

LA REPRODUCTION DE L'ALBACORE (*THUNNUS ALBACARES*) DANS LE GOLFE DE GUINÉE

Jean-Jacques ALBARET

Hydrobiologiste O.R.S.T.O.M., B.P. 1434, Bouaké, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ

*Divers aspects de la reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le Golfe de Guinée ont été étudiés de janvier 1974 à mars 1976.*

Une échelle de maturation comportant six stades définis par des critères macroscopiques, est proposée. L'utilité et la validité d'une telle échelle pour l'étude du cycle sexuel sont discutées.

L'étude de la structure des ovaires par des mensurations d'ovocytes a confirmé la validité des six stades sexuels précédemment mis en évidence. La distribution de fréquences des diamètres d'ovocytes et ovules intra-ovariens, de type plurimodal, suggère l'existence d'un fractionnement de la ponte.

La taille à la première maturité dont la notion est précisée et définie, a été déterminée.

L'étude des variations mensuelles du rapport gonado-somatique a permis de définir les périodes d'activité et de repos sexuel et de localiser la ponte.

La fécondité théorique calculée à partir du nombre d'ovocytes du dernier mode a été déterminée et calculée en fonction de divers paramètres (taille, poids du poisson et poids des ovaires). Les équations de fécondité ont pu être incorporées dans un modèle de simulation de la pêche d'albacore de l'Atlantique intertropical oriental.

La détermination systématique du sexe de tous les individus échantillonnés a permis l'étude du sex-ratio et de ses variations avec la taille.

ABSTRACT

*The reproduction of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Gulf of Guinea has been studied from January 1974 to March 1976. A six stage maturity scale founded on macroscopic criteria has been defined and confirmed by the ovary structure studied by mean of ova diameter measurments.*

The usefullness and validity of such a scale as a tool for the sexual cycle study have been discussed.

Monthly variations of the Gonad-Index indicates sharply defined periods of sexual activity and rest, and the spawning areas.

The plurimodal frequencies distributions of ovocytes and intra-ovarian ova diameters strongly suggests the spawning of several batches of eggs in the same spawning season.

Theoretical fecundity was calculated for each female by enumerating the ovocytes of the most advanced mode, and related to various parameters (size and weight of the fish). Fecundity calculations have been incorporated into a simulation model for the eastern atlantic yellowfin population.

Size at first maturity has been estimated.

The study of the sex-ratio and of its variations with size, was made possible by the systematic determination of the nature of each individual's sex.

INTRODUCTION

L'intérêt économique de l'albacore est considérable. Avec plus de 100.000 tonnes pêchées chaque année dans l'Océan Atlantique il représente parmi les thonidés l'espèce la plus importante tant en poids qu'en valeur marchande. La France en est le premier pays pêcheur et Abidjan, lieu de cette étude, le premier port de débarquement (transbordements compris) avec environ 50 % du total en poids des mises en terre.

L'albacore est la cible de plusieurs types de pêche pratiqués par des thonnières senneurs, canneurs et palangriers rassemblés en flotilles (franco-ivoiro-sénégalaise, américaine, espagnole, coréenne, etc.) dont certaines constituent des investissements récents qui doivent être justifiés par une bonne rentabilité.

L'essor économique de cette pêcherie depuis 1954, date de son début a, en quelque sorte entraîné l'intérêt des chercheurs. Cependant, les recherches se sont essentiellement orientées vers les migrations, la biométrie, les statistiques et la dynamique des populations dans l'optique d'une exploitation rationnelle des stocks. De ce fait de nombreux points de la biologie de l'albacore de l'Océan Atlantique restent obscurs, notamment sa reproduction.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Nature de l'échantillon

Les albacores utilisés pour cette étude ont été échantillonnés à la S.C.O.D.I. (1), lors de leur mise en décongélation avant traitement. Ils proviennent essentiellement des captures des senneurs de la flotille franco-ivoiro-sénégalaise (F.I.S.) dans l'Atlantique de l'est. Cette pêche de surface porte sur des albacores de toutes tailles (fig. 1). Les très petits

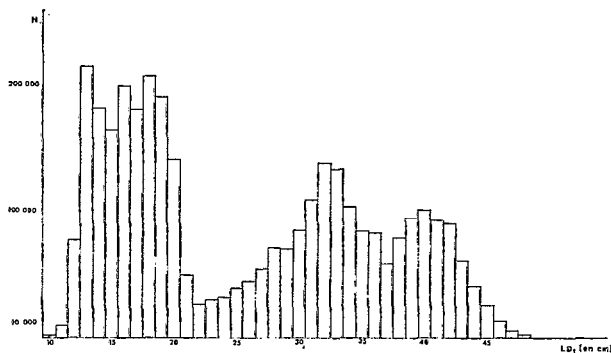


Fig. 1. — Distribution de fréquence des longueurs pré-dorsales (LD_1) dans les captures des senneurs (1974+1975).

(1) S.C.O.D.I. : Société des Conserves de Côte d'Ivoire.

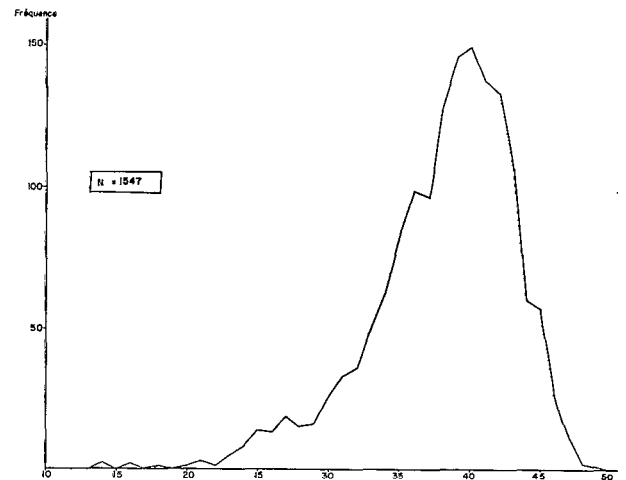


Fig. 2. — Distribution de fréquence des albacores échantillonnés (LD_1 en cm).

individus (moins de 20 cm de longueur prédorsale soit 61,5 cm de longueur de la fourche) traités séparément à la conserverie (et de peu d'intérêt pour l'étude de la reproduction) sont cependant absents de notre échantillon (fig. 2).

