especie característica de aguas tropicales como es el rabil, han hecho que tradicionalmente se recurra a programas de marcado para estudiar el crecimiento y la estructura del stock del rabil atlántico.

Experiencias de marcado de túnidos tropicales se vienen realizando de forma sistemática desde finales de los años cincuenta en el Atlántico oeste y desde principios de los años 70 en el este.

La cifra total de peces marcados se presenta en la Tabla 2. El número de ejemplares marcados en los años en los que tuvo lugar el Programa Año del Rabil es superior al de otros años. El marcado realizado a bordo de barcos de investigación y el realizado a bordo de cañeros comerciales, no han tenido los resultados esperados, ni en el número de peces marcados (3026) ni en las recapturas (138). Se han realizado 421 marcas a bordo de barcos norteamericanos de pesca deportiva. Estas marcas, que por vez primera incluían varios rabiles grandes (más de 1 metro) presentan un interés excepcional, tanto para los estudios de crecimiento como para el conocimiento de las migraciones de los rabiles adultos.

Todas las marcas de rabil recuperadas en el Atlántico desde 1985 hasta el presente se incorporaron a un fichero en el "Centre de Recherches Océanographiques" (CRO) de Abidjan. Este fichero contiene 1212 recuperaciones, de las cuales, 500 se emplearon en estudios de crecimiento y unas 800 en estudios de migraciones.

2.5. Desove

Se hizo necesario determinar el sex ratio por talla y analizar los índices gonado-somáticos para determinar las temporadas y zonas geográficas de puesta para apoyar la hipótesis de que las modas observadas en las distribuciones por tallas correspondían a cohortes. En el curso del programa Año del Rabil se obtuvo un gran número de muestras de gónadas, que se añadieron a las ya existentes para obtener un grupo de 12000 muestras. En el CRO de Abidjan se recogieron 3762 muestras de gónadas durante el Programa, que se sumaron a las 1589 ya recogidas con anterioridad. También en el marco del Programa Año del Rabil, se hicieron 6582 determinaciones de sexo por talla. El Instituto de Investigaciones de Cabo Verde, prestó una valiosa colaboración aportando 1116 muestras de sexo por talla y 567 muestras de gónadas de rabiles capturados por la pesquería artesanal de liña.

2.6. Precios de venta

En el Programa Año del Rabil se tuvieron en cuenta los precios de venta para estudiar la hipótesis de que los cambios de CPUE eran el resultado, al menos en parte, de las variaciones en el precio a la descarga del rabil y del listado. La SOVETCO facilitó los precios anuales del mercado FIS para el período 1980-1988 y la Starkist Corp., los precios mensuales de los túnidos en Tema en 1983-1989.

2.7. Análisis de piezas duras

La asignación de la edad de los peces capturados y la estimación de las tasas de crecimiento son elementos básicos necesarios para la investigación en el terreno de la pesca. El estudio de los anillos que aparecen en las piezas duras de los peces es uno de los métodos que suele utilizarse. Para ello, y dentro del Programa Año del Rabil, en el CRO de Abidjan se recogieron 100 otolitos (estructuras óseas del oído interno) y 119 muestras de vértebras. Científicos de Estados Unidos interpretaron la edad de estos peces en base a las marcas que se fijan en estas piezas duras.

El principal objetivo de este análisis era comparar la edad de los rabiles grandes capturados tras la recuperación del stock y estimada por lectura de vértebras, con la edad de este mismo grupo de peces estimada por medio del análisis de las tallas de los peces capturados.

3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS

3.1. Precio de venta por especie y por talla

En 1983 y 1984, la CPUE del rabil (especialmente de peces grandes) era baja y se produjo un brusco descenso en las capturas de esta especie y un cambio en la especie objetivo, hacia el listado. Estos hechos se pueden interpretar en función de posibles variaciones en los precios de estas especies. En efecto, una variación sensible de los precios podría haber inducido a un cambio de especie objetivo y explicar así los cambios de estrategia de las flotas. Por ejemplo, en el Pacífico oriental, la diferencia en el precio del listado y del rabil grande que se produjo en los años 70 a causa del mayor contenido en mercurio de los grandes ejemplares, provocó un desplazamiento del esfuerzo que se aplicaba a los peces grandes, hacia los peces pequeños. Sin embargo, la comparación de los precios de venta por especie y por categoría de talla durante el período en estudio y en varios mercados, no muestra cambios importantes en el valor de las dos especies, en el Atlántico este, susceptibles de provocar un cambio de especie objetivo (Figura 4). Durante el período crítico, la diferencia entre el precio de los túnidos pequeños y el rabil grande continuaba siendo importante: en 1983-84, el precio de 1 kg de rabil grande era equivalente al precio de 1,9 kg de listado (SOVETCO).

En estas condiciones, pescar listado (y rabil pequeño) en vez de rabil grande, sólo habría sido rentable si los rendimientos del listado hubieran sido aproximadamente el doble de los del rabil grande. Este hecho parece haberse producido solamente a finales de 1983 y principios de 1984, dada la importancia de ciertas concentraciones en las que predominaba el listado (Fonteneau, este volumen), lo cual hizo rentable su explotación intensiva a pesar del bajo precio. Pero esto no es aplicable al conjunto del año 1984.

Comparando los rendimientos económicos obtenidos por los cerqueros en el Atlántico y en el Indico (Fonteneau, este volumen), se observa que los índices obtenidos en el Océano Indico son muy superiores a los del Atlántico este, lo que explica suficientemente el traslado masivo de los cerqueros hacia el océano Indico.

3.2. Medio ambiente: la anomalía de 1984

El bajo nivel de las capturas y de los rendimientos de rabil grande a finales de 1983 y en 1984, fue analizado en relación con las condiciones del medio ambiente existentes en la misma época en el Golfo de Guinea. El análisis versó sobre las anomalías espacio-temporales de las pesquerías y del medio ambiente y las relaciones probables entre los dos tipos de observaciones.

La principal anomalía en la pesquería se caracteriza por un fuerte descenso del rendimiento de rabil grande (más de 30 kg) que empieza a finales de 1983 en el sector sudeste del Ecuador, y que posteriormente se generaliza en todas las zonas de pesca a uno y otro lado del Ecuador en los primeros meses de 1984. Durante el año 1985, la situación de la pesquería se normaliza.

Las observaciones sobre el medio ambiente se refieren a la temperatura en superficie y a la profundidad de la termoclina: las temperaturas en superficie en las zonas de pesca de altura en este período, son comparables a las de otros años y, en general, típicas del sector.

Sin embargo, en relación con la termoclina, se observa una anomalía en toda la región a finales de 1983 y principios de 1984. Durante este período se aprecia una mayor inmersión de la termoclina, es decir un aumento del espesor de la capa homogénea (Figura 5).

Esta anomalía ha quedado bien analizada por varios oceanógrafos, entre ellos, Houghton y Colin (1987).

Dicha anomalía del medio ambiente podría haber incidido sobre la capturabilidad del rabil adulto de distintas formas:

- i) La migración de los adultos en el cuarto trimestre desde el Atlántico central a la zona de desove del Golfo de Guinea habría cambiado; los adultos habrían quedado fuera de las zonas de pesca de los cerqueros y por tanto inaccesibles.
- ii) El rabil habría estado presente en las zonas de pesca, pero, debido a las condiciones anormales en el espesor de la capa homogénea, estaría más disperso y por tanto, menos accesible a los cerqueros.
- iii) La gran profundidad de la termoclina también podría haber motivado que las concentraciones reproductoras de rabil se desplazasen verticalmente debido a la mayor profundidad de la barrera térmica y de esa forma quedasen fuera del alcance de los cerqueros.

Además de causar una reducción en la capturabilidad de los adultos, la anomalía en el medio ambiente parece haber incidido también sobre las cohortes de 1984 y 1985 en el Atlántico este. La cohorte de 1984 parece muy débil (un tercio de la media de 1980-88) (Capisano y Fonteneau, este volumen) y su período de puesta anual parece prolongarse, es decir, se dilata en el tiempo.

Se observó que, en el futuro, se podrían analizar ciertos datos históricos, ya que el fenómeno del tipo "El Niño" apareció en 1967-68 en el Atlántico, hecho que

convendría estudiar en profundidad. Sería interesante comparar este caso con el acaecido en 1984, a fin de establecer una relación entre el medio ambiente y la capturabilidad de los túnidos.

3.3. Estructura de los stocks

Se prepararon varios documentos relativos a la estructura de los stocks y que se han tenido en cuenta en este trabajo. La estructura del stock de rabil es muy compleja, ya que existen dos grandes zonas de desove, al este y al oeste así como probablemente otras menores, con migraciones importantes y un intercambio de peces grandes entre el este y el oeste del Atlántico.

La estructura del stock de rabil del Atlántico oeste y central, que fue aceptada por los científicos en 1985, se representa en la Figura 6 (Bard *et al.*, 1988).

Hasta el presente, las hipótesis de trabajo sobre la estructura del stock de rabil atlántico utilizadas para las evaluaciones del stock han sido las siguientes:

- bien un único stock atlántico con grandes migraciones entre el Atlántico este, central y oeste,
- o bien dos stocks separados en la longitud 30°W con intercambios limitados o muy escasos.

Las diferentes evaluaciones de los stocks durante estos últimos años se inclinan por la segunda hipótesis, que podría quizás estar relacionada con el hecho de que la mayor parte de las capturas y estadísticas, procedían de las pesquerías del Atlántico este. Diversas consideraciones aconsejan revisar esta postura.

a) Datos de mercado

Todos los rabiles marcados hasta el presente medían menos de un metro. La mayor parte de los peces recuperados estaba dentro de un mismo rango de talla debido a que su período de libertad no había sido muy largo (100 días de media). Por tanto, este mercado tradicional solo facilita información sobre el crecimiento y las migraciones de los juveniles. Durante el Programa Año del Rabil, por vez primera, se ha marcado una gran cantidad de rabiles adultos, gracias a la colaboración de la pesquería deportiva norteamericana. Este mercado ha procurado información nueva e interesante sobre el crecimiento y migraciones de los adultos.

Siete ejemplares grandes de rabil, marcados entre 1985 y 1987 frente a las costas americanas, fueron recuperados en la pesquería de superficie frente a la costa este africana (Figura 7).

Estas recuperaciones transatlánticas aportan la prueba de que se producen migraciones de rabiles grandes, desde el oeste hacia el este del Atlántico.

- De 1981 a 1984 las recapturas de grandes rabiles marcados frente a las costas de Estados Unidos son más numerosas en el Atlántico oeste. Sin

embargo, en el período 1985-1988, de 22 recapturas, 15 tuvieron lugar en el oeste y 7 fueron transatlánticas (más de un año en la mar) (Bard y Scott, este volumen).

El hecho de que las capturas sean más importantes en el este que en el oeste del Atlántico, y que probablemente se informen mejor las marcas en el este, subraya la complejidad del análisis de los datos de recaptura de peces que han efectuado desplazamientos transatlánticos.

- El período de libertad de estos peces que han hecho travesías transatlánticas ha durado entre 15 y 28 meses.
- Las recapturas de grandes rabiles marcados en el Atlántico oeste han sido obtenidas en su totalidad con artes de superficie, tanto al oeste como al este. Sin embargo, las pesquerías palangreras que faenaron en todo el Atlántico no han comunicado ninguna recaptura, aunque las tallas de los rabiles capturados por palangre son similares a las de los ejemplares marcados en el Atlántico oeste (Diouf, este volumen). Resulta difícil conocer la tasa de recuperación de marcas en la pesquería de palangre, mientras que en las pesquerías de superficie la mayor parte de los peces marcados se identifican; en la pesquería palangrera no se puede excluir que exista una mala información de las recapturas. Si es un hecho que el palangre no recaptura rabiles marcados, esto podría ser indicio de una mezcla limitada entre los rabiles que evolucionan en superficie y los que lo hacen en aguas profundas.

Por otra parte, la recaptura de dos pequeños rabiles que se supone habrían viajado del este al oeste, no deja de ser dudosa (Browder *et al.*, este volumen) ya que estos peces podrían haber sido desembarcados, no por un barco que operase en el Atlántico oeste, sino por un barco congelador que transbordase a Puerto Rico el pescado capturado en el Golfo de Guinea.

b) Datos de las pesquerías

Desde 1970, el análisis de los datos de las pesquerías de palangre (CPUE y tallas) ha hecho que Honma e Hisada lleguen a la conclusión de que existían en el Atlántico dos fracciones de stocks de adultos situadas en el Atlántico este y oeste, que se mezclan durante el verano tras importantes migraciones este-oeste.

Se han analizado las informaciones recientes sobre las pesquerías:

Tendencia en los rendimientos:

En 1984-1985, el palangre, tanto del oeste como del este, no presentó cambios importantes en sus CPUEs, mientras que se producía un importante descenso en la CPUE de los peces grandes (más de 30 kg) capturados por los cerqueros en 1983 y principios de 1984.

Frecuencias de tallas:

- Las tallas de los rabiles capturados por las distintas pesquerías de palangre son similares en el Atlántico este y Atlántico oeste (Figura 8).
- La pesquería de cerco de Venezuela en el Atlántico oeste, en contraste con la pesquería de cerco en el Atlántico este, captura muy pocos rabiles de más de 130 cm., dato que podría estar relacionado con el hecho de que las pesquerías de Venezuela no operan en aguas profundas donde se encuentran generalmente los peces grandes, al menos en el Atlántico este (Figura 9).
- Las pesquerías de cebo del Atlántico este y oeste, que son costeras, capturan gran cantidad de peces pequeños, pero con gamas de tallas un tanto diferentes (Figura 10). Se observa no obstante, que el rabil pequeño pescado en el Atlántico oeste es siempre más grande que el que se pesca en el este, ya que suele medir más de 40 cm, con una talla modal de 55 cm.

c) Conclusiones

El análisis de las frecuencias de tallas muestra la homogeneidad de los peces grandes que habitan en profundidad y que son capturados por palangre. Más difícil resulta llegar a una conclusión respecto a los peces de superficie. Se observa, sin embargo, la concentración de peces pequeños en las zonas costeras, tanto del Atlántico este como del oeste, lo que se corresponde con la existencia de dos zonas de desove al este y oeste (Capisano y Fonteneau; Bard y Capisano, este volumen).

A la vista de estas observaciones, las hipótesis actuales sobre la estructura del stock son las siguientes:

- Los pequeños rabiles que habitan en un lado y otro del Atlántico no han mostrado hasta el momento una tasa de mezcla significativa.
- Los grandes rabiles, si bien muestran una cierta independencia entre los peces de profundidad y los de superficie, efectúan migraciones de alguna importancia entre el oeste y el este, con un grado de mezcla que está aún por definir.

La Figura 11 presenta en esquema el paradigma actual respecto a la estructura del stock, que podría quedar reconfigurada como resultado del programa Año del Rabil.

3.4. Índices de abundancia y por tallas, de las diferentes flotas, Atlántico este y oeste

La CPUE mensual del rabil ha sido calculada según el método Honma para la totalidad de las flotas palangreras pescando en el Atlántico este, central y oeste.

Se calcularon también las CPUEs del rabil de las distintas flotas venezolanas (cebo vivo, cerco y palangre) en el período 1983-1987; se dispone así de índices de abundancia respecto al Atlántico oeste.

Igualmente, se obtuvieron diversos índices de CPUE de las principales flotas de cerco (FIS y española) del Atlántico para el período 1980-1988. Para las dos especies más importantes de la pesquería, rabil y listado, y sobre una base quincenal, se calcularon valores de CPUE nominal y CPUE efectiva: a) considerando el esfuerzo como días de pesca, b) tomando el tiempo de búsqueda, calculado según el método Fonteneau (1981), como medida del esfuerzo efectivo. Los tiempos de búsqueda así estimados tienen en cuenta la menor duración de los lances de cerco de 1981 a 1987.

También se calcularon los índices de concentración de Gulland (1964) de rabil y listado (CPUE media/media de las CPUE) de los cerqueros para el período 1980-1988.

Para el rabil, se mostraban distintos índices de CPUE por categoría de peso. Así, para peces mayores de 30 kg se utilizaban dos métodos de cálculo de CPUE: Fonteneau (1986) y Laurec y Fonteneau (1979). Los valores de CPUE de juveniles se habían obtenido por este último método. Sobre los valores de CPUE globales (Figura 11) e independientemente del índice que se utilice, se observa la importante anomalía en las tasas de captura de rabil en los años 1983-1984, a la que sigue una espectacular recuperación de estas tasas de captura en los años siguientes.

Esta importante reducción en los índices de abundancia se aprecia en las pesquerías de barcos de cerco del Atlántico este y se considera como la causa de los grandes cambios que se han producido en esta pesquería a partir de esa fecha: reducción drástica del esfuerzo nominal por el desplazamiento masivo de cerqueros, especialmente FIS, al Indico y aumento del esfuerzo efectivo sobre el listado.

La CPUE por categoría de peso (Tabla 3) señala que esta anomalía de los años 1983-84, sólo se aprecia en los grandes rabiles, que durante esos años (finales de 1983 y principios de 1984) no se capturan en la zona ecuatorial, área tradicional de pesca de reproductores (Fonteneau y Pallarés, este volumen). La interpretación de la caída en los valores de CPUE durante la anomalía y su posterior aumento, tendrá consecuencias inmediatas sobre la utilización de índices de abundancia de rabil (la calibración del VPA, modelos de producción etc.).

Todo hace pensar que tras el descenso subyace un cambio en la capturabilidad de los grandes rabiles al cerco. Las condiciones ambientales anómalas que se dieron durante ese período, podrían ser la causa de que estos ejemplares no sean accesibles al arte. Parece, igualmente, que la zona ecuatorial fue poco explorada por los cerqueros durante el primer trimestre de 1984 a consecuencia de la transferencia del esfuerzo de pesca hacia el listado.

El importante aumento en las CPUE que se aprecia a partir de 1985 puede interpretarse como un incremento de q (capturabilidad) cuyas causas habría que relacionar con un aumento en la eficacia de pesca de rabil y listado por parte de los cerqueros. Numerosos datos apuntan en ese sentido: - la duración media de los lances ha disminuido considerablemente desde el principio del período (Ariz *et al*); el tiempo de búsqueda ha disminuido igualmente en relación al tiempo de pesca. Esta contradicción aparente puede explicarse por los cambios técnicos y de estrategia de las flotas en los años recientes, tales como: mayor eficacia en la localización

del cardumen gracias a las mejoras técnicas introducidas (radar de pájaros, etc.), aumento de la frecuencia de grandes bancos de rabil adulto, lo que ha aumentado el tamaño medio de los bancos capturados (Figura 12), y disminución de la competencia entre barcos tras la reducción del tamaño de las flotas. Así pues, las estimaciones actuales del esfuerzo efectivo estarían subestimadas respecto a los últimos años (por ej., desde 1985). Por otra parte, es muy probable que la biomasa de los stocks de rabil y de listado se encuentre desde 1988 en un nivel más alto a causa de la gran reducción del esfuerzo de pesca en el Atlántico este.

3.5. Distribución de las tallas capturadas (Atlántico este y oeste); desglose en estructuras plurimodales

La talla de los rabiles capturados por cerco en 1984 han sido comparados con las que se obtuvieron por término medio por los cerqueros de 1980 a 1988 (Figura 13).

Esta comparación muestra que:

1. Las capturas de pequeños rabiles, de menos de 70 cm, son ligeramente superiores a la media, a pesar del esfuerzo de pesca reducido.
2. Las capturas de rabiles de talla media, 70 a 120 cm, están al nivel de las que se observaron por término medio de 1980 a 1988.
3. Las capturas de grandes rabiles, más de 120 cm, son muy escasas comparadas con la media.

Por otra parte, se estudió el crecimiento del rabil a partir de los datos de frecuencias de talla para el este y el oeste del Atlántico (Capisano y Fonteneau, este volumen). La filiación de las modas se trazó sobre una base mensual y se ajustó la ecuación de Von Bertalanffy a los datos. En el caso de los peces jóvenes se pueden en general identificar claramente las cohortes por medio de progresiones modales, pero la separación entre cohortes resulta progresivamente más difícil en el caso de los peces grandes.

A excepción de la cohorte reclutada en 1984, que está escasamente representada en las muestras, las tallas modales de los rabiles capturados por la flota de superficie en el Atlántico este (Senegal, Côte d'Ivoire, Ghana, España, Japón y Congo) son relativamente homogéneas en un momento dado (Figura 14). Esta situación es diferente en los datos relativos a las capturas efectuadas por las barcas de Cabo Verde, que son muy heterogéneas. En el mismo sentido, las diferentes cohortes son fácilmente identificables en la pesquería de superficie de Venezuela, si bien, se observa una cierta variabilidad interanual de las tallas modales. La situación es análoga en la pesquería palangrera de Brasil.

Comparando las distribuciones de tallas del este y del oeste del Atlántico, se observa que si bien la estructura de tallas de las capturas palangreras es comparable entre el este y oeste, las capturas realizadas en la parte oriental del Atlán-

tico por artes de superficie incluyen ejemplares de mayor talla y también mucha mayor cantidad de rabiles muy pequeños (menos de 50 cm de FL).

Estas observaciones podrían señalar una heterogeneidad entre los rabiles pequeños de las zonas este y oeste del Atlántico, como resultado de zonas y períodos de puesta distintos y de la abundancia de migraciones este-oeste de estos peces jóvenes. Por el contrario, la población de adultos, pescada por el palangre, sería más homogénea en todo el Atlántico a causa de las migraciones.

Las diferencias entre las tallas capturadas al este y al oeste por las pesquerías de superficie, por ejemplo, la escasez de rabiles muy grandes o muy pequeños al oeste, podrían explicarse, bien por un sistema diferente de explotación (pocas capturas en aguas profundas) o bien, por diferencias reales en las tallas presentes en las fracciones de los stocks oeste y este.

3.6. Nuevo examen del crecimiento del rabil (Atlántico este y oeste)

a) *Épocas y zonas de reproducción*

Con el fin de relacionar las diferentes cohortes que aparecen en las distribuciones de frecuencias de tallas con áreas y épocas de reproducción bien definidas, se han efectuado análisis sobre el estado de madurez de las gónadas. A partir de muestras recopiladas desde 1980, Bard y Capisano (este volumen) presentan la evolución mensual de los índices gonado-somáticos (IGS) de los individuos capturados en superficie en el Atlántico este. En los sectores ecuatoriales norte y sur, así como en el Golfo de Guinea, el desove se produce de noviembre a marzo, con un máximo de diciembre a febrero (Figura 15a). Esta zona se caracteriza por una termoclina poco profunda y aguas cálidas en superficie con un ligero desfase respecto al desove. A nivel de la zona nor-tropical (Senegal-Guinea), la reproducción se desarrolla de abril a junio (Figura 15b). Estos estudios apoyan la existencia de actividad sexual en las islas de Cabo Verde, (supuesta durante mucho tiempo) en agosto-septiembre, es decir, durante la presencia de aguas calientes en la zona.

Los mismos autores vuelven a analizar el fichero histórico de los índices gonado-somáticos concernientes a los rabiles capturados con palangre. Tomando en consideración sólo los peces que sobrepasan los 140 cm de FL (los únicos ejemplares maduros en la pesquería de palangre), este estudio muestra que la reproducción se efectúa durante el primer trimestre en el Atlántico este, en el primer y tercer trimestres en la zona central y solamente en el tercer trimestre en el oeste (Figuras 16a y 16b). Este último punto constituye un elemento nuevo. Estudios anteriores sobre el sector del Atlántico occidental llegaron a la conclusión de que existía actividad sexual a comienzos del año.

Parece que debido a la amplia distribución geográfica de las larvas, y al período relativamente largo de desove, resulta difícil identificar con exactitud el período y la zona de desove, a partir de los datos actualmente disponibles sobre larvas.

Habrían sido útiles estudios histológicos para comprobar la validez del empleo del índice gónado-somático, así como para estudiar la fecundidad y comportamiento en la reproducción. El empleo de las prospecciones larvarias habría podido propor-

cionar pruebas más directas sobre la puesta. El análisis de los índices gonado-somáticos constituye, no obstante, un método sencillo, económico y cualificado para identificar correctamente la variabilidad espacio-temporal de la puesta.

b) Proporción de sexos en función de la talla

Entre los 23 y 32 cm de LD1 (75-115 cm FL), la proporción de hembras es ligeramente inferior a la de los machos entre 36 y 39 cm LD1 (122-145 cm FL) (Figura 17) y posteriormente se hace significativamente superior. Por encima de esta última talla, la proporción de hembras cae bruscamente, desapareciendo en las clases de tallas. Una explicación clásica a esta observación consistiría en una diferencia de crecimiento entre los dos sexos: el parámetro K sería más elevado en las hembras, y la talla asintótica (L_{∞}) sería inferior (menos del 10% de peces de más de 44 cm LD1 (160 cm FL) son hembras). La hipótesis de una mortalidad natural más elevada en las hembras, en relación con la puesta, constituye igualmente una explicación clásica. La hipótesis de un descenso drástico de la capturabilidad de las hembras parece menos realista.

c) Análisis del crecimiento a partir de los datos de marcado

Tras la eliminación de los datos de recaptura inferiores a 30 días en libertad, los resultados obtenidos sobre el crecimiento a partir de los datos de marcado, confirman la fase de crecimiento lento para los rabiles de menos de 65 cm FL (Bard, este volumen). Este análisis sugiere, no obstante, una cierta variabilidad interanual de la tasa de crecimiento. Para los individuos de talla superior a los 65 cm, las estimaciones de los parámetros K y L_{∞} de la ecuación de Von Bertalanffy son también similares a los resultados anteriores obtenidos para el Atlántico este. Finalmente, el mismo autor ha empleado para describir estas dos fases de crecimiento un modelo único con cuatro parámetros (Richards, 1959). Ciertos parámetros de este modelo son difíciles de calcular (sobrepajametrage) pero debe alentarse la puesta a punto de tales modelos compuestos. Para el Atlántico oeste, la obtención de una talla asintótica inferior es, o bien real, o bien solamente el reflejo de la escasa representatividad de los grandes rabiles en el conjunto de datos analizado. Capisano y Fonteneau han sugerido la idea de otro modelo compuesto, construido sobre la base de dos ecuaciones de Von Bertalanffy, uno para juveniles y otro para peces adultos).

d) Análisis del crecimiento a partir de tallas modales

La Figura 14 presenta las progresiones modales de las cohortes de rabil observadas en las capturas de cerco en el Atlántico este. Una curva de crecimiento de tipo compuesto se ajustó a ojo a los datos de la cohorte reclutada en la pesquería en mayo de 1983, que aparece de forma muy clara y durante numerosos años en la pesquería. A pesar de los problemas que presenta la difícil identificación de las clases de edad de los grandes individuos, el traslado de esta curva "tipo" a las cohortes reclutadas entre 1980 y 1987, probablemente refleja su crecimiento de forma satisfactoria. La curva de crecimiento estimada para estas progresiones mo-

dales es muy similar a la observada para el rabil en estudios anteriores utilizados por el SCRS. La misma operación realizada sobre los datos del Atlántico oeste parece indicar que el esquema de crecimiento es, de forma global, el mismo en el este y el oeste (al menos en cuanto se refiere a los datos de Venezuela). Sin embargo, un desfase de 2 a 3 meses parece separar las progresiones modales observadas en las dos zonas. Este desfase puede relacionarse con el desfase en la puesta, que tiene lugar con tres meses de antelación en el este con respecto al oeste.

Las frecuencias de tallas de la captura de superficie venezolana (sudeste del mar Caribe) analizadas por Gaertner y Pagavino (este volumen) muestran también claramente las dos fases del modelo compuesto utilizado en el Atlántico este, a saber: una etapa de crecimiento lenta seguida por una aceleración. Basándose en el criterio del mejor ajuste de los dos submodelos, el punto de ruptura del declive se sitúa hacia los 69 cm FL. El escaso valor de L_{∞} calculado en esta zona puede corresponder a un potencial de crecimiento inferior de los adultos (el L_{∞} así calculado es próximo a los del Pacífico y océano Indico). No obstante, igual que en el análisis de crecimiento a partir de datos de mercado, el reducido valor de L_{∞} podría provenir del escaso número de grandes ejemplares de rabil en las muestras. La hipótesis de que se deba a sesgos de muestreo está reforzada por las estimaciones de los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy obtenidos de los datos de la pesca palangrera en Brasil que se encuentran muy próximos a los valores del Atlántico este. Los rabiles capturados en Brasil se reclutan (por medio de este arte) en marzo, en el momento de la aceleración del crecimiento (alrededor de los 70 cm). Habría, por tanto, un desfase de unos 7 meses entre las muestras de Brasil y las procedentes de la pesca venezolana (Figura 18). Estos resultados parecen indicar que podrían existir dos componentes distintos resultantes de desoves separados en el Atlántico oeste.

Se observa igualmente que algunas de las tallas modales de las capturas de los cerqueros americanos en el mar Caribe y en el Atlántico Noroeste se ajustan perfectamente al esquema de crecimiento dado para Brasil. La heterogeneidad de tallas en el Atlántico occidental entre los sectores norte, central y sur debería, por tanto, ser objeto de análisis e interpretación minuciosa.

La conclusión que se extrae sería la de que hay una fase de crecimiento lenta (más o menos lineal hasta los 70 cm), seguida de una fase de crecimiento rápido descrita por el modelo de Von Bertalanffy.

A diferencia del rabil obtenido frente a las costas de Africa, pueden identificarse y seguirse dos e incluso tres modas en los datos mensuales del Atlántico oeste. En el Atlántico este, sólo puede seguirse una moda dominante por año en las frecuencias de tallas de las capturas mensuales. Las modas eventuales surgidas de la puesta de verano en Cabo Verde no se reflejan de forma clara en las frecuencias de tallas mensuales en el Atlántico este.

A pesar de estos resultados, persisten numerosas incertidumbres, como las que plantea la determinación de la edad de los individuos grandes y el establecimiento de las curvas de crecimiento de los adultos en función del sexo. Si una cierta variabilidad interanual en el crecimiento parece probable, la existencia de posibles variaciones en la tasa de crecimiento en función de la zona geográfica sigue siendo una incógnita.

e) *Lectura de la edad a partir de piezas duras*

En el primer trimestre de 1986, el CRO de Abidjan recopiló 100 otolitos y 189 vértebras de grandes ejemplares de rabil (+ 1.10 m). El objetivo de este estudio era el de precisar en la medida de lo posible la edad de los rabiles de tallas grandes, muy importantes ponderalmente en la captura, cuya estructura de edad estimada por la descomposición de las modas sigue siendo muy incierta (Capisano y Fonteneau, este volumen). Estas lecturas directas, realizadas por C. Manooch y J.A. Hinkley (este volumen), indican que los rabiles de esta talla corresponderían a individuos de edad 2 a 5 (vértebras) o 4 a 6 (otolitos). Globalmente, estos resultados son coherentes con las estimaciones de edad realizadas a partir de las frecuencias de tallas (a excepción de algunas lecturas que parecen difíciles de interpretar). Si bien este resultado parece alentador, sería necesario efectuar un muestreo más sistemático e intenso, para precisar la estructura de edades del grupo de los grandes rabiles.

3.7. Análisis de los ficheros de observadores, período 1981 a 1987, Atlántico este y oeste

Aprovechando la experiencia acumulada por los observadores durante el Programa Año del Listado, y la valiosa información que proporcionaron, se decidió, en el contexto del Programa Año del Rabil, situar observadores científicos a bordo de cerqueros, con el propósito de obtener datos sobre la evolución de los métodos de pesca, las estrategias de detección, y la persecución y captura de túnidos. El descenso espectacular en el número de cerqueros que faenan en el Atlántico este, y los continuos progresos de las técnicas pesqueras, podrían haber generado cambios en las estrategias de pesca. De igual forma, los observadores podían efectuar experiencias, y aportar datos que permitieran optimizar el actual esquema de muestreo en puerto. En el cuadro del Programa Año del Rabil, se han llevado a cabo ocho campañas de observación, seis en el Atlántico este y dos en el Atlántico oeste (Figura 3).

Un documento global (Ariz *et al.*) recoge las distintas experiencias realizadas y analiza los resultados obtenidos.

En sus distintos apartados, este documento:

Analiza los datos relativos a la actividad de las flotas (ángulos y distancias de detección, índices de localización y tipos de cardúmen), y los compara con los del Año Listado. La principal diferencia observada es que la flota FIS y la flota española dedicaron más tiempo a las operaciones de pesca, en detrimento del tiempo de búsqueda (Tabla 2). El aumento en el tiempo de pesca no se debe a un aumento del tiempo de la maniobra de cerco que, por el contrario, se ha reducido, sino a un mayor número de lances de cerco por día de pesca. De todo ello parece deducirse que ambas flotas habrían ganado en efectividad en relación al Programa Año del Listado. A partir de la fecha de finalización de la última campaña de observadores en barcos españoles, se ha instalado en los buques de esta flota

radares que permiten la localización de pájaros, principal índice de detección de bancos, por lo que es probable que se haya producido un nuevo cambio en los tiempos empleados en las distintas actividades.

Analiza la duración de los lances de cerco efectuados en el Océano Atlántico por barcos de las flotas FIS y española (Figura 19a, b). También se compara la duración de la maniobra en función de la captura y de la flota que la efectúa. Se aprecia una reducción en la duración de la maniobra en los lances de cerco nulos para las dos flotas. Esta reducción es más importante para la flota FIS que para la española; la duración de un lance de cerco continua siendo, sin embargo, más corta para los barcos de cerco españoles (1.5 horas) que para los cerqueros FIS (1.8 horas). La tendencia se aprecia también en los lances de cerco productivos, que son más rápidos, tanto para la flota FIS como para la española.

Analiza la actividad global de los observadores y presenta el análisis de los tipos de bancos y su tamaño, obtenidos en el Año del Rabil. Si se comparan estos datos con los obtenidos en el Año del Listado, se aprecia un mayor tamaño de los bancos. Sin embargo, no se puede ser concluyente sobre este punto, dado que la intensidad de muestreo ha sido muy distinta en uno y otro programa, y teniendo en cuenta las diferencias entre períodos y zonas de pesca durante las campañas de observación. Este resultado parece confirmarse, no obstante, por el análisis de los libros de a bordo realizado por Fonteneau y Pallarés (este volumen), que pone en evidencia la mayor frecuencia de grandes bancos de rabiles de gran talla desde 1985 para el conjunto de la pesquería de cerco (Figura 12).

Presenta información pormenorizada sobre la explotación de los túnidos asociados a un objeto flotante durante una semana. Trabajos de este tipo muestran el interés de la presencia de observadores a bordo, ya que este tipo de información no se puede extraer de los cuadernos de pesca.

Describe el experimento llevado a cabo en el Atlántico este, que tenía como finalidad establecer la tasa de mezcla que se produce entre peces de distinto lance al ser almacenados en la misma bodega. A partir de esta experiencia, se estimó la tasa de mezcla en un 15%. Numerosos factores pueden influir en que estas tasas de mezcla sean variables; entre otras, las más importantes son la talla de los peces capturados y la forma de vaciar la bodega (por flotación o en seco). Esta única experiencia no nos permite extraer una conclusión definitiva. Sería deseable efectuar más experiencias de este tipo, ya que el muestreo de tallas se basa, en la actualidad, en la identificación de cada lance de cerco.

Describe diversas experiencias realizadas para calcular la tasa de recuperación de marcas detectadas en peces marcados durante su colocación en la bodega ("sembrado de marcas"). Durante el Año Listado ya se habían efectuado experiencias de este tipo. Los resultados obtenidos para el listado son semejantes, con tasas de recuperación que van de 0.6 a 0.8. Para los rabiles de gran tamaño, la recuperación es completa, debido a la diferente manipulación que sufren estos peces durante la descarga. El conocimiento de este factor es importante para efectuar estimaciones cuantitativas a partir de los ficheros de marcas recuperadas.

Presenta los resultados obtenidos al comparar las muestras de tallas de 9 lances efectuados por los observadores con los muestreos de los mismos lances realizados en los puertos de desembarque por los muestreadores habituales. En cinco de los muestreos, no aparecían diferencias significativas al analizar las dos

distribuciones de talla mediante el test (no paramétrico) de Kolmogorov-Smirnov. En los cuatro restantes, se observan diferencias entre el muestreo a bordo y en puerto. Estos resultados, si bien son fragmentarios, indican un sesgo en el muestreo en puerto de las capturas por lances individuales, en particular en el caso de muestras pequeñas.

Las campañas de observadores científicos a bordo de cerqueros durante el Programa Año del Rabil han aportado informaciones muy útiles para interpretar los índices de las pesquerías. Estas campañas de observación deberían realizarse de forma regular en el futuro.

3.8. Análisis fino del período crítico, 1983-1984

Un estudio de la pesquería del Atlántico este ha permitido observar un cambio importante de zona de pesca de los cerqueros, de diciembre 1983 a enero de 1984 (Fonteneau, este volumen). Desde 1975, durante esta época del año las flotas de cerco operan generalmente en la zona sur tropical de alta mar, entre los 5°S y 5°N; ahora bien, en 1984 sus prospecciones se desplazaron hacia el sector norte, entre los 2°N y 5°N hacia los 15°O (Figuras 20a y b). Este desplazamiento de la zona de pesca de los cerqueros se debe probablemente a la baja disponibilidad de rabil grande, y a la gran concentración de listado en estas aguas nortropicales, lo que viene apoyado por el alto índice de concentración (Gulland) de el listado obtenido a principios de 1984.

Las zonas meridionales de alta mar fueron escasamente exploradas por las flotas de cerco, y se avistaron muy pocos cardúmenes de rabil en dichas zonas. La composición por especies no cambió de forma significativa en 1984 en la zona de pesca sur tropical de alta mar, pero la proporción de rabil grande capturado fue mucho menor.

Como consecuencia del cambio de caladeros, y de los escasos rendimientos de los peces grandes, la captura de rabil grande de las flotas de cerco en 1984 muestran un drástico descenso (Figura 13) (Fonteneau y Pallarés, este volumen).

La pesquería de palangre ha permanecido estable en todo el Atlántico durante el período crítico, tanto la CPUE como el modo de pesca (Diouf, este volumen).

En el Atlántico oeste, las CPUE de las flotas de superficie (cerco y cebo de Venezuela, cebo de Brasil) no mostraron tendencias aparentes en 1983 ó 1984 (Diouf, este volumen).

3.9. Nueva estimación de la matriz de las capturas trimestrales de rabil por edad

Capisano y Fonteneau (este volumen) describen el nuevo método utilizado para separar mediante desglose la captura por talla en captura por edad. Esta separación se llevó a cabo suponiendo que todos los peces, tanto al este como al oeste del Atlántico, crecieron de acuerdo con la cohorte de 1983 en el Atlántico este, tras la corrección de un desfase de 3 meses en las fechas de nacimiento de las cohortes en el Atlántico oeste. La tasa de crecimiento de la cohorte de 1983 en

el Atlántico este ha sido calculada a ojo a partir de la progresión mensual de las modas en las muestras de tallas (longitud predorsal) de las capturas. Este crecimiento se corresponde bien con el que se deduce de los datos de marcado. Esta técnica ha permitido estimar las capturas trimestrales por edad en el este y oeste del Atlántico según las reglas de conversión dadas por Capisano y Fonteneau.

Se pueden considerar otras técnicas de estimación de capturas por edad a partir de las capturas por tallas, pero aún no han sido suficientemente estudiadas, en particular mediante el empleo de ecuaciones compuestas de crecimiento.

Por otra parte, la puesta se produce en diferentes épocas en el Atlántico este (enero a marzo) y en el Atlántico oeste (septiembre a noviembre), y dado que se han observado migraciones transatlánticas, al menos de ejemplares grandes de rabil (Bard y Scott, este volumen), establecer la edad en base a la talla resulta problemático, especialmente para los adultos. La tabla de capturas por talla puede, efectivamente, contener peces nacidos en fechas diferentes, y que poseen una edad diferente con una misma talla. Aunque se trata de un problema delicado de resolver, las estimaciones actuales de la captura por edad parecen suficientemente precisas, por lo menos para los análisis preliminares, mientras se espera la puesta a punto de otros métodos. Por ello, es probable que las actuales matrices de capturas por edad para el Atlántico este y oeste constituyan dos hipótesis de trabajo aceptables.

3.10. Análisis de la tabla de captura por edad

El único análisis de cohorte (VPA) efectuado sobre el rabil del Atlántico este ha sido realizado por Fonteneau (este volumen). La mortalidad natural (M) ha sido considerada como no variable en el tiempo y variable según la edad ($M = 0.8$ en las edades 0 y 1, y $M = 0.6$ para edades superiores). Se estimaron los valores de abundancia y mortalidad por pesca (N y F), pero no por calibración, sino ajustándolos de forma que resultasen coherentes con interpretaciones razonables de las observaciones científicas de los fenómenos, tanto de naturaleza biológica como haliéutica, obtenidas de amplias muestras de la pesquería tropical a lo largo de un considerable número de años. Como el análisis se realizó teniendo en cuenta la hipótesis de un stock en el Atlántico este y, visto que actualmente hay indicios de la existencia de un stock único atlántico (recientemente se han comunicado siete recapturas transatlánticas) los análisis futuros deberían considerar la posibilidad de la existencia de un solo stock de grandes peces (30 kg y más) y de algunos grupos de peces juveniles, uno en el Atlántico este y otro en el Atlántico oeste.