1.2. Méthodologie d'échantillonnage

Un accord passé avec la S.C.O.D.I. nous a permis d'effectuer les opérations suivantes :

a. Détermination auprès des responsables de la S.C.O.D.I. du bateau de provenance du thon traité. Grâce à ce renseignement et aux enquêtes effectuées par le C.R.O. d'Abidjan à bord des thonnières, il est possible par la suite de déterminer avec suffisamment de précision les dates et zones de pêche.

b. Choix d'un échantillon de 20 à 40 albacores, en général, une portion entière et facilement accessible du tas de poissons.

c. Mensurations de chaque individu au pied à coulisse.

d. Incision abdominale, recherche et examen des gonades, permettant de noter le sexe, car aucun dimorphisme sexuel externe suffisamment net n'a été décelé.

e. Prélèvement des ovaires. Cette étude portant essentiellement sur les femelles, les testicules ne sont prélevés qu'occasionnellement pour étude histologique.

f. Rapportées au laboratoire, les gonades sont pesées au gramme près, examinées et décrites selon les critères classiques : vascularisation superficielle,

coloration, transparence de la paroi ovarienne, consistance...

g. Deux types de prélèvement sont alors effectués pour chaque ovaire :

— un échantillon de 0,5 g pour comptage et mensuration des ovocytes est mis immédiatement dans le liquide de Gilson modifié (SIMPSON, 1951),

— un ou plusieurs échantillons (correspondant à diverses zones de l'ovaire) destinés à l'étude histologique sont placés dans le liquide de Bouin.

1.3. Mensurations

Pour des raisons pratiques, les albacores ont été mesurés en longueur prédorsale (LD_1), distance comprise entre l'extrémité du museau et l'insertion de la première nageoire dorsale. CAVERIVIÈRE (1975) a montré que « la mesure de la prédorsale à la place de la longueur à la fourche permet pour les mêmes résultats une économie de temps et de moyen ». La table de conversion LD_1 -LF que nous avons utilisée est donnée en annexe I.

2. MATURITÉ SEXUELLE

Les échelles de maturité basées sur l'observation des gonades ont été depuis de nombreuses années, largement utilisées pour suivre l'évolution sexuelle des Scombridae :

- MATSUI 1942 : listao (*Katsuwonus pelamis*)
- MARR 1948 : listao et albacore (*Neothunnus macropterus*)
- WADE 1950 : (d'après les critères de MARR) : listao
- SCHAEFER et ORANGE 1956 : albacore et listao
- ORANGE 1961 : albacore et listao
- SIMMONS 1969 : listao.
- BAGLIN 1975 : thon rouge (*Thunnus thynnus*)
- STEQUERT 1975 : listao

2.1. Cycle sexuel des femelles

Les critères généralement retenus pour distinguer les différents stades de maturité des ovaires sont les suivants :

- coloration
- consistance
- importance de la vascularisation superficielle
- épaisseur et transparence de la paroi ovarienne (possibilité d'observer les « œufs » au travers de cette paroi)
- forme

— volume occupé par la gonade dans la cavité abdominale.

Il nous a paru préférable de ne pas créer de nouvelle échelle de maturité afin de ne pas en multiplier le nombre. En effet, l'intérêt de la création d'une série de critères macroscopiques permettant, par l'observation des gonades, la détermination rapide sur le terrain du stade sexuel, se trouve accru si les résultats obtenus peuvent être directement comparés avec ceux obtenus en d'autres régions du globe pour des poissons dont la maturité a été déterminée d'après la même échelle. Les correspondances entre les diverses échelles utilisées n'étant pas toujours faciles à établir, ni très satisfaisantes, nous avons pris pour modèle l'échelle utilisée par ORANGE (1961) en lui apportant quelques légères modifications afin de mieux l'adapter à notre étude.

L'évolution des gonades vers la maturité se fait progressivement et la détermination arbitraire du stade de maturité correspond plus à un besoin de classification de la part de l'observateur qu'à une réalité biologique.

Il nous a donc semblé hasardeux de vouloir établir une échelle de maturité *a priori*. Nous avons préféré effectuer, pendant une période d'un an environ, une description des ovaires selon un code précis et détaillé. L'analyse des fréquences statistiques des combinaisons obtenues, en relation avec les valeurs des rapports gonado-somatiques individuels, et pour les cas litigieux, avec l'étude de la structure histologique de l'ovaire, nous a conduit à la classification de chacun des ovaires échantillonnés dans un des stades sexuels de l'échelle suivante :

- I_1 = immature sexe indéterminé
- I_2 = immature sexe déterminé
- II = début de maturation
- III = en maturation
- IV_1 = en maturation avancée - pré-ponte
- IV_2 = ponte
- V = post-ponte
- VI = repos sexuel saisonnier.

STADE I_1 : (stade Is de SCHAEFER et ORANGE, 1956)

La gonade se présente sous la forme d'un très mince cordon (de un à quelques millimètres de large) blanchâtre à blanc rosé, collé au plafond de la cavité abdominale.