Las capturas de rabil en el Atlántico oeste, en particular de grandes peces, han aumentado muy rápidamente en los años recientes. Ello dificulta los análisis de cohortes en el oeste y en el Atlántico este. También se ha considerado la posibilidad de calibrar el VPA mediante valores de CPUE de las pesquerías de superficie y de palangre, con el propósito de mejorar los análisis actuales. Tales análisis han planteado, no obstante, un cierto número de problemas técnicos que no se han podido resolver hasta el momento, y que deberán ser objeto de investigaciones ulteriores.

4. MODELIZACION DE LA EXPLOTACION (ATLÁNTICO ESTE Y OESTE)

4.1. Modelo de producción

El modelo de producción se aplicó en función de las hipótesis de estructura de uno o varios stocks.

En el Atlántico oeste, se aplicó el modelo de producción al stock oeste, pero sin éxito, ya que la serie de datos disponible parece ser aún muy corta para la pesquería de superficie, y la CPUE de palangre no parece representar la abundancia real del stock de rabil. En consecuencia, los datos de esfuerzo de pesca nominal disponibles en la actualidad no permiten calcular un esfuerzo efectivo de las pesquerías.

Bajo la hipótesis de un stock atlántico único, el hecho de que los peces pequeños de ambos lados del Atlántico no se mezclen constituye una posible fuente de sesgo. Por el contrario, la existencia de un cierto grado de mezcla entre los peces grandes permitiría considerar un modelo de producción para el stock de peces grandes, exclusivamente. Desafortunadamente, no se dispone de un índice de abundancia que sea válido para todo el océano, y no se ha llevado a cabo ningún modelo global a partir de esta hipótesis.

La hipótesis de un stock atlántico probablemente sigue siendo válida a pesar de los desplazamientos transatlánticos de adultos que se han observado. Se desconoce aún hasta qué punto estas recapturas significan que existe una mezcla rápida y total de los peces grandes entre el Atlántico este y oeste.

Se realizó un modelo de producción ajustado a los años 1969-88 (Figura 21). Aparentemente, este modelo representa bien la evolución del stock este, tanto en la fase de aumento del esfuerzo de pesca como durante la fase de reducción. La baja captura del año 1984 queda explicada sobre todo por la brusca reducción del esfuerzo de los cerqueros ocurrida tras varios años de tasas de explotación altas.

Se observa que la producción de la pesquería ha alcanzado desde 1988 - es decir, muy rápidamente - la curva de producción de equilibrio del stock. Esta rápida reacción del stock puede deberse a dos factores principales:

1. Probablemente, la biomasa de 1984 no se encontraba tan baja como hacía pensar la CPUE (capturabilidad baja). Por ello, el esfuerzo efectivo en 1984 habría sido muy débil.
2. La fuerza de la cohorte de 1983 habría contribuido a una rápida recuperación del stock.

Sin embargo, la validez de este modelo de producción podría verse afectada por un incremento - que no ha sido tenido en cuenta - de la eficacia de los cerqueros de la flota franco-española. Este aumento podría deberse a diversos factores, tales como una reducción de la competencia entre los cerqueros, una mejor estrategia, mejores técnicas de localización de los bancos, disminución de la duración de los lances, que claramente se han puesto en evidencia durante los últimos años. Resulta difícil estimar de forma cuantitativa este incremento y ajustar el

esfuerzo de pesca para calcular el esfuerzo de pesca efectivo, pero no obstante, es probable que el esfuerzo efectivo de los años recientes (1985-88) se encuentre subestimado en la actualidad.

4.2. Modelo analítico

Hay un modelo de este tipo para el stock del Atlántico este (Fonteneau, este volumen) sobre las tablas de captura por edad estimadas para esta zona. Las hipótesis de un stock Atlántico oeste y/o Atlántico total no se han podido tener en cuenta para este tipo de modelo, por razones similares a las del modelo de producción.

El análisis de cohortes ha suministrado vectores de mortalidad por pesca para cada año. En los resultados del VPA se han separado tres períodos característicos, a saber: 1980-83 (fuerte tasa de explotación), 1984 (con un esfuerzo reducido y anomalía ambiental), 1985-88 (condiciones ambientales normales y esfuerzo reducido) (Figura 22).

En el conjunto de estos tres períodos, a pesar de la reducción en el esfuerzo de cerco desde 1984 hasta la mitad de su nivel anterior, se observa que la mortalidad por pesca de los peces pequeños cambió muy poco en 1984 (a pesar de la fuerte reducción del esfuerzo de pesca nominal) debido probablemente a un desplazamiento del esfuerzo de pesca de superficie de los grandes peces a los pequeños. Desde entonces, el esfuerzo ha seguido siendo escaso, pero la mortalidad por pesca de los peces pequeños ha continuado a un nivel similar al del período 1980-83.

La mortalidad por pesca de los peces grandes, que alcanzaba cifras altas en 1980-83, descendió drásticamente en 1984. En 1985-88, aumentó la mortalidad de los peces grandes, pero a un nivel medio, inferior al del período 1980-83.

En los últimos años, el stock reproductor aumentó al nivel de los años sesenta, con una biomasa de unas 190.000 t. Asimismo, el análisis muestra la importancia de las cohortes de 1981 y 1983 y la debilidad de la nacida en 1984, probablemente asociada a las anomalías oceanográficas que se produjeron en esa zona coincidiendo con la época de la reproducción.

A partir de estos vectores de mortalidad por pesca se estimaron las isopletras de rendimiento por recluta (modelo de Ricker) (Figura 22). Se observan diferencias importantes entre las situaciones de 1980-83 y 1985-88, especialmente en lo que se refiere a los beneficios que se pueden esperar de la protección de los peces pequeños. Las isopletras de 1984, que corresponden a una baja mortalidad por pesca de los peces grandes, muestran una producción por recluta reducida.

5. CONCLUSIONES GENERALES

El Programa Año del Rabil tenía, entre otros objetivos, el de responder a un cierto número de preguntas:

1. ¿Cuál es la utilidad real de establecer un límite de talla mínima de primera captura para el rabil del Atlántico?

Los análisis de la producción por recluta permiten responder a esta cuestión: podían esperarse beneficios moderados de un límite de talla mínima de primera captura en la situación de esfuerzo de pesca elevado del período 1980-83.

Con un esfuerzo de pesca moderado del período 1984-88, no se puede esperar ningún beneficio del establecimiento de un límite de talla mínimo.

2. ¿Existe uno o varios stocks de rabil en el Atlántico?

La hipótesis de trabajo que avala la existencia de dos stocks al este y oeste, clásicamente admitida, ha sido puesta en tela de juicio. Parecía, al terminar el Año del Rabil, que si bien los rabiles juveniles quedaban aislados en las zonas de puesta, las migraciones de los adultos podrían ser importantes; convendría realizar ciertos análisis partiendo de la hipótesis de un stock único de rabiles adultos en el Atlántico.

3. En 1984, ¿en qué nivel se encontraba la biomasa de rabil adulto en el Atlántico este en relación con otros años?

El análisis de los diferentes índices de las pesquerías de superficie en el Atlántico este ha confirmado la caída vertical de las capturas y rendimientos de ejemplares grandes de rabil a finales de 1983 y comienzos de 1984. Actualmente, se puede considerar que este fenómeno no se debió a un descenso súbito de la abundancia del stock adulto, que en el momento actual pensamos que se mantuvo estable, sino más bien a una disminución de la capturabilidad de los adultos al cerco, a consecuencia de una importante anomalía ambiental del tipo "El Niño", que provocó una profundización de la termoclina. Por otra parte, el hecho de que las CPUE palangreras hayan permanecido estables durante ese período, y los resultados de los análisis de cohortes, sugieren que la biomasa adulta permaneció a un nivel normal. La rápida recuperación de los rendimientos de rabil adulto parece probar que la biomasa correspondiente nunca estuvo en situación de serio peligro, como se podía pensar en 1984 al examinar la caída en vertical de los rendimientos de adultos de la pesquería de superficie del Atlántico este.

4. ¿Cuál ha sido el nivel y la evolución de la biomasa de rabil del Atlántico oeste durante el período crítico 1983-84?

En el Atlántico oeste, las capturas han mostrado un rápido incremento, que refleja el desarrollo de nuevas pesquerías (cerqueros venezolanos y palangreros norteamericanos), pero las CPUE no presentan variaciones significativas durante los años recientes, en particular en 1984. Por con-

siguiente, el stock del Atlántico occidental no presenta cambios importantes durante el período estudiado.

5. ¿Cómo se ha producido la recuperación del stock?

De hecho, se trata más de una recuperación de rendimientos que de una recuperación del stock. Efectivamente, los análisis han mostrado que la abundancia del stock adulto nunca se cuestionó. El nivel de esfuerzo observado en 1985-88 es inferior al que se observó durante el período 1980-83. La biomasa adulta aumentó debido, en parte, al descenso de la mortalidad por pesca sobre estos individuos, y en parte al rápido crecimiento del rabil durante esta fase de su ciclo vital. Las condiciones oceanográficas y la capturabilidad de los grandes rabiles al cerco volvieron a la normalidad, lo que explica los elevados rendimientos que se observan a partir de 1985 en condiciones de esfuerzo de pesca reducido.

6. ¿Qué conclusiones podemos sacar de la crisis de 1984 en materia de explotación racional de los stocks?

El hecho de no tomar en cuenta los efectos de la anomalía del medio pudo ser la causa de que se tomaran medidas de ordenación injustificadas. En efecto, a finales de 1984, ICCAT hubiese podido llegar muy bien a la conclusión de que el stock reproductor estaba casi extinguido, cuando en realidad se encontraba en un nivel normal y soportando una mortalidad por pesca muy reducida.

7. ¿Qué habría ocurrido si el esfuerzo de pesca hubiera permanecido al mismo nivel de 1983?

Esta situación habría debido provocar un ligero aumento de las capturas en 1985, con un descenso importante de los rendimientos, tras la disminución temporal de las mortalidades por pesca de grandes peces en 1984. Sin embargo, debe tomarse en consideración el probable incremento del esfuerzo de pesca efectivo, aunque el esfuerzo de pesca nominal permanezca constante.

Si el esfuerzo hubiese permanecido elevado o en aumento en relación al de 1982-83, lo más probable es que las capturas de la pesquería se hubieran situado cerca del nivel de 1982-83, con las capturas ligeramente más importantes que las de la actualidad, pero con las CPUE mucho más débiles. Este esfuerzo de pesca elevado correspondería a una sobreexplotación del stock, mientras que la pesquería actual se encontraría próxima al esfuerzo óptimo (en términos biológicos).

Finalmente, se presentaron dos nuevas cuestiones durante la realización del programa:

8. ¿Podemos identificar en tiempo real estas anomalías del medio ambiente y, en su día, preverlas?

Se puede tener en cuenta el impacto de las anomalías del medio ambiente sobre la evaluación del estado de los stocks si se hace un seguimiento continuado de los parámetros del medio ambiente, y sus relaciones con las pesquerías atuneras en el Atlántico.

Para empezar, el análisis de las relaciones entre las pesquerías y el medio ambiente debería permitir comprender mejor los efectos de una anomalía de ese tipo en las pesquerías del Atlántico. A continuación, el seguimiento en tiempo real de las temperaturas de superficie y subsuperficie (batitermografía) que se realiza en la actualidad en el Atlántico (TOGA), y los modelos como los que se utilizan para este mismo programa TOGA (modelo OPERA, desarrollado por la Universidad de Paris, LODYC), permiten el seguimiento en tiempo real y potencialmente podrían prever los cambios del medio que pudieran tener una influencia sobre las migraciones o la capturabilidad de los túnidos.

9. ¿Se puede recoger en un modelo la influencia de los factores del medio ambiente sobre las pesquerías?

Queda bien demostrado que el medio ambiente puede repercutir de forma importante sobre la capturabilidad del rabil. Por ello, los modelos utilizados en la dinámica de poblaciones de los túnidos deberían tenerlo en cuenta e integrar los parámetros del medio ambiente; un modelo de esas características se utiliza en la evaluación de determinados stocks de pequeños pelágicos costeros, como la alacha, en el Atlántico este (Freon, 1982).

A este fin, parece necesario, en una primera etapa, analizar más profundamente la relación entre los factores del medio ambiente, los túnidos y las pesquerías y, en una segunda etapa, incorporar en la medida de lo posible, los parámetros del medio ambiente a los modelos de evaluación de stocks.

BIBLIOGRAFÍA DE LOS ARTÍCULOS QUE SE CITAN EN EL TEXTO

- Bard, F.X., P. Cayré y T. Diouf, 1988. Les migrations des thons, *in* Fonteneau, A. y Marcille, J. Eds. Ressources pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre est. Doc. techn. pêches FAO 292:111-156.
- Fonteneau, A., 1981. Note sur le mode de calcul de la prise par unité d'effort des senneurs FISM. ICCAT Rec. Doc. Sci. XV (1) pp. 407-411.

- Fonteneau, A., 1986. Note sur les indices d'abondance de l'albacore calculés à partir des prises par unité d'effort (PUE) des flottilles FISM et espagnoles. ICCAT Rec. Doc. Sci. XXV:46-56.
- Freon, P., 1984. Des modèles de production appliqués à des fractions de stocks dépendantes des vents d'upwelling (pêche sardinière au Sénégal). Océanogr. trop. 19(1):67-94.
- Gulland, J. A., 1964. Catch Per Unit Effort as a Measure of Abundance. Rapp. Proc. Verb., Conseil International pour l'exploration de la Mer, Vol. 155:8-14.
- Honma, M. y K. Hisada, 1971. Structure of Yellowfin Tuna Population in the Atlantic Ocean. Bulletin Far Seas Research Laboratory, n° 4, April 1981, p. 93-124.
- Honma, M., 1974. Estimation of Overall Effective Fishing Intensity of Tuna Long-line fishing. Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, N.10, June 1974, p. 63-85.
- Houghton, R. W. y C. Colin, 1986. Thermal Structure along 4°W in the Gulf of Guinea during 1983-1984. Journal of Geophysical Research, Vol. 91, n° C10, p. 11727-11739.
- Laurec, A. y A. Fonteneau, 1979: Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des cpue de plusieurs engins, en différentes zones et saisons. ICCAT Rec. Doc. Sci. XIII(1):79-100.
- Richards, J., 1959. A Flexible Growth Function for Empirical Use. J. Exper. Botany 10(2):290-300.

Table 1. Number of yellowfin sampled during the period 1980-1988
 Tableau 1. Nombre d'albacores échantillonnés durant la période 1980-88
 Tabla 1. Número de rabiles muestreados en el período 1980-88.

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
France (1)	22231	18816	19816	19241	5677	6223	12282	14715	7212
Senegal (1)	241	75	249	515	478	1838	1411	1256	1056
C. d'Ivoire (1)	5431	4563	6498	5460	932	1577			
Spain (1)	7468	6670	9019	1060	10440	19897	1800	20677	22320
Morocco (1)	1709	2385	1583	1266	256	246	904	260	1172
Japan (1)			155	457		2943	2630	2446	2029
G.Cayman (1)	123	382	172	372					
Ghana (1)						2407	1358	76	
Norway (1)						430	551	451	435
Cape Verde				307	159	1026	11607	4707	5031
Venezuela IATTC					283	500	198	1733	261
Venezuela ICCAT									
Venezuela ORSTOM									
USA-Gulf Mexico								19089	
USA-LL-Northwest								7886	
USA-LL-Caribbean								2831	
TOTAL	37203	32891	37492	28678	18225	37087	32741	76127	39516

Table 2. Summary of the tags and recoveries of tropical tunas in the Atlantic, by country

Tableau 2. Récapitulation du marquage-recapture des thonidés tropicaux de l'Atlantique, par pays. 1956-88

Tabla 2. Resumen de los marcados y recapturas de túnidos tropicales en el Atlántico, por país.

Country	Year	Number tagged			Number recovered			Tagging gear
		YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	
Brazil	1981	--	52	--	--	?	--	BB
Cape Verde	1981	13	2672	--	1+	65	--	BB
	1982	14	4552	--	0	737	--	BB
Côte d'Ivoire + France	1971	1353	787	308	17	0	4	BB
	1972	3620	508	1640	198	0	16	BB
	1973	1585	123	449	148	0	126	BB
	1974	740	88	138	24	1	14	BB
	1975	1071	104	587	14	0	16	BB
	1976	115	1	--	0	0	--	BB
	1980	899*	195	*	82	11	56	BB
	1981	3555*	909	*	321	60	228	BB
	1983	193	35	85	11	0	1	BB
	1984	166	1255	151	20	92	2	BB
	1985	2	67	--	0	0	--	BB
	1986	909	374	256	82	0	0	BB
	1987	124	281	--	5	0	--	BB
Cuba	1981	--	147	--	--	?	--	BB
	1982	--	373	--	--	?	--	BB
Ghana	1986	1463	--	526	8	--	0	BB
	1987	43	64	39	6	0	0	BB
Japan	1980	1042	5976	946	87	448	73	BB
	1981	--	7000	519	--	747	37	BB
Korea	1981	219	175	5	7	5	0	BB
	1982	149	170	--	2	3	--	BB
Portugal (Azores)	1981	--	11	--	--	3	--	BB
	1982	--	92	--	--	4	--	BB
Senegal	1978	134	120	846	17	0	104	BB
	1979	87	--	--	6	--	--	BB
	1980	98	119	240	7	8	5	BB
	1981	699	1391	432	40	160	21	BB
	1982	2	2794	--	0	928	0	BB

*YFT and BET mixed.

**Data not included in the file.

***May include purse seine tagging.

BB = Baitboat
 RR = Rod and Reel
 PS = Purse seine
 TR = Trawl

Table 2. (Cont.)

Country	Year	Number tagged			Number recovered			Tagging gear
		YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	
Spain (Canary Islands)	1979	1	74	--	0	7	--	BB
	1980	--	441	--	--	103	--	BB
	1981	--	701	--	--	101	--	BB
	1982	14	1827	--	1	282	--	BB
	1983	--	95	--	--	7	--	BB
	1984	10	155	16	0	19	0	BB
	1985	--	221	--	--	53	--	BB
	1986	90	183	--	10	40	--	BB
United Kingdom (St. Helena)	1987	97	--	--	?	--	--	BB TR
U.S.A.	1956	115			--			RR**
	1957	1			--			RR
	1960	61			--			RR
	1961	20			1			RR
	1962	4			--			RR
	1963	54			1			RR
	1964	107			--			RR
	1965	18			1			RR
	1966	25			1			RR
	1967	53			--			RR
	1968	34			--			RR
	1969	12			--			RR
	1970	12			--			RR
	1971	34			--			RR
	1972	13			--			RR
	1974	27			--			RR
	1975	23			1			RR
	1976	68			1			RR
	1977	138			6			RR
	1978	80			1			RR
	1979	85			2			RR
	1980	54						RR
	1980	166	1412	--	3*	6*	--	BB
	1981	151	--	--	0	--	--	RR
1982	196	--	--	3	--	--	RR	
1983	312	--	--	31	--	--	RR	
1984	247	--	--	16	--	--	RR	
1985	170	--	--	8	--	--	RR	
1986	228	--	--	12	--	--	RR	
1987	193	--	--	2	--	--	RR	
1988	47	--	--	1	--	--	RR	
U.S.S.R.	1981	--	119	--	--	7	--	--
	1982	--	874	--	--	4	--	--
Venezuela	1986	330	--	--	11	--	--	BB
	1987	--	117	--	--	0	--	BB
TOTAL		21555	36654	7183	1216	3901	703	

Table 3. Annual CPUE of the three size categories of yellowfin: <5, 5 to 30 and 30+ kg (1980-1988), calculated by the Laurec/Fonteneau (1977) method.

Tableau 3. Prises annuelles par unité d'effort des trois catégories de taille de l'albacore, 5, 5 à 30 et + 30 kg (1980-88), calculées selon la méthode de Laurec et Fonteneau, 1977

Tabla 3. CPUE anual de las tres categorías de talla de rabil, <5, 5 a 30 y 30+ kg (1980-88), calculadas según el método de Laurec y Fonteneau (1977).

Year	Coastal areas		Coastal areas + high seas
	Up to 5 kg	5 to 30 kg	Over 30 kg
1980	22	39	35
1981	21	43	6
1982	52	41	46
1983	21	47	44
1984	30	23	12
1985	12	31	24
1986	11	43	57
1987	56	43	42
1988	48	106	30

Table 4. Variations in the percentages of types of activities of the FIS and Spanish fleets during the Yellowfin Year Program, with respect to the Skipjack Year Program

Tableau 4. Variations des pourcentages des types d'activités des flottilles FIS et espagnole durant le Programme de l'Année albacore par rapport au Programme de l'Année Listao

Tabla 4. Variación de los porcentajes de los índices de actividad de las flotas FIS y española durante el Programa Año del Rabil, con respecto al Programa Año del Listado.

Type of Activity	Code	Percentage ISYP		Percentage YYP		Percentage Difference	
		FIS	Spn.	FIS	Spn.	FIS	Spn.
Searching	12	74	73	58	62	- 22	-15
Setting	16	11	11	23	20	+106	+ 1
Others	3,5,6,7,8, 10,13,17	15	16	19	18	--	--

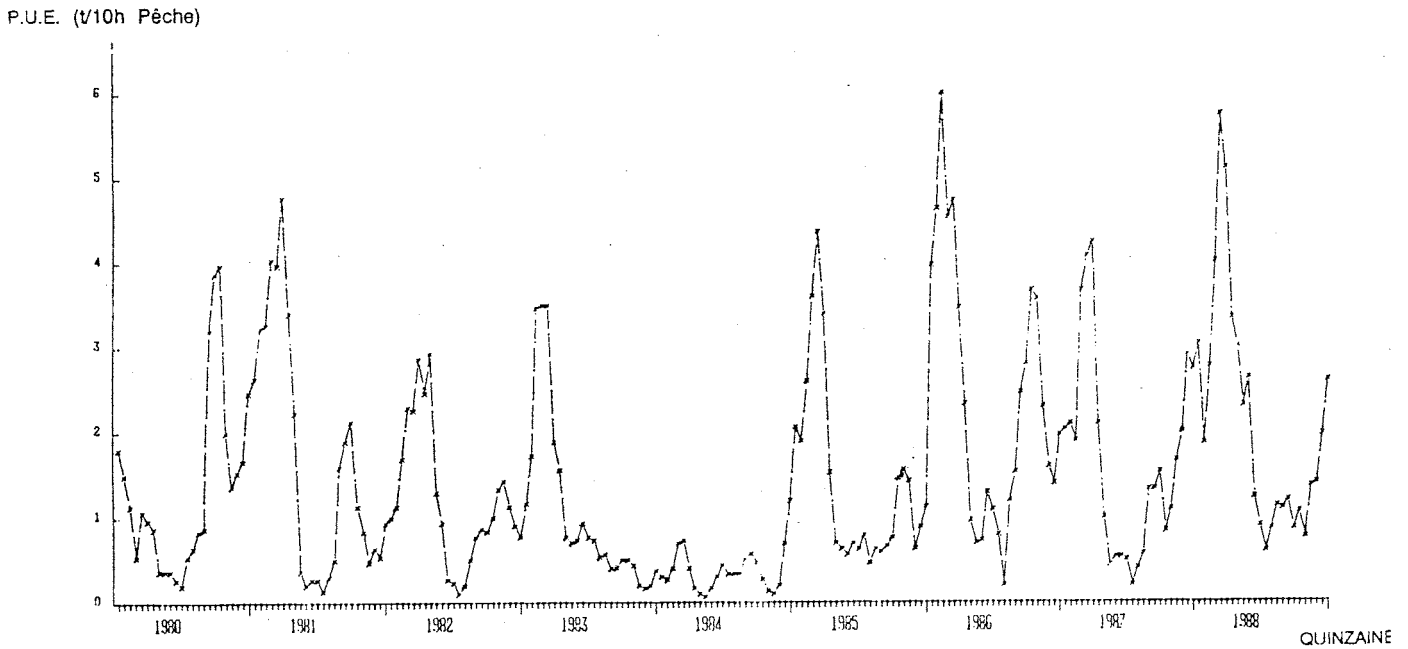
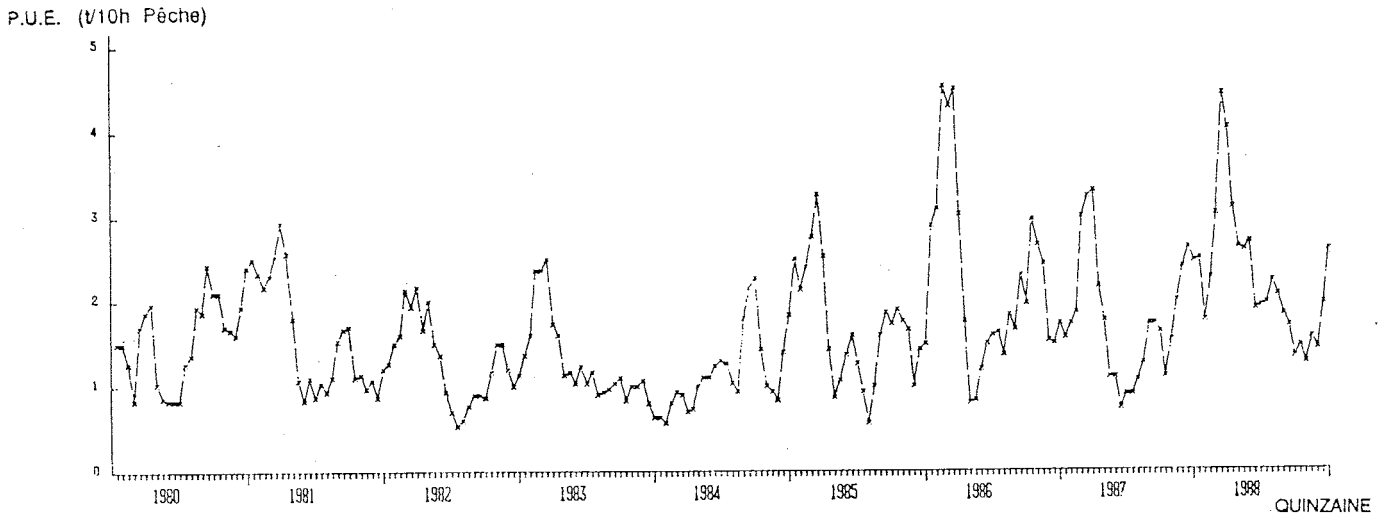


Fig. 1. Trends in nominal CPUE (in MT/10 fishing hours) by periods of 15 fishing days (catch/ standardized effort) of total yellowfin (upper figure) and of yellowfin larger than 30 kg (lower figure) from 1980 to 1987 for large FIS and Spanish purse seiners combined. (From Fonteneau and Pallarés, this volume.)

Fig. 1. Evolution des p.u.e. nominales (en t/10 h.p.) par quinzaine de pêche (prises/efforts standardisés) en albacore (total) (figure supérieure) et en albacore de plus de 30 kg (figure inférieure) durant la période 1980-1987, pour les grands senneurs FIS espagnols combinés (d'après Fonteneau et Pallarés, ce volume).

Fig. 1. Evolución de la CPUE nominal (en TM/10 horas de pesca) por quincena de pesca (captura/esfuerzo estandarizados) de rabil (total) (figura superior) y de rabil de más de 30 kg (figura inferior) durante el período 1980-87. Grandes cerqueros FIS y españoles combinados (según Fonteneau y Pallarés, en el presente volumen).

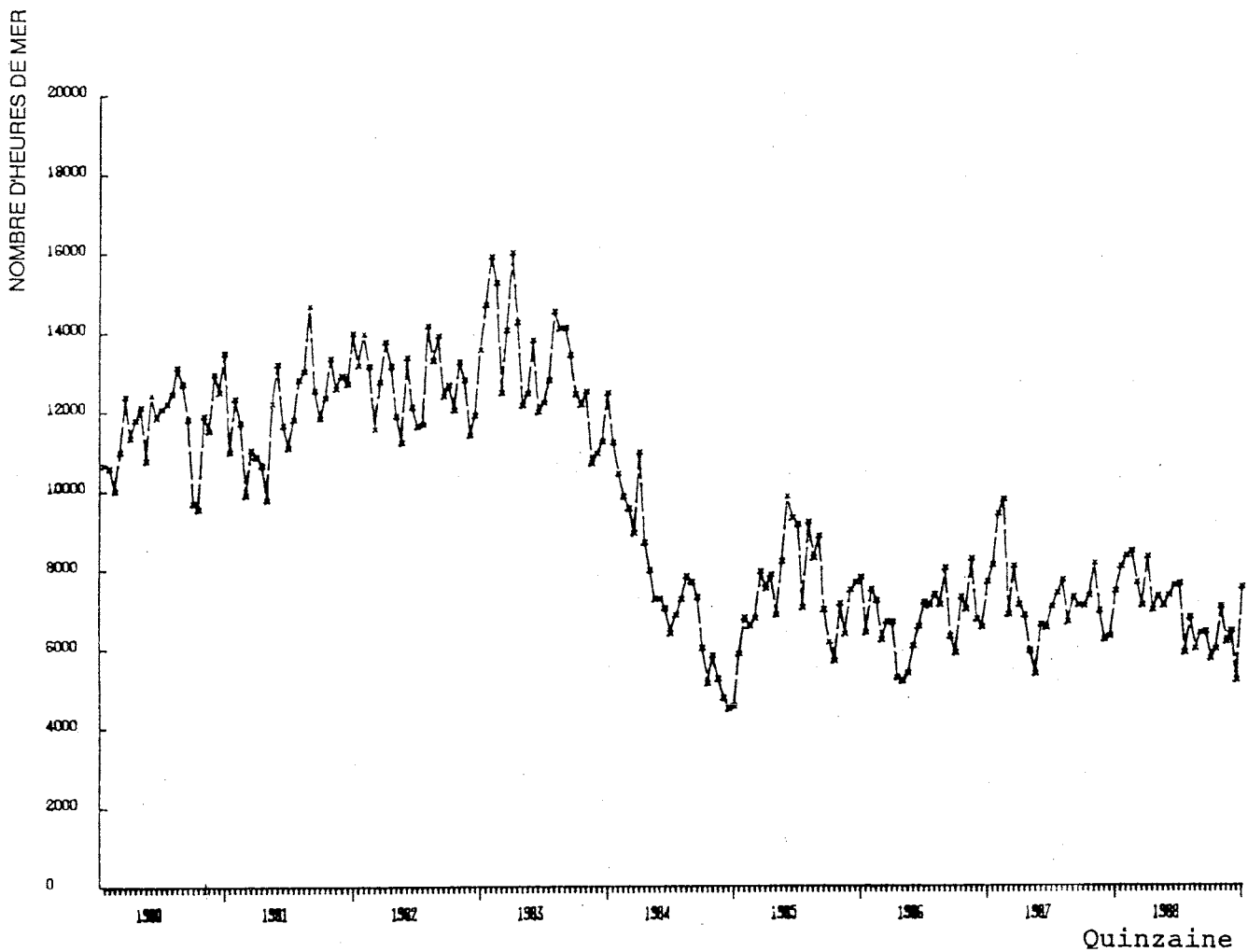


Fig. 2. Nominal standardized effort (in no. of hours at sea) by 15-day periods of FIS and Spanish purse seiners combined for 1980 to 1988 (from Fonteneau and Pallarés, this volume).

Fig. 2. Effort nominal standardisé (en n° de h/mer) par quinzaine des senneurs FIS et espagnols combinés de 1980 1988 (d'après Fonteneau et Pallarés, ce volume).

Fig. 2. Esfuerzo nominal estandarizado (en n° de h/mar) por quincena. Cerqueros FIS y españoles combinados, 1980-88 (según Fonteneau y Pallarés, en este volumen).

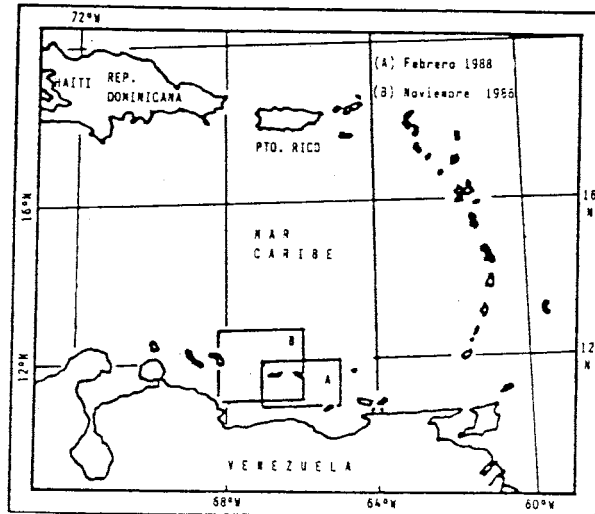
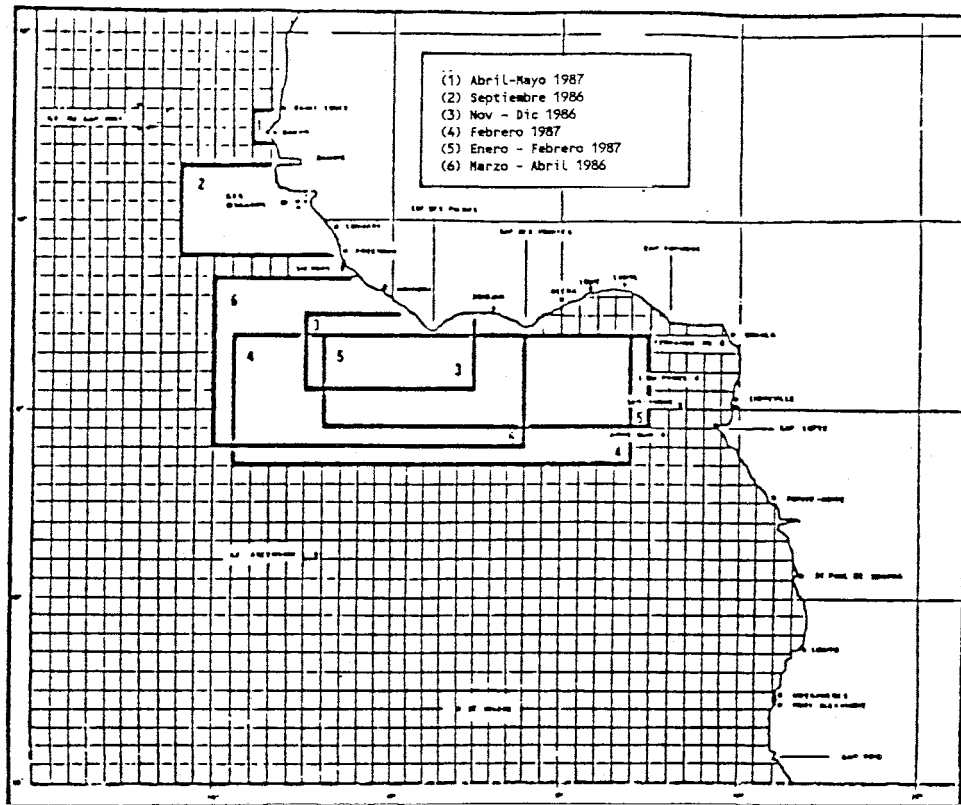
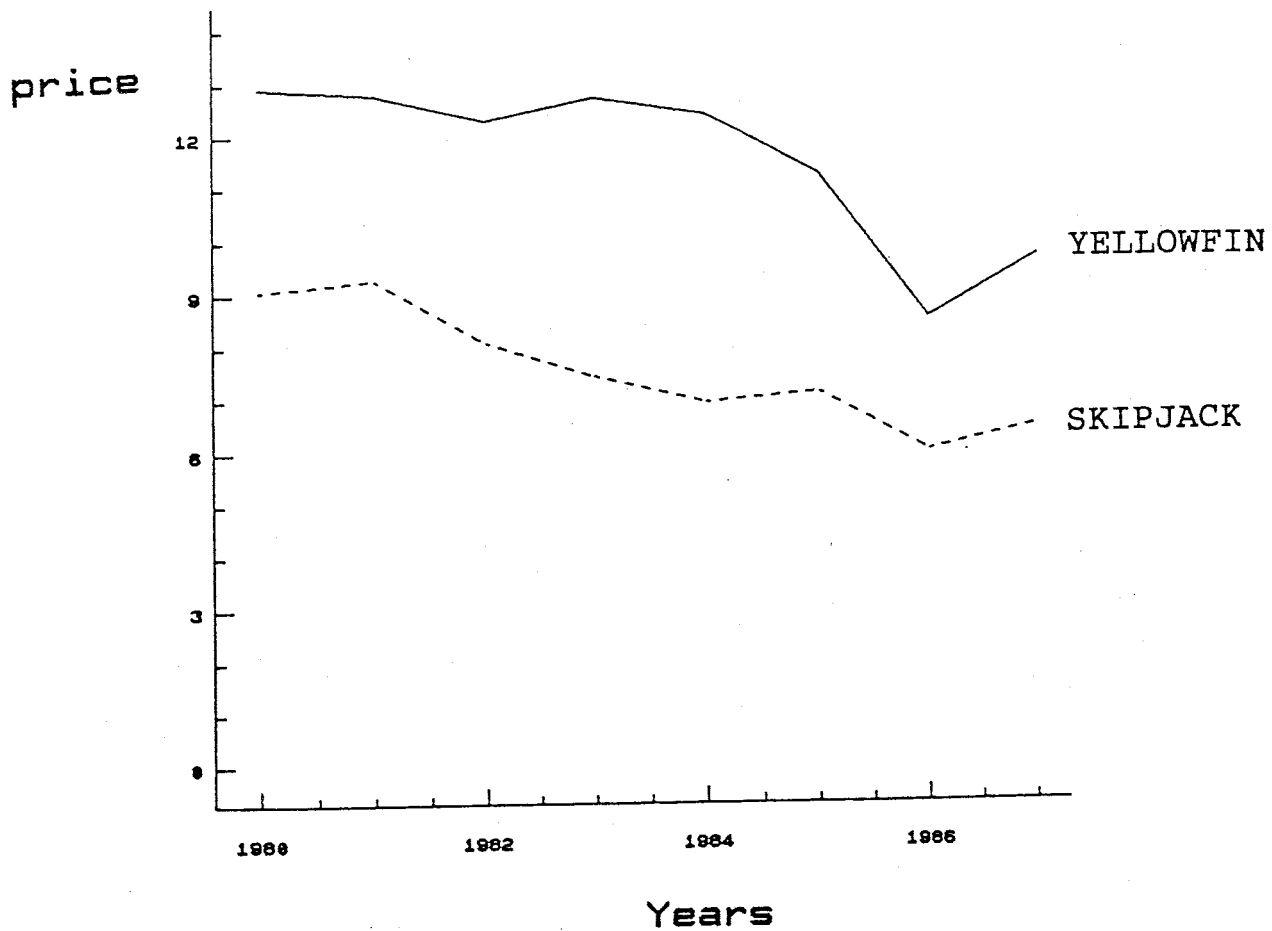


Fig. 3. Areas and periods of operation in which were carried out six observer cruises in the east Atlantic (upper figure) and two cruises in the west Atlantic (lower figure) for the Yellowfin Year Program.

Fig. 3. Zones d'activité et périodes durant lesquelles ont été menées six campagnes d'observateur dans l'Atlantique est (figure supérieure) et deux campagnes dans l'Atlantique ouest (figure inférieure) dans le cadre du Programme de l'Année Albacore.

Fig. 3. Zonas de actividad y períodos en los que se han desarrollado seis campañas de observadores en el Atlántico este (figura superior) y dos campañas en el Atlántico oeste (figura inferior) dentro del marco del Programa Año del Rabil.