STADE I_2

Les ovaires blanc-rosés, toujours immatures, se sont quelque peu allongés et élargis. Ils sont reconnaissables à l'œil nu. En cas d'hésitation, la forme de la section, ronde ou ovale chez la femelle, triangulaire ou en croissant chez le mâle, renseigne sur le sexe de l'individu.

A ces deux stades, quel que soit le sexe, les gonades sont fermes et la vascularisation superficielle n'est pas apparente. Les stades I₁ et I₂ caractérisent des individus n'ayant jamais atteint la maturité sexuelle. Les divers stades suivants s'appliquent à des femelles qui l'ont déjà atteinte ou en cours de première maturation.

STADE II

L'albacore femelle adulte au sortir de la saison de repos sexuel entame sa maturation sexuelle. L'ovaire augmente en taille (20 ou 30 cm de long, un à quelques centimètres de large et d'épaisseur) et en poids. Le rapport gonado-somatique augmente, la couleur de la gonade varie à ce stade du rose saumon au jaune pâle (certaines ont une teinte rose vineux), la vascularisation se développe légèrement et la consistance varie de molle à souple mais ferme.

STADE III

L'ovaire continue à croître et occupe maintenant une partie importante de la cavité abdominale (de un à deux tiers de celle-ci), la vascularisation de surface a continué à se développer, la coloration varie de jaune-orangé clair à jaune-orangé, l'ovaire est mou. Le rapport gonado-somatique augmente. A la fin de ce stade, les ovocytes, bien qu'encore très petits, sont visibles lorsqu'on incise l'ovaire.

STADE IV₁

Les ovaires occupent maintenant la quasi-totalité de l'espace libre dans la cavité abdominale (photo a, planche I), ils sont richement vascularisés, un système très développé d'artères et de veines sillonne leur surface. Leur couleur varie du jaune-orangé vif à l'orangé-rouge. Ils deviennent moins mous, leur surface qui est souple, reprend sa forme quand on enfonce le doigt. Les ovocytes, visibles à travers la membrane ovarienne, sont gros et se séparent facilement. Ce stade précède de peu la ponte qui en est en fait l'aboutissement.

STADE IV₂

Si l'on en croit le faible nombre d'observations effectuées aussi bien par d'autres auteurs que par nous-mêmes dans l'océan Atlantique comme dans l'océan Pacifique, ce stade doit être très fugace. Ses caractéristiques sont, en gros, les mêmes qu'en IV₁. La gonade est cependant plus turgide, les œufs, bien visibles à travers la paroi, sont gros, hyalins et se détachent aisément. Notons qu'à ce stade, une pression sur l'ovaire et sur l'abdomen lorsque la ponte est imminente fait sortir les œufs.

STADE V

Après la ponte, l'ovaire (de jaune-orangé après la première ponte à rouge-vineux après les suivantes) est mou ou même flasque. Il semblerait que ces modifications s'accroissent avec le nombre de pontes effectuées dans une même saison.

Pendant une saison de ponte, s'instaure un cycle qui va se répéter un certain nombre de fois. Après sa maturation normale du stade I au stade V, l'ovaire revient à la fin du stade III (ou au début du stade IV) et cela un certain nombre de fois au cours de la saison de ponte. L'existence de ce cycle rend la classification dans un stade précis de l'échelle de maturation plus malaisée au fur et à mesure que la saison s'avance ; les variations de couleur, de vascularisation et de consistance ayant tendance, à s'intensifier avec le nombre des pontes. Ainsi, par exemple, un ovaire après sa seconde ponte de la saison entame la maturation d'un troisième lot d'ovocytes ; cet ovaire qui est en fin de stade III sera certainement encore rouge-vineux et non pas jaune-orangé, couleur caractéristique du stade III et du début de stade IV.

C'est ainsi que certains auteurs, dont ORANGE 1961, ont divisé le stade post-ponte en deux sous-stades :

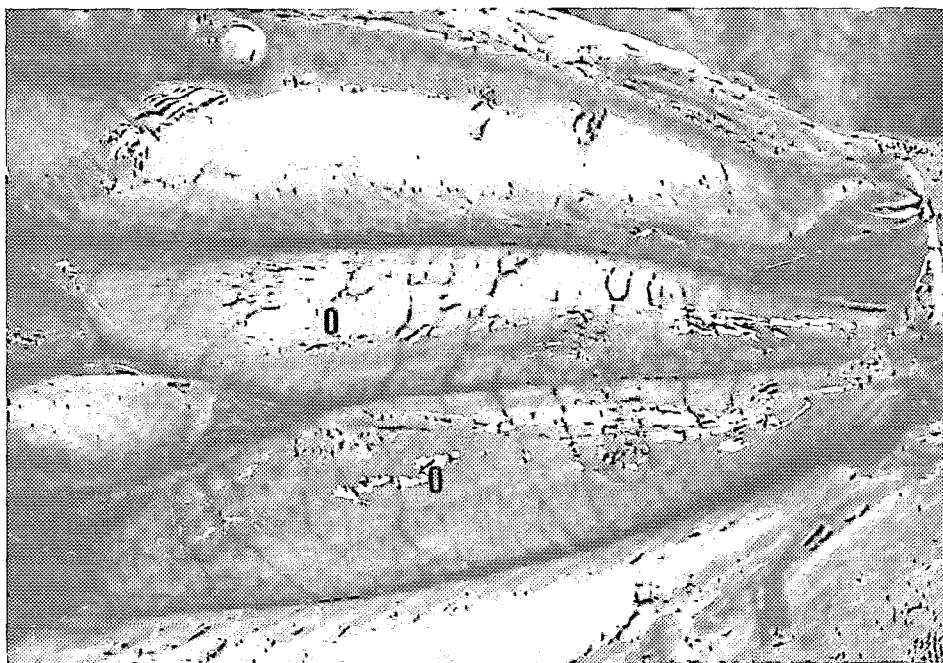
- « recently spawned »
- « post spawned » ou « recovering spent ».

Si l'on reprend l'exemple précédent, le « recently spawned » est facilement décelable par son aspect (violacé, hyper-vascularisé, très flasque, présence d'œufs rémanents), mais le « recovering spent » se confond avec les stades III et IV, d'autant plus que les rapports gonado-somatiques sont alors souvent voisins.

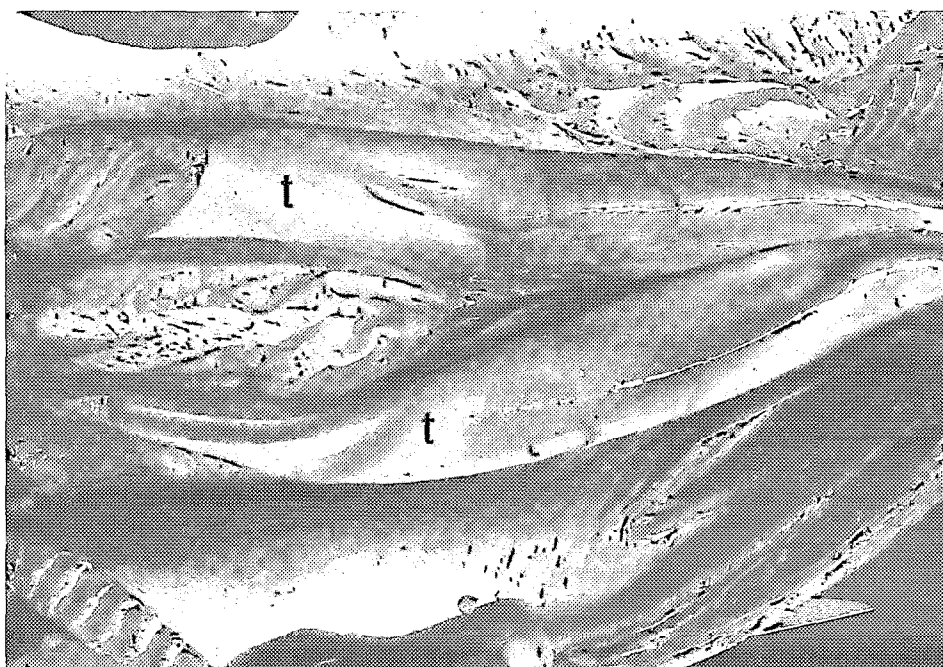
STADE VI

Après la dernière ponte de la saison, l'ovaire entre en période de repos sexuel. Son volume, son poids et le rapport gonado-somatique diminuent considérablement. Ainsi le poids moyen mensuel des gonades passe de plus de 1 kg en période de reproduction, à 300 g en période de repos sexuel. L'ovaire, de consistance molle et flasque, devient alors le plus souvent jaune orangé pâle, mais peut parfois garder la couleur rouge vineux observée au stade V (post-ponte).

Il convient de remarquer que peu d'auteurs ont pris ce stade en considération. L'explication réside dans le fait que beaucoup d'échelles de maturation sont déduites de l'étude du listao (ORANGE 1961, STREQUERT 1975...) qui, dans de nombreuses régions, présente une ponte continue tout au long de l'année.



Photographie a : ovaire au stade IV₁



Photographie b : testicule au stade IV₁

2.2. Cycle sexuel des mâles

Plusieurs auteurs dont POSTEL (1955) signalent que les mâles arrivent, sans doute, à maturité avant les femelles. Nos propres observations semblent confirmer ce point. Nous avons signalé (ALBARET, 1976) les difficultés d'élaboration et d'application d'une échelle de maturité pour les mâles. On peut cependant déceler facilement, à l'autopsie, les individus au stade IV₁ et IV₂ (photo b, planche I). Le testicule est alors énorme et blanc, et surtout le sperme coule à la moindre pression exercée sur le testicule ou même sur l'abdomen.

Au cours des trois saisons de ponte étudiées, des mâles à ce stade de maturité avancé ont été observés dès le début du mois de novembre, ce qui, nous le verrons au paragraphe 5 les place légèrement en avance par rapport aux femelles.

2.3. Discussion

Les avantages et l'utilité d'une échelle de maturation sont évidents, il s'agit en fait d'un bon « outil de terrain » pour le biologiste qui a à sa disposition un moyen rapide de situer l'individu étudié, à un moment précis de son évolution sexuelle. Cette échelle de maturation semble, en outre, d'après plusieurs auteurs (ORANGE et SCHAEFER 1956, ORANGE 1961) et d'après quelques observations que nous avons pu faire, applicable à plusieurs espèces voisines de l'albacore : listao, patudo... Cependant cette méthode d'étude manque de précision, et peut parfois s'avérer insuffisante.

L'échelle de maturation, pour être utilisable, doit être simple, c'est-à-dire comporter peu de stades et ceux-ci doivent être aussi distincts les uns des autres que le permet un phénomène aussi progressif et continu qu'est la maturation sexuelle. En réduisant le nombre de stades, on risque cependant de diminuer la précision de la méthode. Pour s'en persuader, il suffit de constater l'ampleur du stade III qui couvre à lui seul une partie importante du processus de maturation sexuelle. D'autre part, à certaines périodes du cycle sexuel et du fait de la multiplicité des pontes pour un même individu, il est parfois difficile de déterminer avec précision le stade sexuel par la seule utilisation de l'échelle de maturation basée sur les critères macroscopiques. Les risques d'erreurs sont alors très nombreux. Il apparaît donc nécessaire de ne pas employer cette seule méthode qui, bien que souple et rapide, doit être étayée par des méthodes plus « fines », telles que mensurations d'ovocytes, calcul du rapport gonado-somatique, étude de la structure histologique de l'ovaire...