- Fig. 4. Changes in the selling price (in fixed French francs) of skipjack over 2 kg and yellowfin over 10 kg to French canning factories in 1987. (Source: SOVETCO)
- Fig. 4. Evolution des prix de vente (Francs français constants) du listao de plus de 2 kg et d'albacore de plus de 10 kg dans les conserveries en France (1987) (Source: SOVETCO)
- Fig. 4. Evolución de los precios de venta (en francos franceses constantes) de listado de más de 2 kg y de rabil de más de 10 kg a las fábricas de conservas en Francia (1987). (Fuente: SOVETCO)

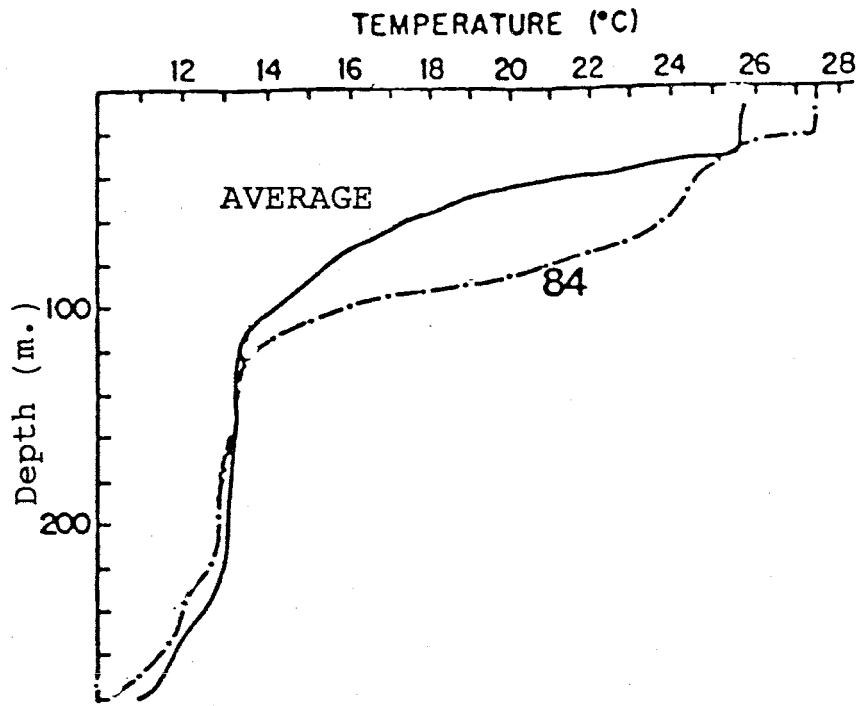


Fig. 5. The average structure of the thermocline at the equator and 4^oW and the thermocline observed during the first quarter of 1984. (Source: Houghton and Colin, 1987)

Fig. 5. Structure moyenne de la thermocline à l'équateur par 4^o ouest et thermocline observée durant le premier trimestre 1984 (Source: Houghton et Colin, 1987)

Fig. 5. Estructura media de la termoclina en el ecuador a 4^o oeste y termoclina observada durante el primer trimestre de 1984.
(Fuente: Houghton y Colin, 1987)

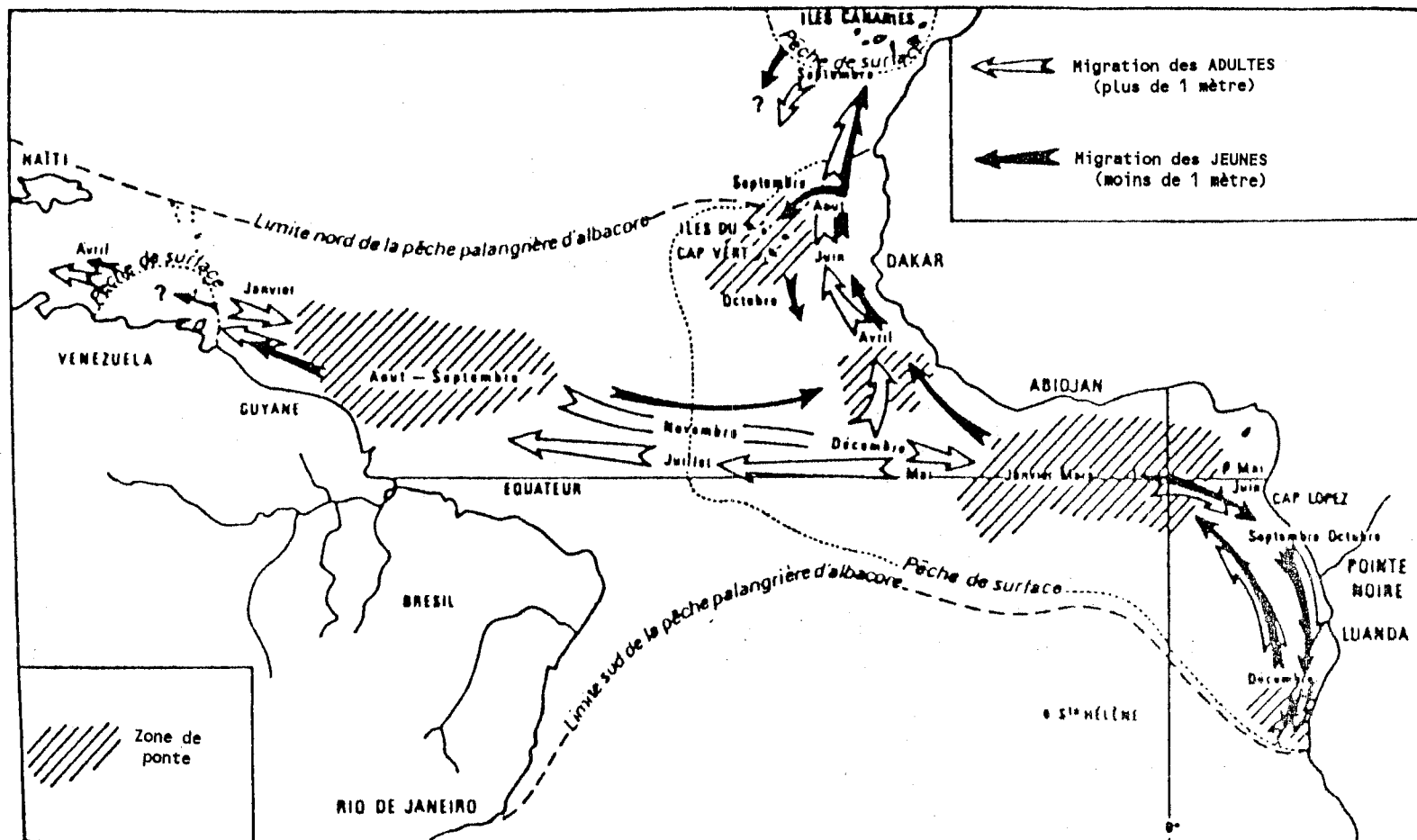


Fig. 6. Stock structure of Atlantic yellowfin accepted at the beginning of the Yellowfin Year Program. (From Bard et al., 1988.)

Fig. 6. Structure du stock d'albacore atlantique retenue au départ du Programme de l'Année Albacore (d'après Bard et al. 1988).

Fig. 6. Estructura del stock de rabil atlántico aceptada al inicio del Programa Año del Rabil (según Bard et al., 1988).

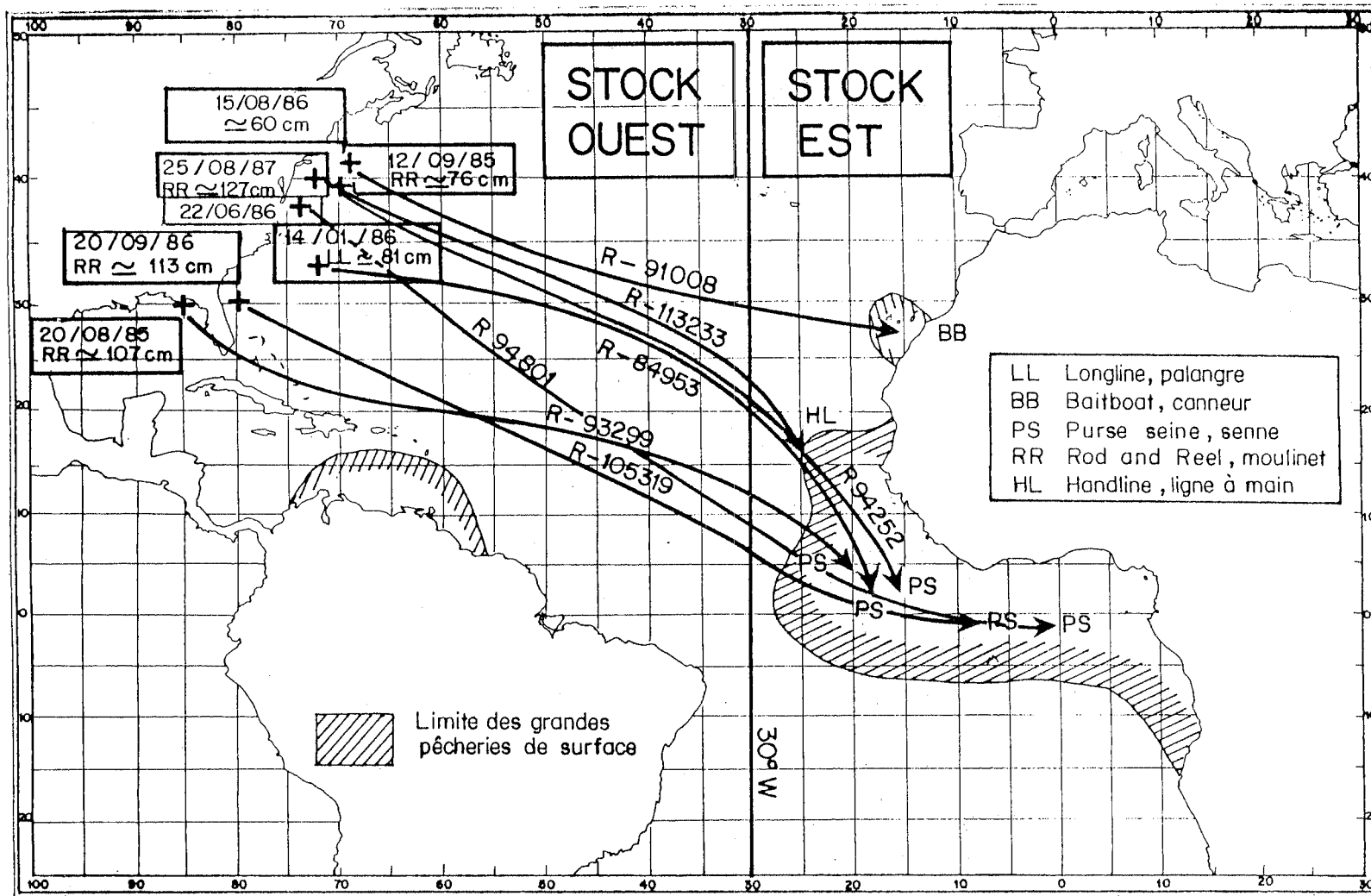
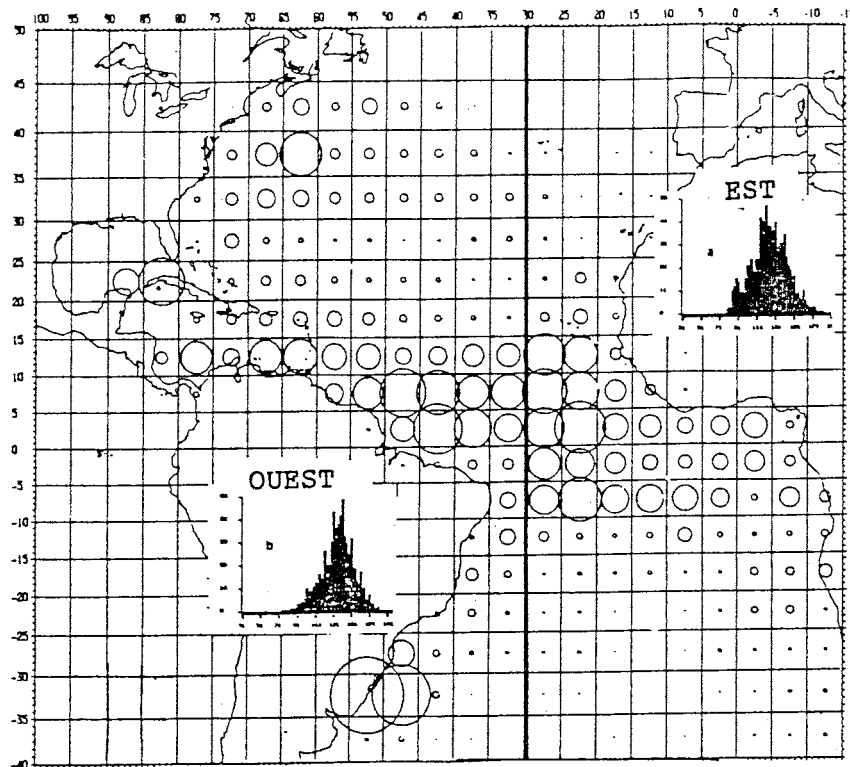


Fig. 7. The routes of seven tagged yellowfin which migrated from the west to the east. The dates, length at time of tagging and recovering gear are shown in the square. (From Bard and Scott, this volume.)

Fig. 7. Trajets des sept albacores marqués ayant migré d'ouest en est. Les dates, les longueurs aux marquages et l'engin de recapture sont portés dans les cartouches (d'après Bard et Scott, ce volume).

Fig. 7. Migración oeste/este de siete rabiles marcados. Los fechas, tallas al marcado y arte de recaptura se indican en las casillas (según Bard y Scott, en este volumen).



○ 3000 individus

- Fig. 8. Location of fishing areas of all longliners operating in the Atlantic (average of the 1983-1986 period) and average size distribution of individuals caught in each area. (From Diouf, this volume.)
- Fig. 8. Localisation des zones de pêche de tous les palangriers opérant en Atlantique (moyenne de la période 1983 à 1986) et distribution des tailles moyennes des individus capturés dans chaque zone (d'après Diouf, ce volume).
- Fig. 8. Localización de las zonas de pesca de todos los palangreros que operan en el Atlántico (media del período 1983-86) y distribución de las tallas medias de los ejemplares capturados en cada zona (según Diouf, este volumen).

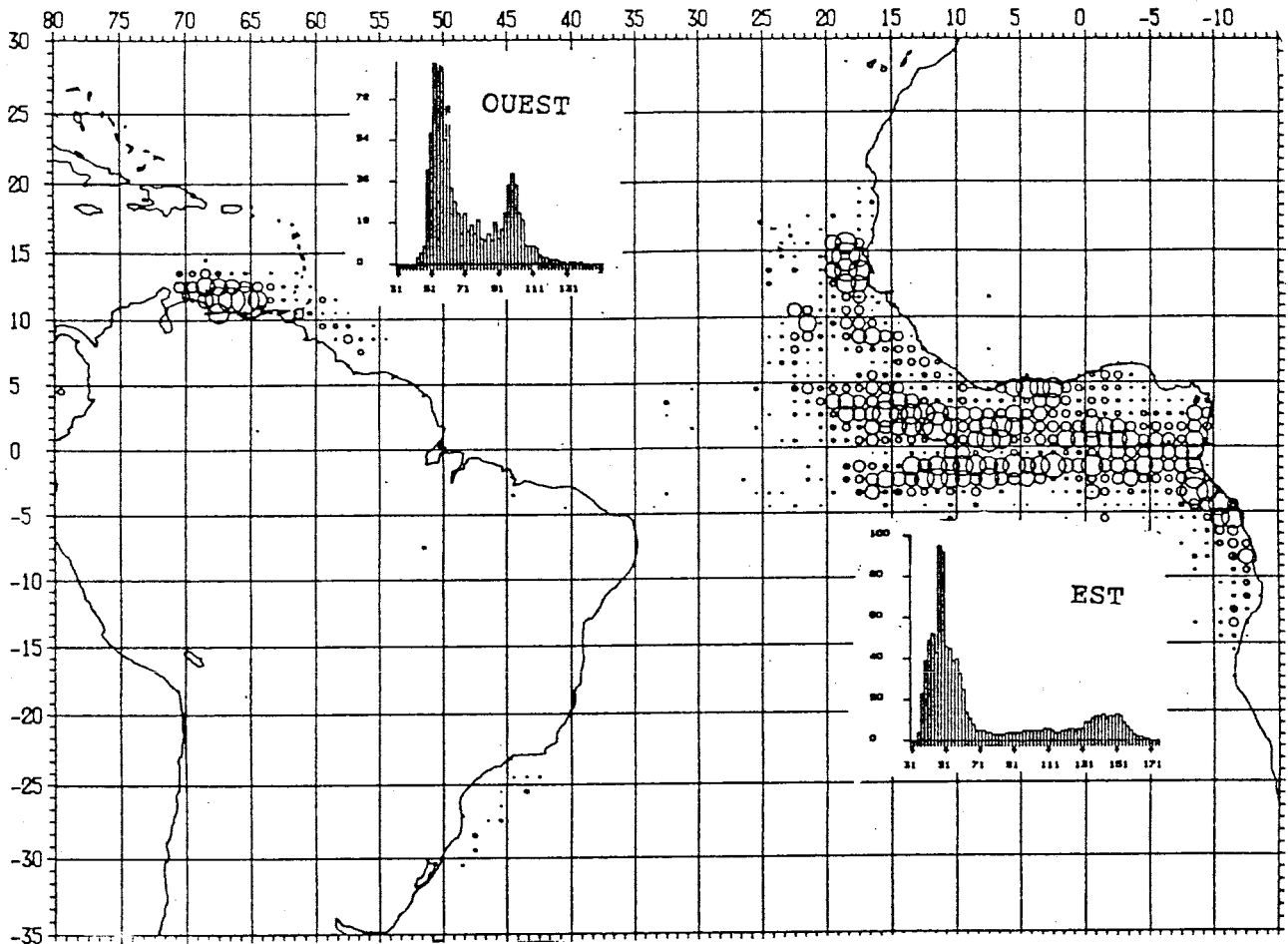


Fig. 9. Location of fishing areas of all purse seiners operating in the Atlantic (average of the 1983-1986 period) and average size distribution of individuals caught in each area. (From Diouf, this volume.)

Fig. 9. Localisation des zones de pêche de tous les senneurs opérant en Atlantique (moyenne de la période 1983 à 1986) et distribution des tailles moyennes des individus capturés dans chaque zone (d'après Diouf, ce volume).

Fig. 9. Localización de las zonas de pesca de todos los cerqueros que operan en el Atlántico (media del período 1983-86) y distribución de las tallas medias de los ejemplares capturados en cada zona (según Diouf, este volumen).

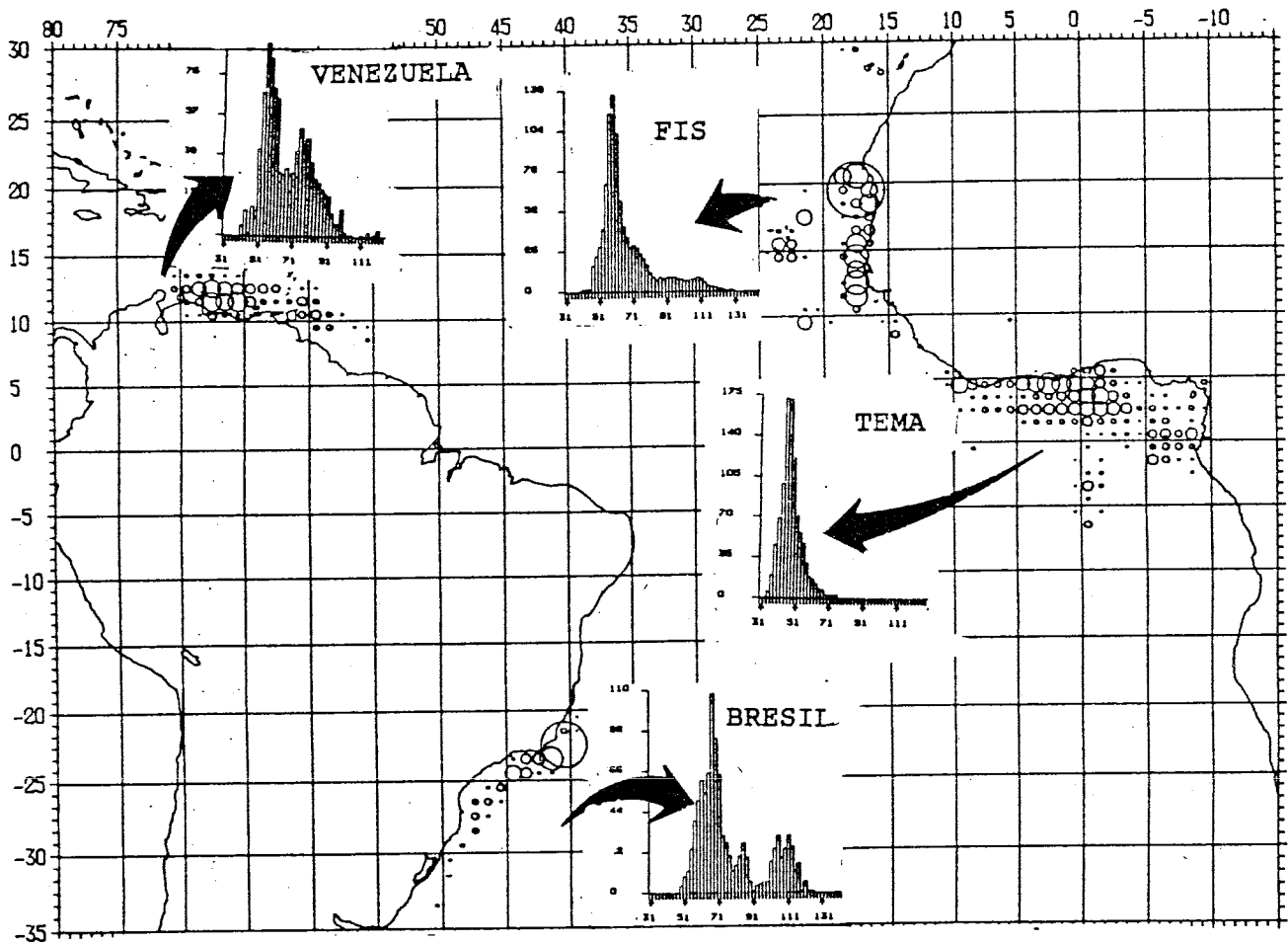


Fig. 10. Location of fishing areas of all baitboats operating in the Atlantic (average of the 1983-1986 period) and average size distribution of individuals caught in each area. (From Diouf, this volume.)