3. STRUCTURE DE L'OVAIRE

Les mensurations d'ovocytes ont été utilisées comme méthode d'étude de la structure de l'ovaire en relation avec le cycle sexuel pour l'albacore de l'océan Pacifique, d'abord par JUNE (1953), par BUNAG (1956), par SCHAEFER et ORANGE (1956), puis par JOSEPH (1963). Pour l'océan Atlantique cette méthode a été reprise par DA FRANCA (1959) pour les thons de l'Angola et par ZHAROV (1966). Ces dernières études portent malheureusement sur des données insuffisantes en nombre (20 femelles chez ZHAROV) ou incomplètes. Ainsi DA FRANCA, ne fait pas mention d'ovocytes de diamètre supérieur à 200 microns, ce qui, nous le verrons, ne peut lui permettre d'appréhender la totalité du phénomène de la maturation ovarienne.

3.1. Méthode d'étude

Les deux ovaires de chaque femelle sont pesés au gramme près. Un échantillon de 0,50 g pesé à 0,01 g près, prélevé à l'aide d'un scalpel et d'une paire de ciseaux fins, est immédiatement placé, avec sa référence, dans un pilulier contenant du liquide de Gilson.

Après un séjour dans ce milieu, d'une durée variable de un à quatre ou même cinq mois, le stroma ovarien est « dissous », ce qui permet de ne recueillir que les ovocytes.

Le temps d'action du liquide de Gilson s'est révélé être fonction de deux éléments :

L'état de maturité sexuelle de l'ovaire dont provient l'échantillon à traiter. Les ovaires proches de la maturité sexuelle se dissolvent beaucoup plus facilement et rapidement sous l'action du « Gilson » que ceux, plus compacts, qui sont à un stade moins avancé de leur maturation.

L'agitation du pilulier contenant l'échantillon : la période nécessaire à la complète libération des ovocytes peut être considérablement raccourcie par des agitations fréquentes et vigoureuses des piluliers.

Lorsque les ovocytes bien individualisés sont déposés dans le fond du pilulier, les ovocytes du stock général sont éliminés par filtration ; notre filtre était constitué par un morceau de filet à plancton de 200 microns de vide de maille. Le seuil de 200 microns a été déterminé par l'examen des distributions de fréquence des ovocytes à l'intérieur de l'ovaire présentées notamment par ZHAROV (1966) et BUNAG (1956), ainsi que par nos propres observations. Pour chaque gonade, nous avons mesuré deux à trois cents de ces ovocytes d'un diamètre supérieur à 200 microns ayant commencé leur vitellogénèse et que l'on peut

considérer comme en voie de maturation. Les distributions de fréquence des diamètres ont été établies pour des classes de 25 microns.

Nous avons vérifié en faisant effectuer les mensurations d'ovocytes d'un même échantillon par plusieurs personnes, que les résultats n'étaient pas sensiblement altérés par un changement d'opérateur.

3.2. Effets du liquide de Gilson sur la taille des ovocytes

Le liquide de Gilson présente sur les autres milieux de fixation et de conservation l'avantage, fort appréciable dans une étude de ce type, d'avoir une action double :

-- Il assure la conservation des ovocytes même à longue échéance,

— Il opère une ségrégation parfaite, aboutissant à la libération des ovocytes par « digestion » du stroma ovarien.

Il a cependant un inconvénient dont il faut être averti : son action rétrécissante, déjà signalée par SCHAEFER et ORANGE (1956), JOSEPH (1963), STEQUERT (1975) et qui lui fait parfois préférer le formol à différentes dilutions : JUNE (1953), YUEN (1953), BUNAG (1956), YOSHIDA (1964), FONTANA (1969), FONTANA et LEGUEN (1969). Afin d'évaluer l'importance de réduction de taille occasionnée par le séjour dans le liquide de Gilson, nous avons pour onze femelles, établi les distributions de fréquence des ovocytes frais et ayant séjournés dans le « Gilson ». Pour chacune d'entre elles, deux prélèvements de 0,5 g ont été faits exactement dans la même zone ovarienne. L'un a été placé dans le liquide de Gilson, l'autre a été immédiatement traité et les ovocytes mesurés frais, après qu'ils aient été détachés un à un au moyen de deux aiguilles à dissection.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau I et la figure 3. Nous avons considéré les variations de valeur modale des groupes les plus avancés, mais aussi celles des modes suivants. Les résultats concernant le premier groupe modal (ovocytes venant d'émerger du stock général) ne sont pas très cohérents. Du fait de la rétraction due au liquide de Gilson, les modes ont tendance à se rapprocher et dans les petites tailles, à se confondre. Le tableau I montre que la réduction du diamètre moyen des ovocytes du mode le plus avancé (ovocytes en maturation avancée ou en pré-ponte) est de l'ordre de 25 % pour un séjour de trois mois environ dans le liquide de Gilson. Il est intéressant de comparer ce coefficient avec celui que l'on peut calculer à partir des données publiées par SCHAEFER et ORANGE (1956) et portant sur 106 ovules mesurés frais, puis après un séjour dans le « Gilson » : le rapport du diamètre frais au

TABLEAU I

Effets du liquide de Gilson sur les ovocytes.

Valeur modale du groupe d'ovocytes le plus avancé		
I : Ovocytes mesurés frais	II : Ovocytes mesurés après conservation dans le « Gilson »	II/I
575	450	0,78
550	425	0,77
600	450	0,75
620	450	0,73
575	425	0,74
600	450	0,75
575	425	0,74
400	325	0,81
600	450	0,75
575	450	0,78
625	500	0,80
m = 0,76		s = 0,03
Valeur modale du deuxième mode		
I	II	II/I
400	325	0,81
400	325	0,81
425	350	0,82
425	350	0,82
425	350	0,82
275	250	0,91
450	350	0,78
475	325	0,68
m = 0,81		s = 0,06
Valeur modale du troisième groupe		
I	II	II/I
300	225	0,75
325	225	0,69
350	250	0,71
350	250	0,71
325	250	0,77
325	250	0,77
300	250	0,83
m = 0,75		s = 0,05

diamètre mesuré après un séjour dans le « Gilson » est de 0,76 soit un taux de réduction également très proche de 25 %. JOSEPH (1963) signale également

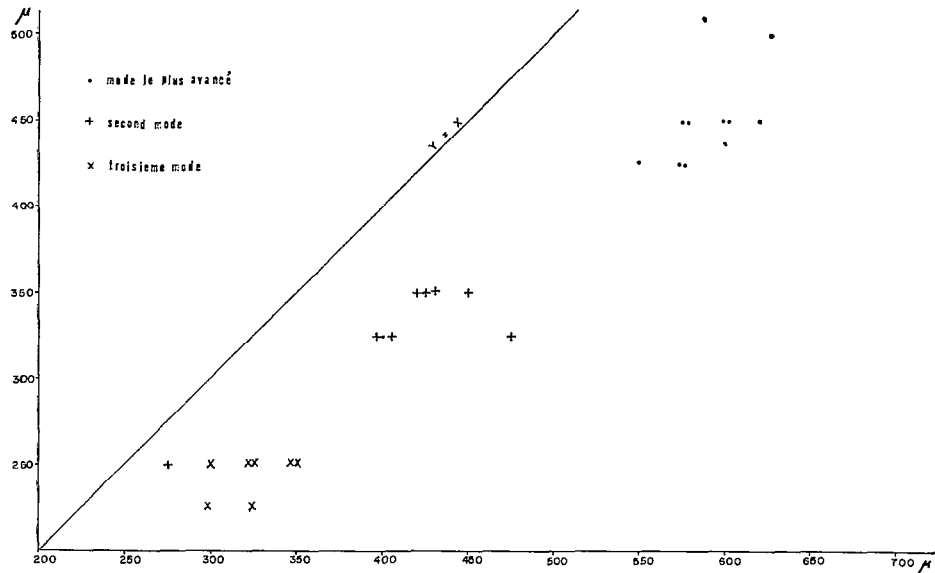


Fig. 3. — Comparaison des diamètres d'ovocytes mesurés frais (en abscisse) puis conservés dans le liquide de Gilson (en ordonnée).

un coefficient de réduction de 24 %. La réduction pour les ovocytes de plus petites tailles est relativement moindre, 20 % en moyenne pour les ovocytes du second groupe modal.

L'action du « Gilson » est très sensible dans les premiers temps de la conservation, mais tend à devenir nulle pour un séjour de longue durée. STEQUERT (1975) remarque qu'entre quinze jours et un mois, il n'y a pratiquement plus de variation dans les diamètres. On peut admettre qu'après un mois à un mois et demi de séjour dans le liquide, l'action de celui-ci sur le diamètre des ovocytes devient nulle. Les taux de réduction donnés précédemment, peuvent donc être considérés comme ne devant plus varier dans le temps.

Des ovules à complète maturité ou des « œufs » frais pondus peuvent, à notre avis, subir une réduction encore plus importante. En effet, nous avons constaté lors d'une étude sur la reproduction d'un clupéidé très répandu en Afrique de l'ouest, l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) (ALBARET et GERLOTTO, 1976), que la réduction de diamètre des ovules conservés dans le liquide de Gilson était de 33 %. L'importance de ce coefficient peut expliquer l'absence, dans nos mensurations et celles de nombreux auteurs, d'ovocytes d'un diamètre supérieur à 600 ou 650 microns. Le liquide de Gilson tend donc à rapprocher les groupes modaux dans la distribution de fréquence des ovocytes (fig. 4). Cela n'affecte en rien le calcul de la fécondité qui s'opère sur le dernier mode car celui-ci est généralement nettement détaché des précédents.

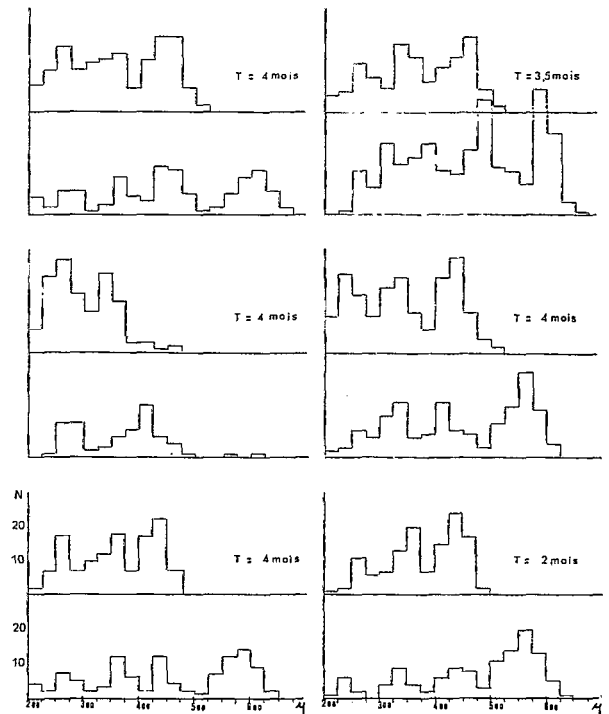


Fig. 4. — Comparaison des distributions de fréquence des diamètres d'ovocytes avant et après l'action du liquide de Gilson.

histogramme du bas = avant
 histogramme du haut = après
 T = durée du séjour.