Fig. 10. Localisation des zones de pêche de tous les canneurs opérant en Atlantique (moyenne de la période 1983 à 1986) et distribution des tailles moyennes des individus capturés dans chaque zone (d'après Diouf, ce volume).

Fig. 10. Localización de las zonas de pesca de todos los barcos de cebo que operan en el Atlántico (media del período 1983-86) y distribución de las tallas medias de los ejemplares capturados en cada zona (según Diouf, en el presente volumen).

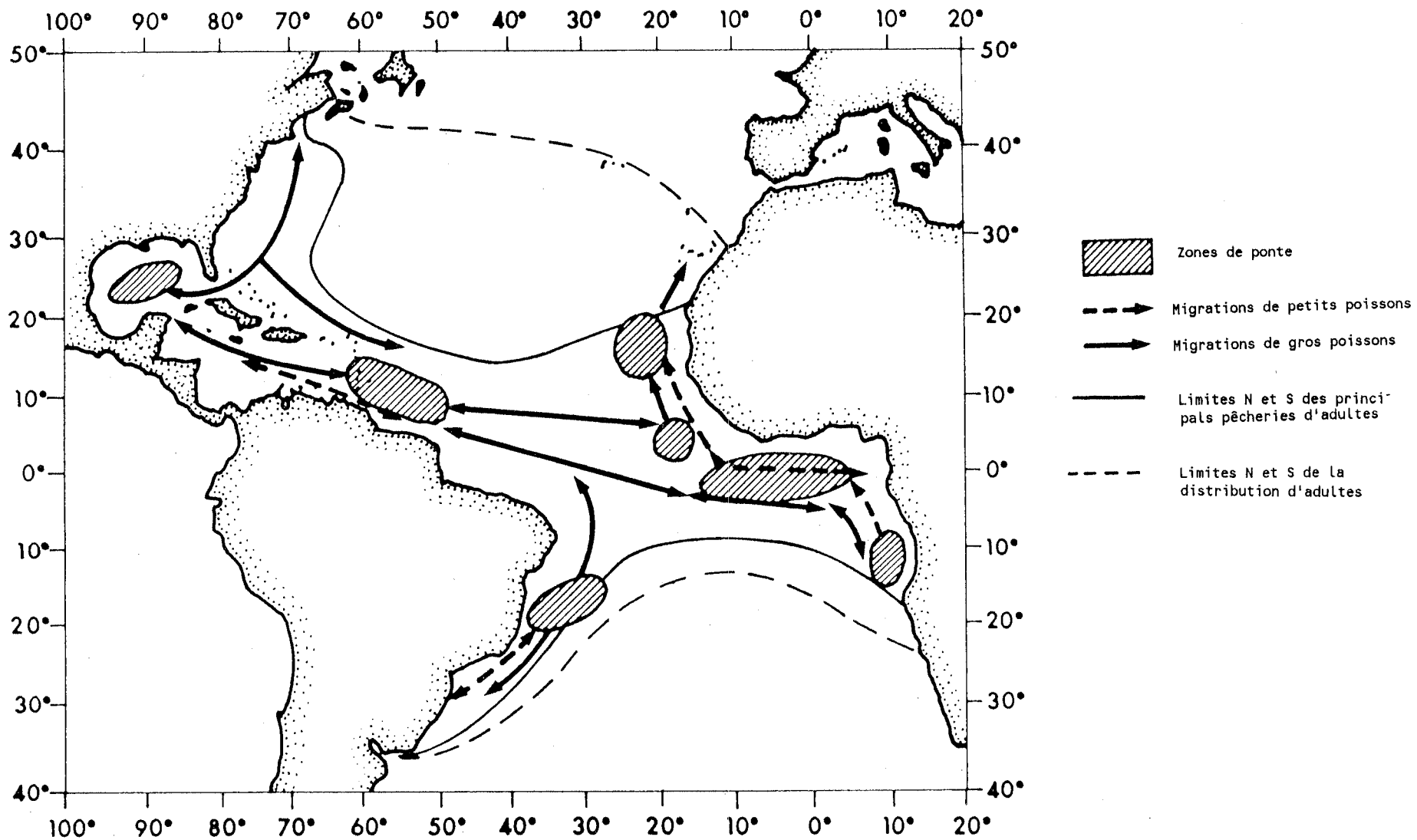


Fig. 11. Yellowfin stock structure in the Atlantic proposed following new information obtained from research carried out within the Yellowfin Year Program.

Fig. 11. Structure du stock d'albacore atlantique adoptée après avoir obtenu de nouvelles informations au cours du Programme de l'Année Albacore.

Fig. 11. Estructura del stock de rabil atlántico aceptada tras la nueva información obtenido en el transcurso del Programa Año del Rabil.

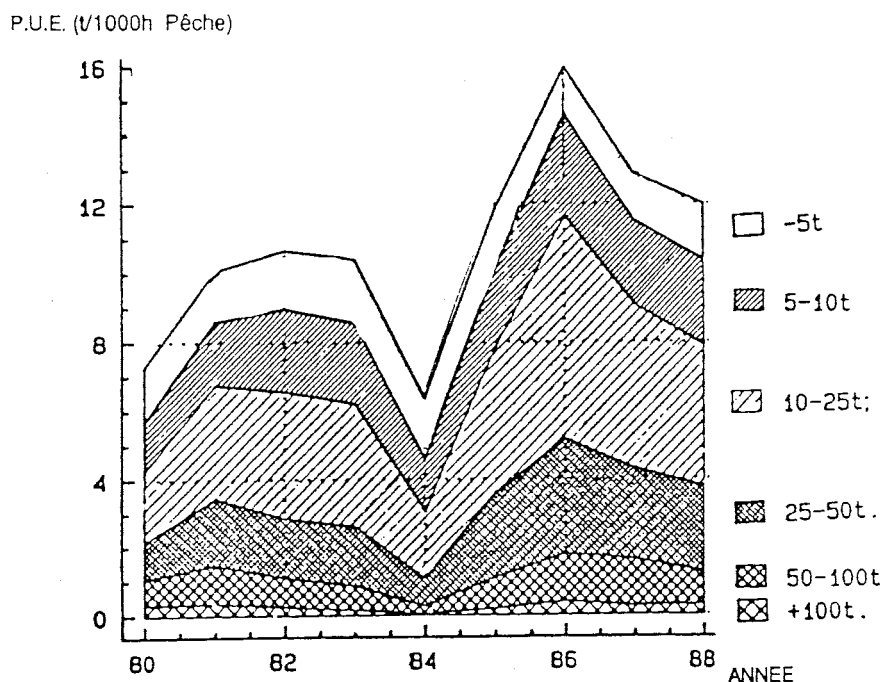


Fig. 12. Number of sets per 1,000 fishing hours by the size of the catch per set of large yellowfin tuna (from Fonteneau and Pallares, this volume).

Fig. 12. Nombre de calées de gros albacores par 1000 heures de pêche en fonction de la taille des calées (d'après Fonteneau et Pallarés, le présent volume).

Fig. 12. Número de lances de rabil grande por 1000 horas de pesca, según la importancia de los lances (según Fonteneau y Pallarés, en el presente volumen).

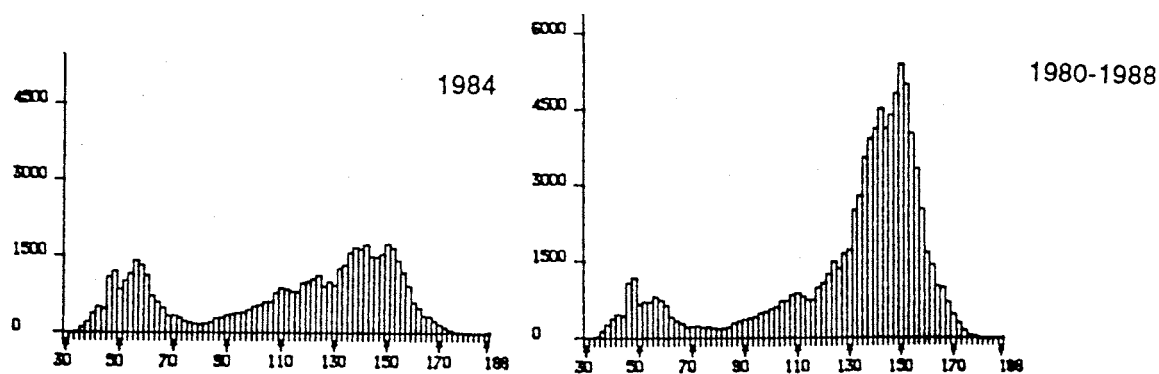


Fig. 13. Raised size frequencies (in MT by 2 cm intervals of FL) of purse seine catches (all countries) in 1984 and the annual average during the period 1980 to 1988 (From Fonteneau and Pallarés, this volume.)

Fig. 13. Fréquences de tailles pondérales (en tonnes par classes de 2 cm de LF) des captures des senneurs (tous pays) en 1984 et en moyenne annuelle durant la période 1980 à 1988 (d'après Fonteneau et Pallarés, ce volume).

Fig. 13. Frecuencia de tallas ponderadas (en toneladas por clases de 2 cm FL) de las capturas de los cerqueros (todos los países) en 1984 y media anual del período 1980-88 (según Fonteneau y Pallarés, este volumen).

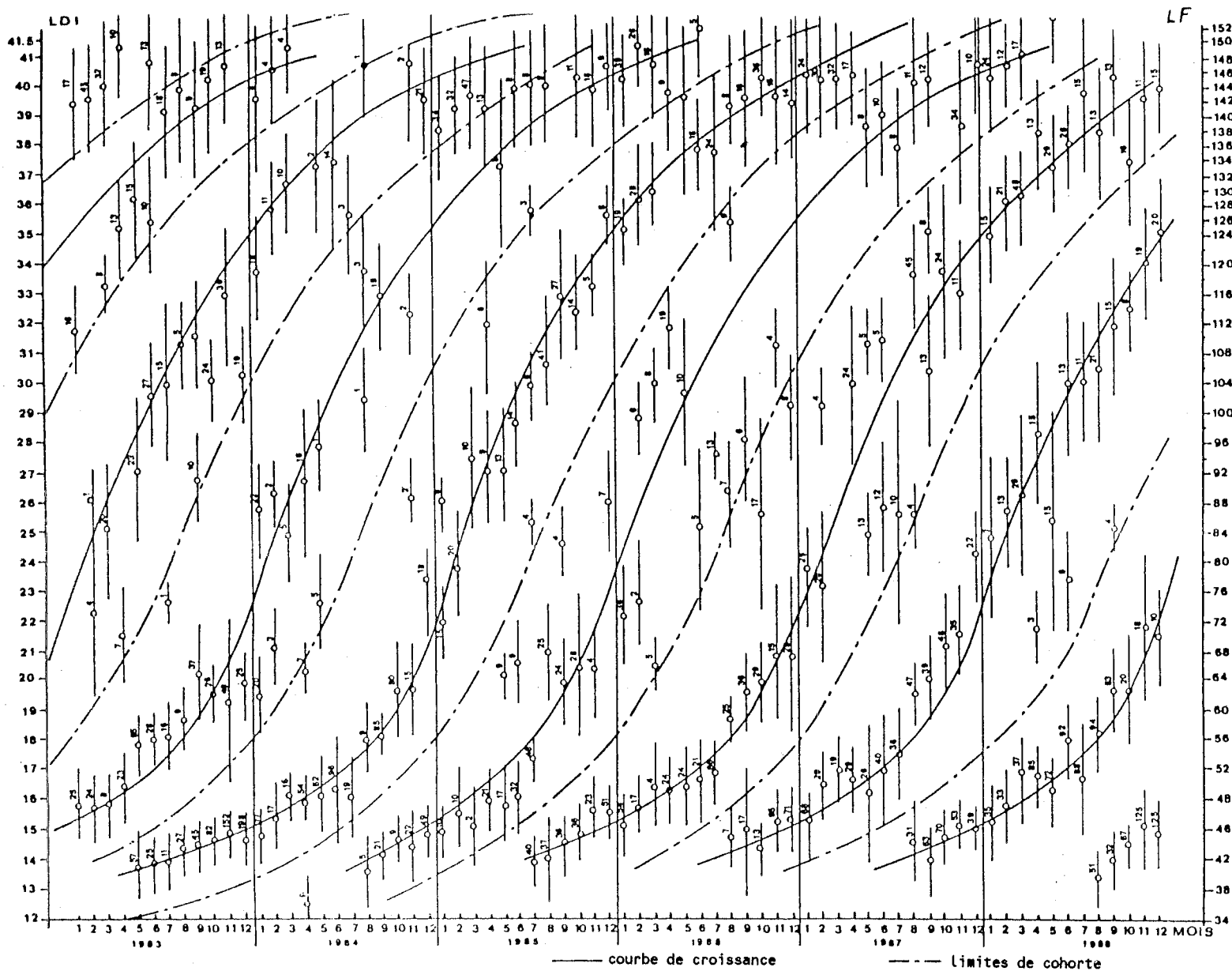


Fig. 14. Position of the modes identified in the size frequencies extrapolated from FIS and Spanish PS combined data and their relative importance.

Fig. 14. Position des modes identifiés dans les fréquences de tailles extrapolées des senners FIS et espagnols combinés et importance relative de ceux ci.

Fig. 14. Posición de las modas identificadas en las frecuencias de tallas extrapoladas de los cerqueros FIS y españoles combinados e importancia relativa de estos.

- position modal
 - ± 1 écart type
 - n = n^o d'individus
 - modèle de croissance retenu
 - - - séparations entre cohortes d'âges différents
- (d'après Capisano et Fonteneau, ce volume.)

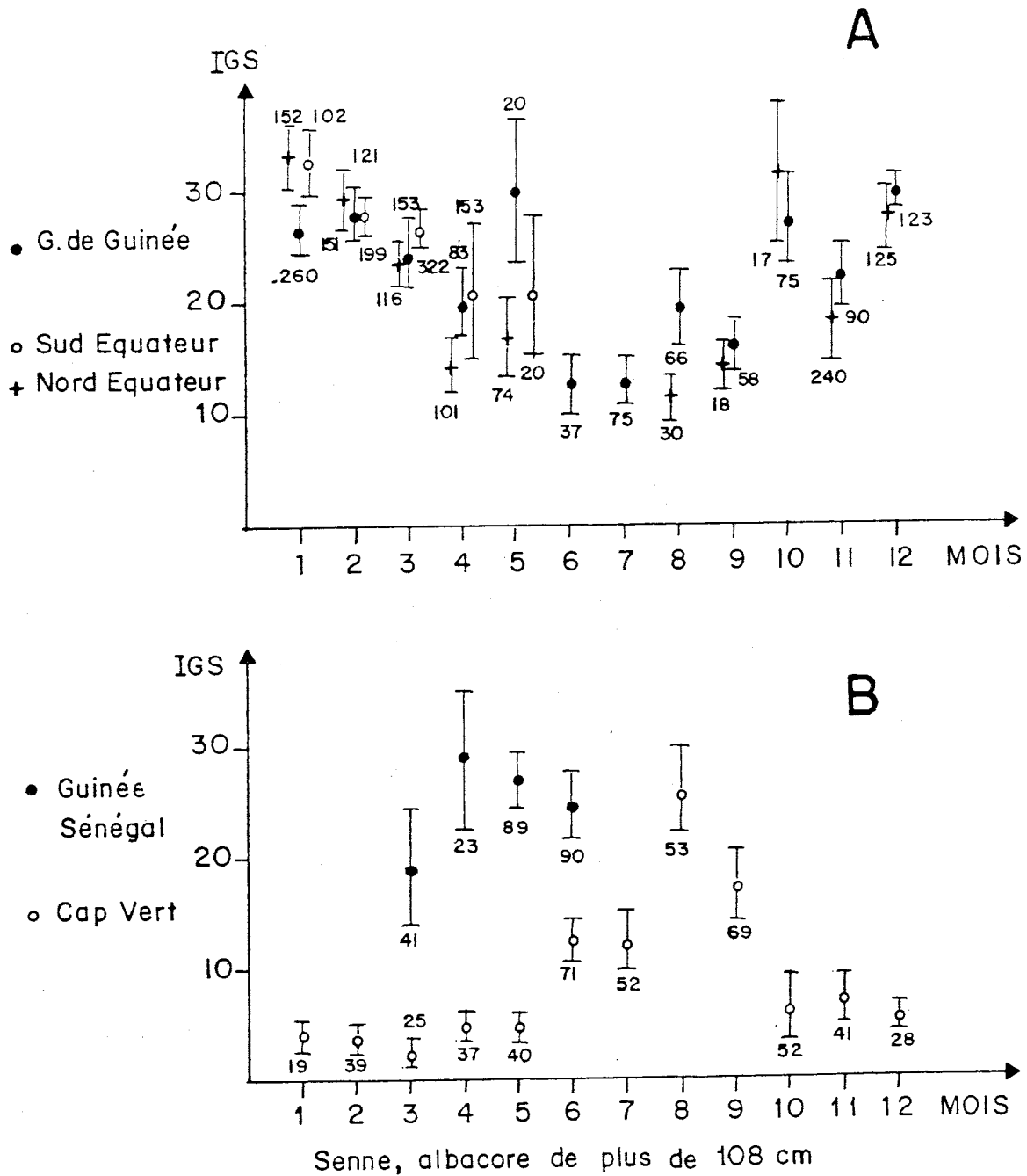


Fig. 15. Average monthly gonad index calculated for various large surface fishing areas. Average of years 1974-88, confidence interval of the average ($\pm t 0.05\sigma/n$) and numbers. A = equatorial area, B = northern tropical area. (From Bard and Capisano, this volume).

Fig. 15. Indice gonado somatique moyen mensuel calculé pour les diverses zones de pêche de surface. Moyenne des années 1974-88, intervalle de confiance de la moyenne ($+ t0.05\sigma/n$) et les effectifs.

A = zone de l'Equateur. B = zone tropicale nord. (d'après Bard et Capisano, ce volume).

Fig. 15. Índice gonado-somático medio mensual calculado para las diversas zonas de pesca de superficie. Media de los años 1974-88, intervalo de confianza de la media ($+ t 0.05\sigma/n$) y efectivos.

A = zona del Ecuador. B = zona tropical norte (según Bard y Capisano, en este volumen).