TABLEAU II

Comptages et mensurations d'ovocytes en divers points d'ovaires à divers stades de maturité.

Zone de l'ovaire	F/g	NT/g	Diamètre modal	G.I.	Stade
A interne	4 660	11 448	0,450		
A surface	4 564	11 088	0,450		
B interne	4 744	11 862	0,450		
B surface	4 604	11 916	0,450	36,21	IV ₁
C interne	5 296	11 652	0,450		
C surface	3 641	10 288	0,450		
A			0,500		
B			0,500	33,10	IV ₁
C			0,500		
A			0,480		
B			0,500	36,09	IV ₁
C			0,480		
B	indéter- minable	12 800	0,320	22,90	III
C	270	11 600	0,440		
B interne	3 628	16 599	0,460		
C interne	4 600	19 341	0,460		
A surface	3 028	14 828	0,440	30,28	III-IV ₁
C surface	3 168	15 942	0,440		
A	1 200	12 700	0,400		
B	1 737	16 772	0,400	27,20	III
C	1 600		0,440		
A	32	2 632	0,250	12,90	II
B	0	2 304	0,250		
A	106	908	0,275		
B	1 351	4 122	0,350	19,10	II-III
C interne	1 296	4 220	0,325		
C surface	1 004	3 900	0,300		
A			0,440		
B	3 628		0,440	24,88	III
C	1 200	8 082	0,475		

3.3. Représentativité de l'échantillon, répartition des ovocytes dans l'ovaire

3.3.1. MÉTHODE

Nos premiers résultats (ALBARET, 1975) semblaient montrer, en accord avec divers auteurs dont YOSHIDA (1966) et JUNE (1953), que dans la grande majorité des cas, il n'existe pas de différences notables entre les diverses régions de l'ovaire aussi bien droit que

gauche en maturation avancée et que les ovocytes sont disposés au hasard. Nous l'avons vérifié de manière plus rigoureuse sur un certain nombre d'échantillons. Pour cela l'ovaire est divisé en trois zones : antérieure, moyenne et postérieure. On distingue dans chacune d'elles une partie interne et une externe. Un échantillon de 0,5 g est prélevé dans chacune de ces six régions.

Les distributions de fréquence des ovocytes dans les six zones doivent permettre, le cas échéant, la mise en évidence d'un quelconque gradient de

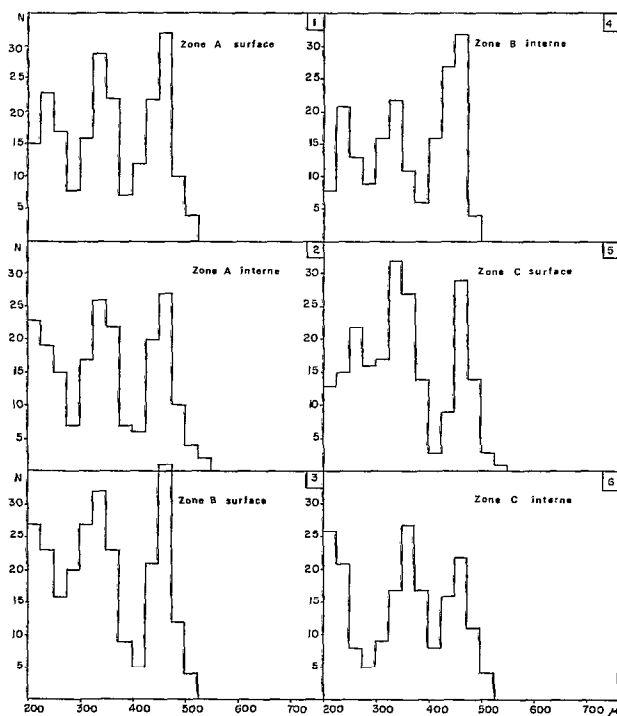


Fig. 5. — Distribution de fréquence des diamètres des ovocytes dans un ovaire au stade IV_1 .

maturation des ovocytes, gradient horizontal (antéro-postérieur) ou vertical (centripète).

3.3.2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Aux stades de maturité avancée

Les six histogrammes de la figure 5 montrent clairement que les distributions des diamètres moyens des ovocytes entrés en maturation (supérieurs à 200 microns) sont similaires en tout point d'un ovaire et que les valeurs modales sont les mêmes en ce qui concerne les deux groupes les plus avancés tout au moins. On peut donc admettre qu'un échantillon prélevé en n'importe quel point des deux ovaires est représentatif de l'ensemble de la gonade.

Aux stades du début de la maturation

Le tableau IV montre que s'il ne semble pas y avoir de gradient dans la disposition des ovocytes dans les ovaires des stades de maturité avancée, on ne peut par contre l'affirmer pour des ovaires en début de maturation, l'hétérogénéité et le petit nombre de données concernant ce dernier ne permettant pas d'avancer d'hypothèse en ce domaine.

3.4. Résultats obtenus par l'étude des mensurations d'ovocytes

292 gonades ont été étudiées suivant la méthode précédemment décrite et pour chaque ovaire a été établie une fiche individuelle regroupant toutes les informations le concernant et un histogramme de la distribution de fréquence des ovocytes. Toutes ces observations nous ont permis d'obtenir les résultats suivants.