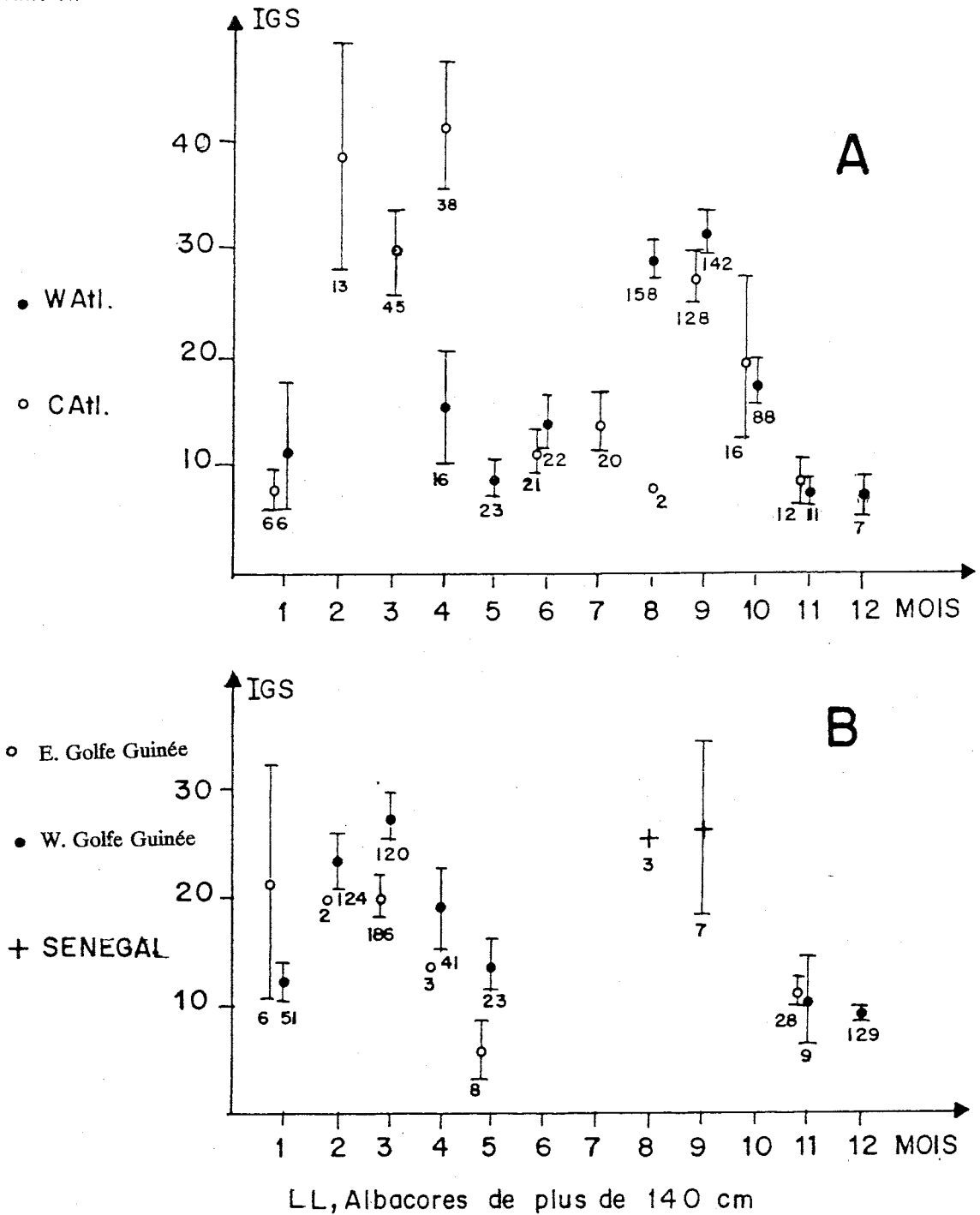


Fig. 16. Average monthly gonad index calculated for large longline fishing areas. Symbols are same as in Fig. 15. A = west and central Atlantic area, B = east Atlantic area. (From Bard and Capisano, this volume.)

Fig. 16. Indice gonado somatique moyen mensuel calculé pour les grandes zones de pêche à la palangre (LL). Symboles identiques à ceux de la Fig. 12.

A = zones Atlantique ouest et centrale, B = zone et sous-zone Atlantique est (d'après Bard et Capisano, ce présent volume).

Fig. 16. Índice gonado-somático medio mensual calculado para las grandes zonas de pesca de palangre (LL). Símbolos idénticos a los de la Fig. 12.

A = zonas Atlántico oeste y central, B = zona y subzona Atlántico este (según Bard y Capisano, en este volumen).

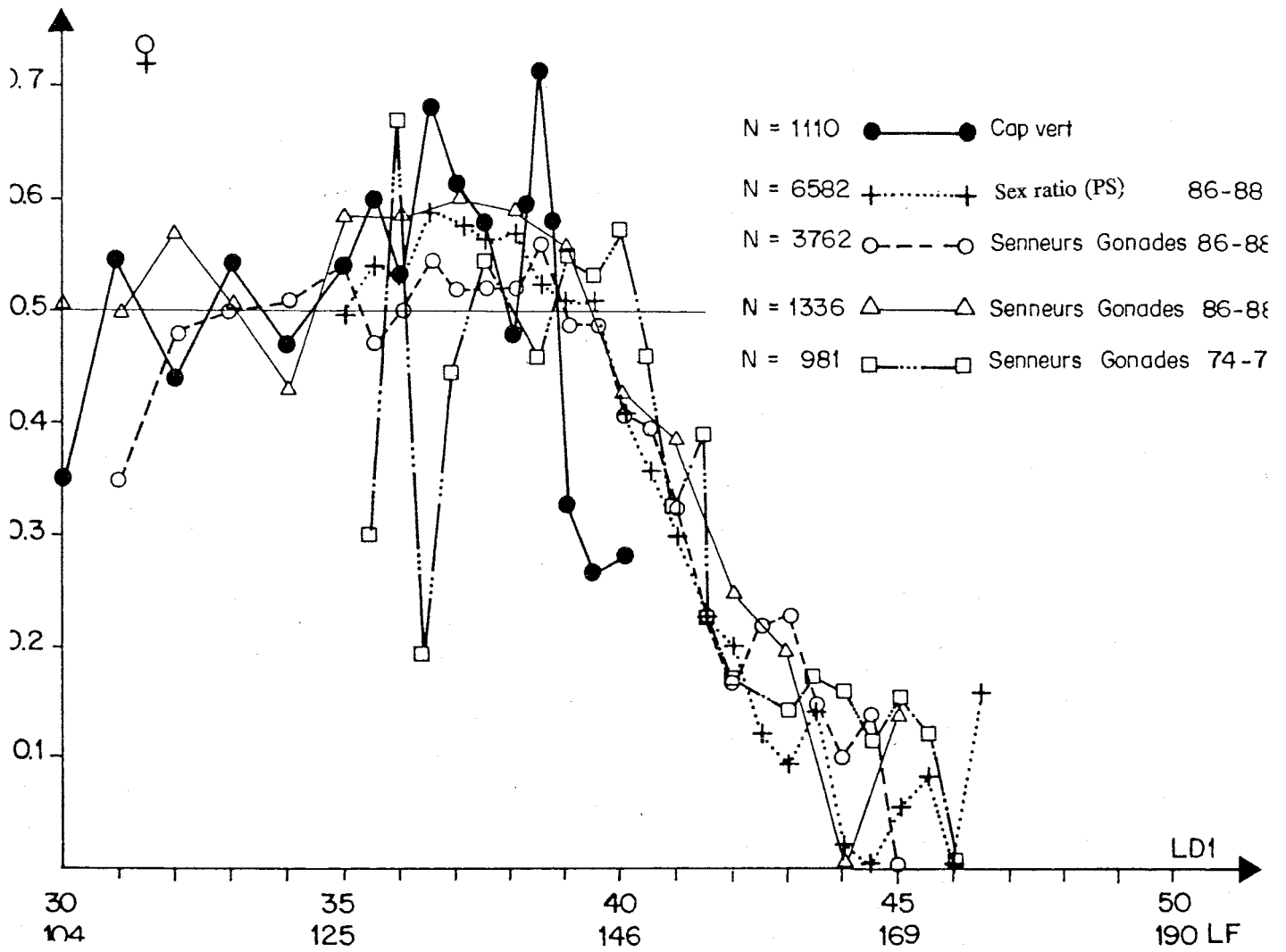


Fig. 17. Proportion of females by size expressed in predorsal length (LD1) from different samplings of yellowfin in east Atlantic surface waters. (From Bard and Capisano, this volume.)

Fig. 17. Proportion de femelles en fonction des tailles exprimées en longueur prédorsale (LD1) pour divers échantillonnages des albacores de surface en Atlantique est (d'après Bard et Capisano, ce volume).

Fig. 17. Proporción de hembras en función de las tallas expresadas en longitud predorsal (LD1) para varios muestreos de rabiles de superficie en el Atlántico este (según Bard y Capisano, en este volumen).

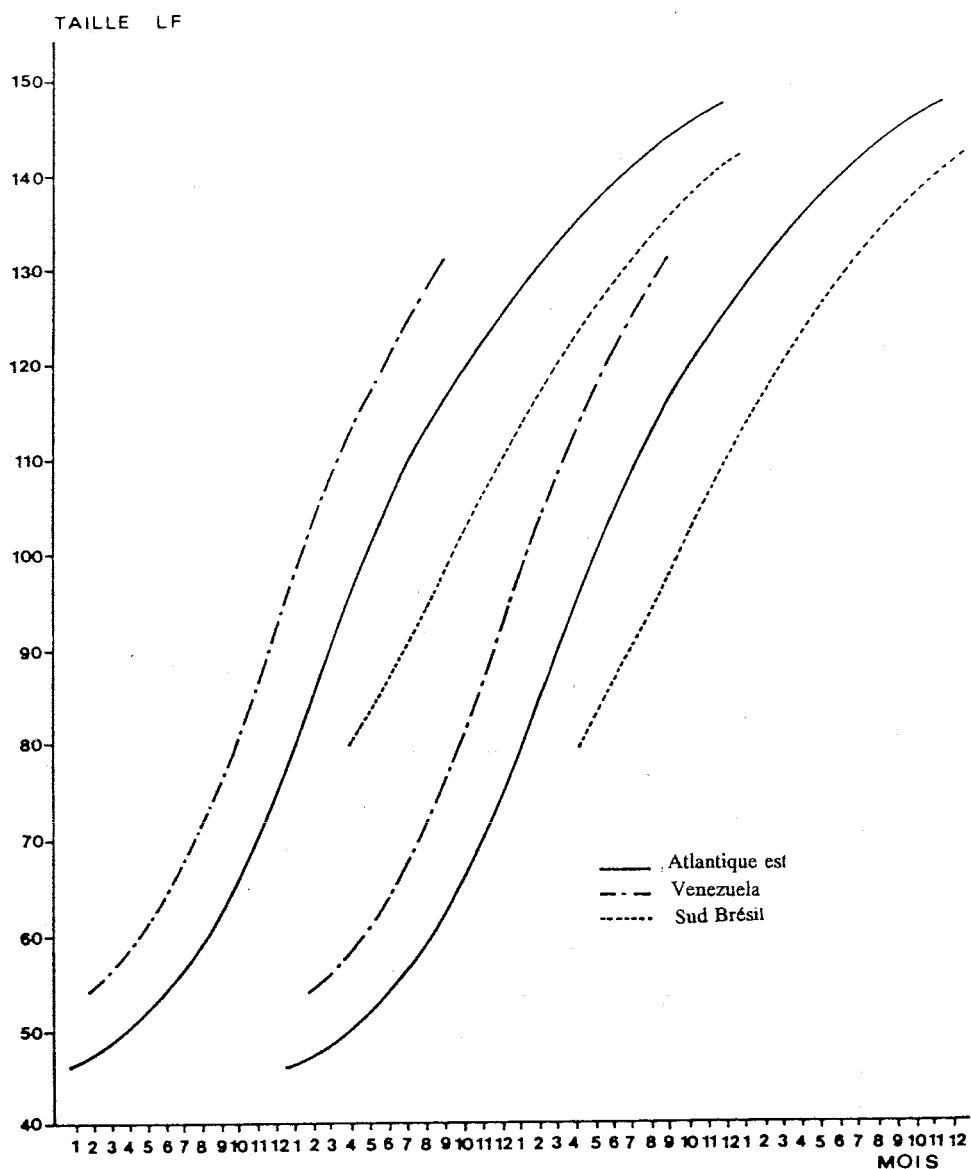
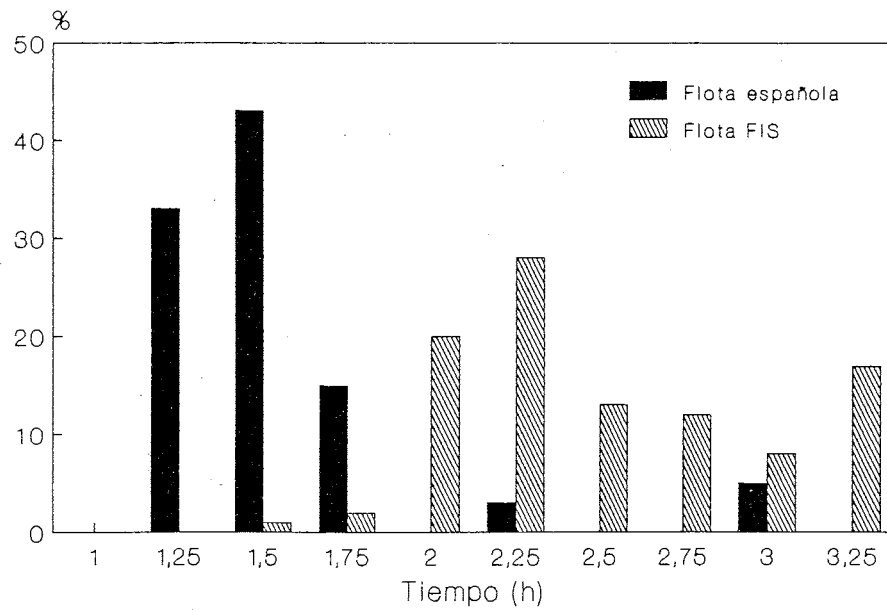


Fig. 18. Growth compared between the east Atlantic, Caribbean and southern Brazil. (From Capisano and Fonteneau, this volume.)

Fig. 18. Croissance comparée de l'albacore de l'Atlantique est, des Caraïbes et du sud Brésil (d'après Capisano et Fonteneau, ce volume).

Fig. 18. Crecimiento comparado del rabil del Atlántico este, Caribe y sur del Brasil (según Capisano y Fonteneau, en este volumen).

Año Internacional del Listado.



Programa Año del Rabil

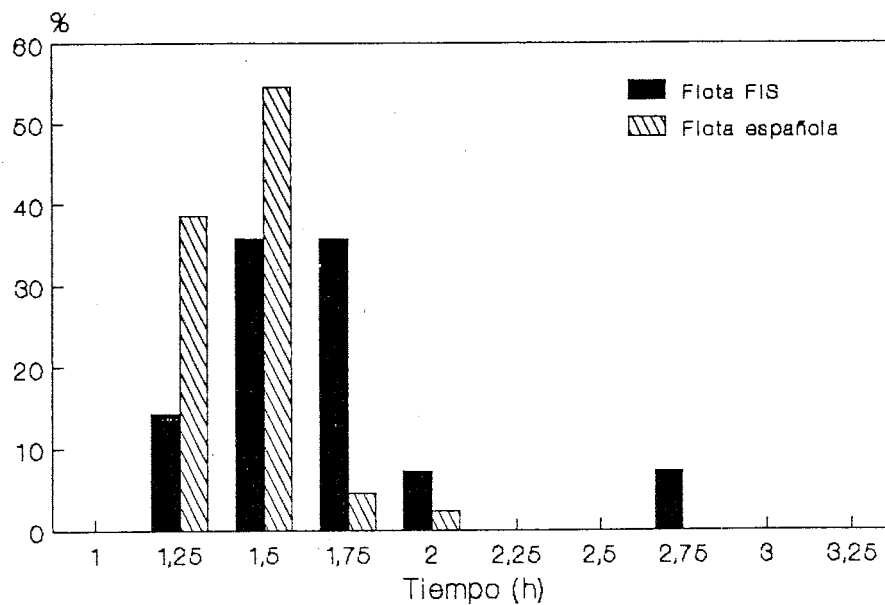


Fig. 19. Duration of null sets for the FIS and Spanish fleets during the Skipjack Year Program (A) and the Yellowfin Year Program (B). (From Ariz et al., this volume.)

Fig. 19. Durée des lancers nuls des flottilles FIS et espagnole durant l'Année Listao (A) et le Programme de l'Année Albacore (B) (d'après Ariz et al., ce volume).

Fig. 19. Duración de los lances nulos de las flotas FIS y española durante el Año del Listado (1) y el Programa Año del Rabil (b) según Ariz et al, en este volumen).

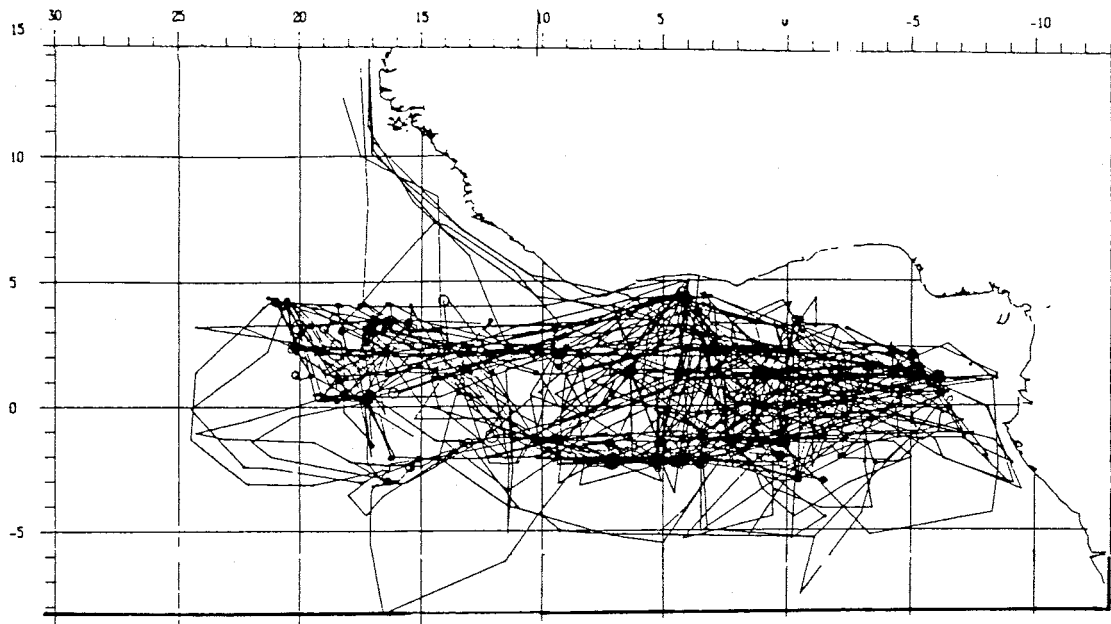


Fig. 20a. Survey routes of purse seiners in January, 1983.
Fig. 20a. Trajets de prospection des senneurs en janvier 1983.
Fig. 20a. Trayectos de prospección de los cerqueros en enero 1983.

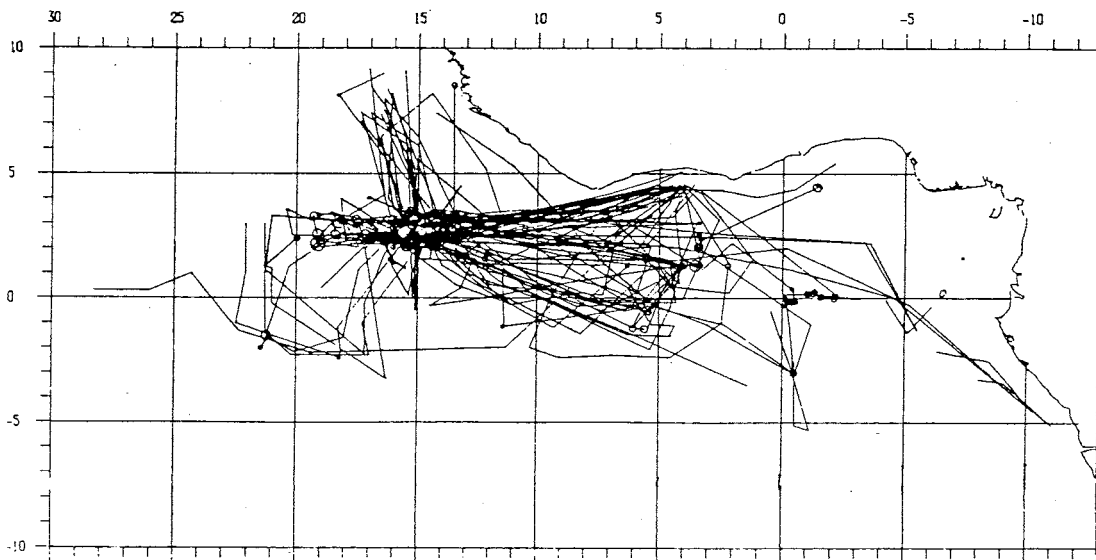


Fig. 20b. Survey routes of purse seiners in January, 1984.
Fig. 20b. Trajets de prospection des senneurs en janvier 1984.
Fig. 20b. Trayectos de prospección de los cerqueros en enero 1984.

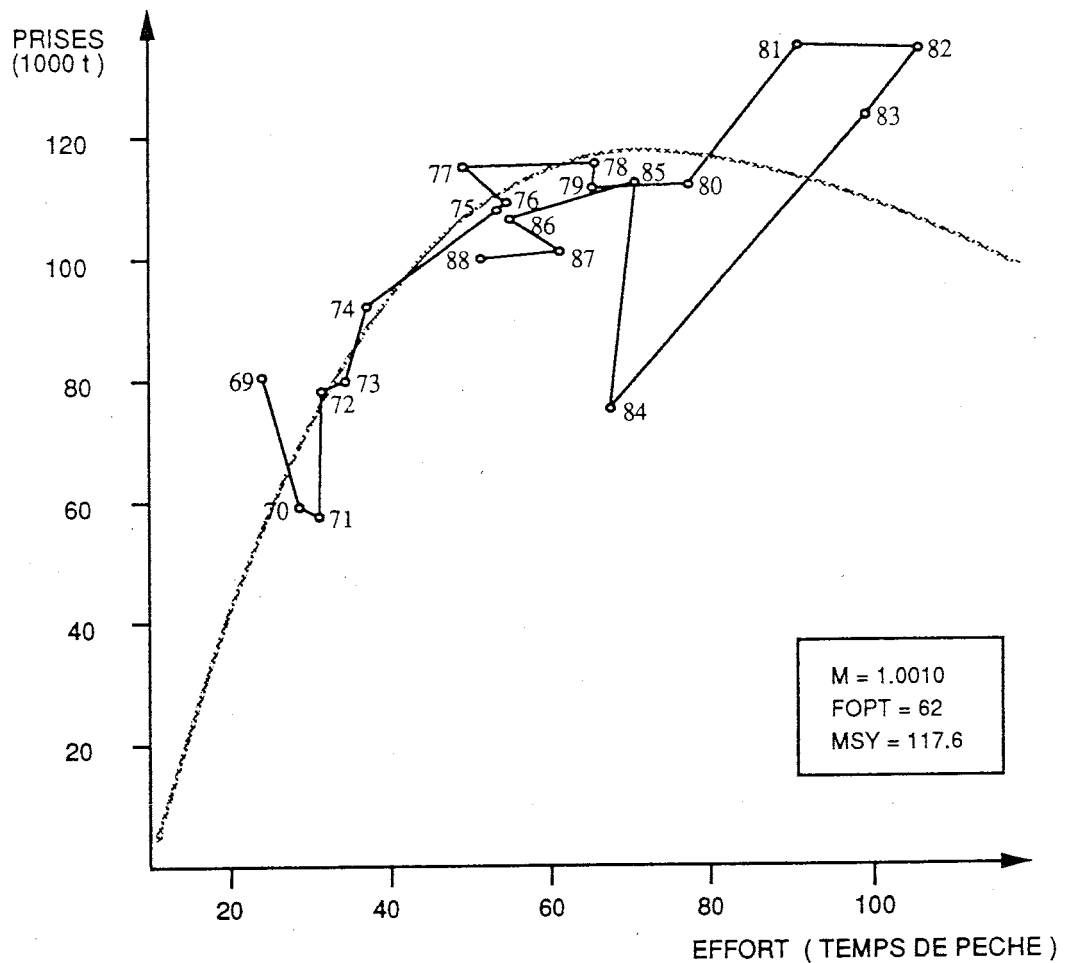


Fig. 21. Production model fitted to east Atlantic yellowfin, with effort expressed in fishing time, catch and effort observed and curve of the equilibrium yield calculated with the parameters $k = 3$ and $m = 1.0$ (exponential model). (From Fonteneau, this volume.)

Fig. 21. Modèle global ajusté à l'albacore de l'Atlantique est, avec effort exprimé en temps de pêche: prises et efforts observés et courbe de production équilibrée calculée avec des paramètres $k = 3$ et $m = 1.0$ (modèle exponentiel) (d'après Fonteneau, ce volume).

Fig. 21. Modelo global ajustado al rabil del Atlántico este, con el esfuerzo expresado en tiempo de pesca: capturas y esfuerzos observados y curva de producción en equilibrio calculada con parámetros $k = 3$ y $m = 1.0$ (modelo exponencial) (según Fonteneau, en este volumen).

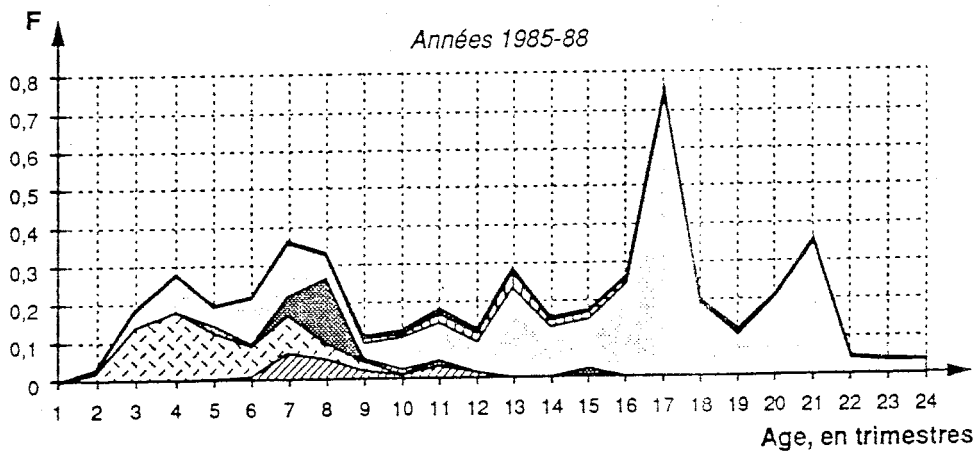
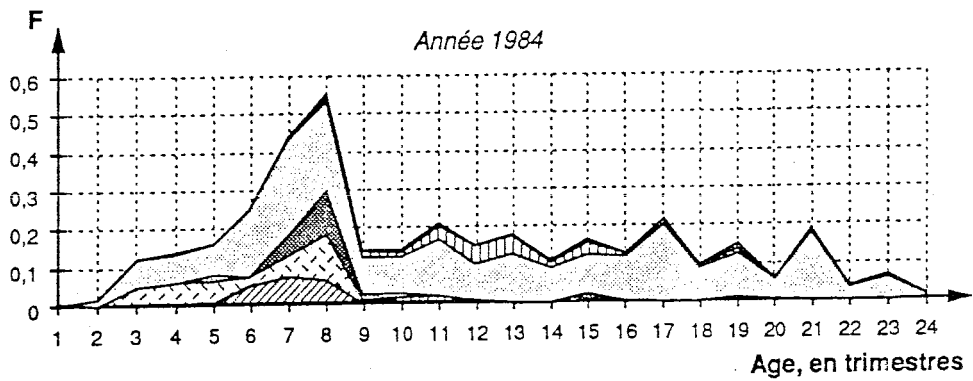
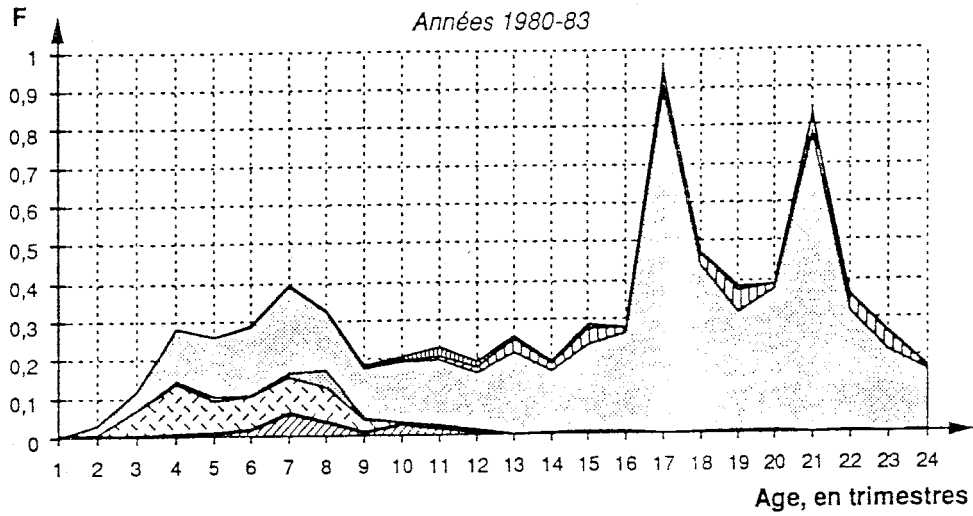
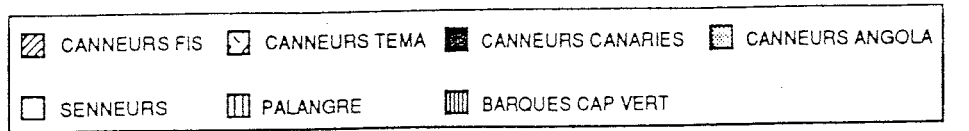


Fig. 22. Fishing mortality rate, by quarter and by gear, estimated for three periods; 1980 to 1983 (3a), 1984 (3b) and 1985 (3c). (From Fonteneau, this volume.)

Fig. 22. Taux de mortalité par pêche trimestriels par engin estimé pour trois périodes: 1980 à 1983 (3a), 1984 (3b) et 1985 à 1988 (3c) (d'après Fonteneau, ce volume).

Fig. 22. Tasa de mortalidad por pesca trimestral por arte, estimada para tres periodos: 1980-83 (3a), 1984 (3b) y 1985-88 (3c) (según Fonteneau, en este volumen).

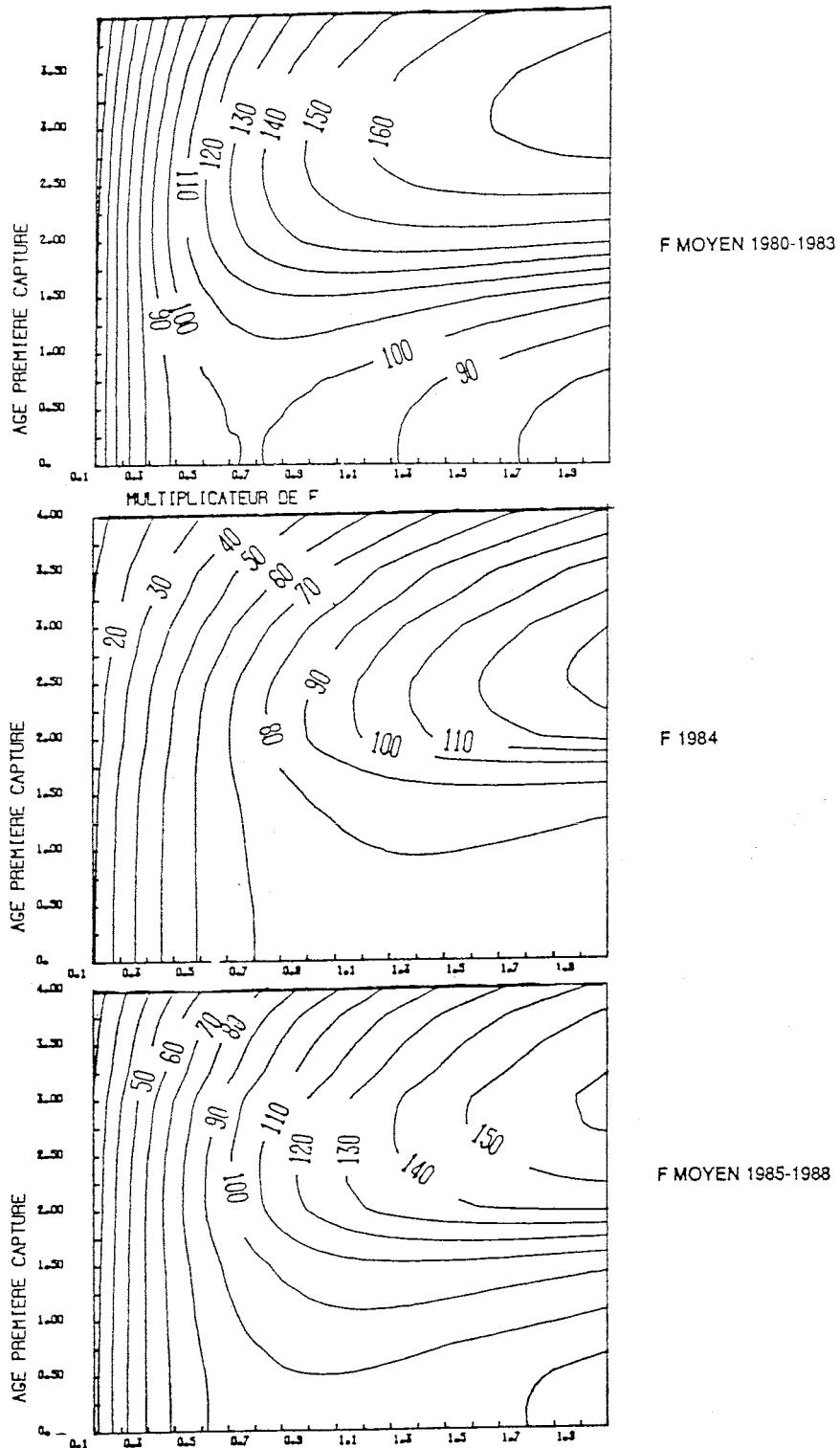


Fig. 23. Production model isopleths of the Ricker model calculated with F from Fig. 5 and an average recruitment of 58.5 m. (From Fonteneau, this volume.)

Fig. 23. Isoplèthes de production du modèle de Ricker calculés avec les F de la Fig. 5 et un recrutement moyen de 58.5 M (d'après Fonteneau, ce volume).

Fig. 23. Isopletas de producción del modelo de Ricker calculadas con las F de la Fig. 5 y un reclutamiento medio de 58.5 (según Fonteneau, en el presente volumen).

**LIST OF PARTICIPANTS
LISTE DES PARTICIPANTS
LISTA DE PARTICIPANTES**

**Member Countries/Pays membres/
Paises miembros**

COTE D'IVOIRE

BARD, F. X. (Dr.)
Centre de Recherches
Océanographiques
B. P. V-18
Abidjan

ESPAÑA

ARIZ TELLERIA, J.
Instituto Español de Oceanografía
Centro Costero de Canarias
Apartado 1373
Santa Cruz de Tenerife

DELGADO DE MOLINA, A.
Instituto Español de Oceanografía
Centro Costero de Canarias
Apartado 1373
Santa Cruz de Tenerife

PALLARES, P.
Instituto Español de Oceanografía
Avda. del Brasil, 31
28020 Madrid

FRANCE

CAPISANO, C.
Centre de Recherches
Océanographiques
B. P. 2241
Dakar (Senegal)

FONTENEAU, A. (Dr.)
Centre de Recherches
Océanographiques
B. P. 2241
Dakar (Senegal)

GAERTNER, D.
ORSTOM
Aptdo. 373
Cumaná 6101 (Sucre)
(Venezuela)

GHANA

KWEI, E. A. (Dr.)
Star-Kist International
P. O. Box 40
Tema

JAPAN

SUZUKI, Z.
 Far Seas Fisheries Research Lab.
 Fishery Agency of Japan
 5-7-1 Orida
 Shimizu 424,
 Shizuoka Pref.

PORTUGAL

PEREIRA, J.
 Universidade das Açores
 Departamento de Oceanografia
 e Pescas
 9900 - Horta, Açores

SENEGAL

DIOUF, T.
 Centre de Recherches
 Océanographiques
 B. P. 2241
 Dakar

UNITED STATES

PARRACK, M. (Dr.)
 NMFS-Southeast Fisheries Center
 75 Virginia Beach Drive
 Miami, Florida 33149

**International Organizations/
 Organisations internationales/
 Organismos internacionales**

EEC

VAMVAKAS, K. (Dr.)
 Administrateur Principal
 Direction Générale de la Pêche
 CCE
 200, rue de la Loi
 1049 Bruxelles
 Belgium

LATTC

JOSEPH, J. (Dr.)
 Director
 c/o Scripps Institution of
 Oceanography
 La Jolla, California 92093

ICCAT Secretariat

MIYAKE, P. M.

KEBE, P.

LIST OF REVIEWERS

The scientific documents published in this volume have all been critically reviewed by a number of scientists who are experts in the different fields. The critiques and suggestions of these experts were submitted to the authors of the documents and were taken into account in their finalization. The editorial committee of the Yellowfin Year Program and the SCRS are very grateful to the following scientists for their collaborating with this constructive criticism to improve this volume.

LISTE DES REFERES

Les documents scientifiques publiés dans le présent ouvrage ont tous fait l'objet d'un examen critique approfondi qui a été réalisé par un certain nombre d'experts des disciplines concernées; les critiques et suggestions de ces experts ont été soumises aux auteurs des documents et prises en compte dans la finalisation de ceux-ci. Le comité de rédaction du Programme Albacore et le SCRS remercient donc vivement les scientifiques suivants qui ont collaboré par leurs critiques constructives à la réalisation du présent ouvrage.

LISTA DE LECTORES

Los documentos publicados en este volumen han sido examinados bajo un punto de vista crítico por científicos expertos en los diversos campos de que tratan. Las críticas y sugerencias de estos expertos se presentaron a los autores de los documentos, y fueron tenidas en cuenta al redactar su versión final. El comité de publicación del Programa Año del Rabil y el SCRS desean hacer constar su agradecimiento a los siguientes científicos, quienes con sus críticas constructivas han contribuido a mejorar el contenido de este volumen.

P. Adenas	H. Farrugio	M. Pagavino
J. Ariz	D. Gaertner	J. Gil Pereira
F. X. Bard	A. González-Garcés	F. J. Pereiro
B. E. Brown	M. A. Hall	J. A. Pereiro.
E. Cadima	P. Kleiber	R. Pianet
P. Cayré	J. J. Maguire	H. Salazar
A. Delgado de Molina	E. Marsac	M. H. Santa Rita Vieira
T. Diouf	M. Medina-Gaertner	E. L. Scott

**LIST OF DOCUMENTS
LISTE DES DOCUMENTS
LISTA DE DOCUMENTOS**

- Análisis de los datos obtenidos en campañas de observadores en el Atlántico inter-tropical durante el Programa Año del Rabil - J. Ariz, P. Pallarés, A. Delgado de Molina, J. C. Santana
- Actualisation des connaissances sur la reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) en Océan Atlantique - F. X. Bard, C. Capisano
- Croissance du thon albacore (*Thunnus albacares*) en Océan Atlantique estimée par marquages - F. X. Bard, C. Chabanet, N. Caouder
- Sept traversées transatlantiques d'albacores marqués. Thons migrateurs ou sédentaires? - F. X. Bard, E. L. Scott
- The U.S. Longline Fishery for Yellowfin Tuna in Perspective - J. A. Browder, B. E. Brown, M. L. Parrack
- Analyse des fréquences de longueur, du sex-ratio et des zones de reproduction de l'albacore, *Thunnus albacares*, de l'Atlantique - C. Capisano, A. Fonteneau
- Length-Weight Relationships for Western North Atlantic Yellowfin Tuna - K. S. Davis
- Les pêcheries thonières d'albacore de l'Atlantique. Bilan de l'évolution durant la période récente - T. Diouf
- La concentration plurispécifique exploitée par 3° nord et 15° ouest en decembre 1983 et janvier 1984: Caractéristiques biologiques et de l'exploitation - A. Fonteneau
- La surexploitation du stock d'albacore en 1984: Mythe ou réalité? - A. Fonteneau
- Les anomalies de l'environnement en 1984 dans le Golfe de Guinée - Effets possibles sur la capturabilité de l'albacore - A. Fonteneau
- Variations du prix de vente du thon par espèce et catégorie de taille de 1970 à 1987. Effets possibles sur les changements de strategies de pêche des senneurs - A. Fonteneau

Evolution récente des pêcheries thonières à la senne dans le Golfe de Guinée - A. Fonteneau, P. Pallarés

Observations sur la croissance de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique ouest - D. Gaertner, M. Pagavino

Pricing of Yellowfin and Other Tunas - E. A. Kwei

Age of Yellowfin Yuna from the Eastern Atlantic Using Otoliths and Vertebrae - C. S. Manooch, J. A. Hinkley

Factores ambientales y pesca atunera de superficie en el Mar Caribe - M. Medina-Gaertner, D. Gaertner

Composition de las capturas atuneras de superficie de Venezuela deducida a partir de muestreos multiespecíficos en puerto - M. Pagavino, D. Gaertner, H. Salazar, L. Astudillo, C. Castillo

Saison de ponte et sex-ratio des albacores capturés au Cap Vert - M. H. Santa Rita Vieira