3.4.1. STADES SEXUELS

L'étude des distributions de fréquence des ovocytes et ovules intra-ovariens permet la distinction de plusieurs stades de maturation caractérisés par le nombre des modes et leurs positions, en particulier la position du mode le plus avancé. Cette étude de l'évolution de la structure de l'ovaire confirme la validité des stades sexuels précédemment mis en évidence par l'examen macroscopique des ovaires (fig. 6).

3.4.2. PONTES MULTIPLES

Les histogrammes construits à partir des mensurations d'ovocytes montrent, en outre, et de façon évidente que :

— la distribution de fréquence des ovocytes dans un ovaire en période d'activité sexuelle est de type plurimodal (fig. 6).

— le nombre de groupe d'ovocytes pour les ovaires ayant atteint un stade de maturité avancé (stades IV_1 et IV_2) et présentant un rapport gonado-somatique élevé est en général au maximum de trois dans nos observations, le mode le plus avancé (correspondant aux ovocytes qui seront expulsés à la prochaine ponte) étant nettement individualisé.

Une distribution de fréquence de type plurimodal ainsi que la présence occasionnelle d'ovocytes atrésiques semblent indiquer l'existence de plusieurs pontes successives au cours d'une même saison de ponte.

3.4.3. TAILLE DES ŒUFS

L'absence dans un échantillon, d'ovaires contenant des ovocytes dont le diamètre moyen est supérieur à 600 microns et la position modale du dernier groupe d'ovocytes (de 450 à 550 microns en général) semblent indiquer un désaccord avec la taille généralement admise pour l'œuf frais pondu qui est d'environ un millimètre de diamètre (ZHAROV 1966, JUNE 1953,

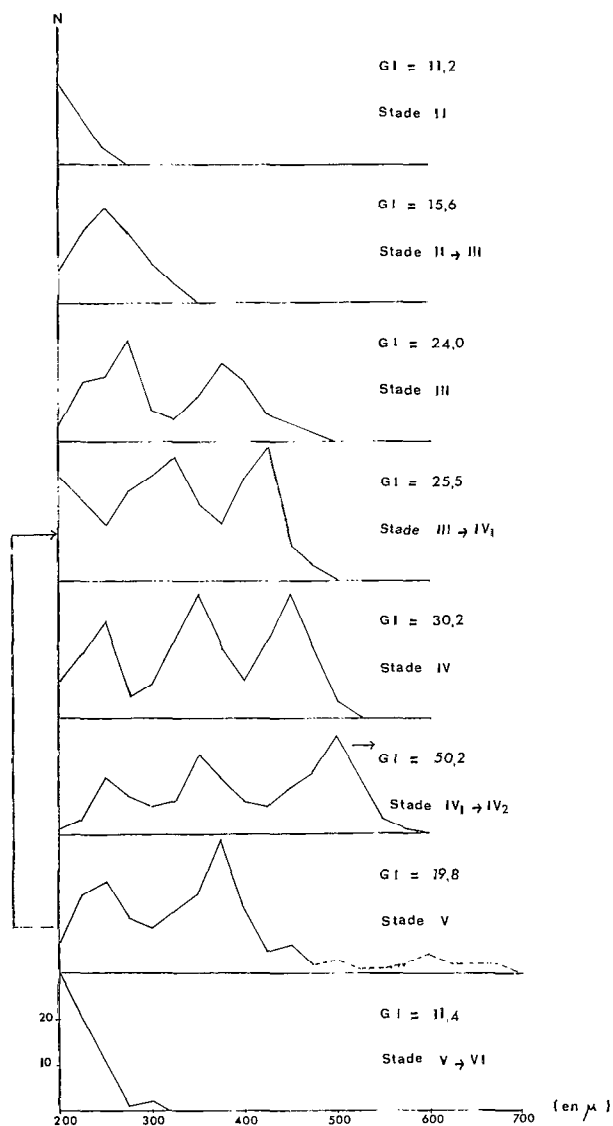


Fig. 6. — Distribution de fréquence des diamètres des ovocytes aux différents stades de maturation.

SCHAEFER et ORANGE 1956, BUNAG 1956). Plusieurs points peuvent concourir à expliquer ces faits :

— l'action du liquide de Gilson qui, rappelons-le, diminue de 25 % le diamètre des ovocytes en maturation avancée (stade IV_1) et certainement plus encore celui des ovules lors de la ponte. Les ovocytes du stade IV_1 mesurés frais (fig. 8) atteignent 625 à 650 microns,

— c'est lors du stade IV_2 (ponte) que l'ovule subit un brusque et important accroissement de taille par pénétration d'eau (ZHAROV, 1966),

— l'extrême rareté, dans les échantillons, des

individus femelles au stade IV_2 , fait signalé par pratiquement tous les auteurs qui se sont intéressés à la ponte des Scombridae.

La pénétration d'eau, l'accroissement de taille et l'expulsion semblent se dérouler très rapidement (ZHAROV, 1966). Il semble donc normal que ce stade très fugace apparaisse peu dans les échantillons. Le « stress » provoqué par la capture, l'action mécanique des congénères tassés contre ses flancs dans la senne ou dans la cale peuvent de plus, provoquer l'émission prématurée des ovules. Des pêcheurs nous ont signalé que fréquemment des femelles « grainées » perdaient une partie importante de leurs œufs, sur le pont du bateau.

3.4.4. ÉVOLUTION DU DIAMÈTRE MODAL DU LOT D'OVOCYTES LE PLUS AVANCÉ EN FONCTION DU RAPPORT GONADO-SOMATIQUE

La valeur modale du diamètre des ovocytes appartenant au groupe le plus avancé a été déterminée pour de nombreux ovaires. L'évolution de ce diamètre en fonction du rapport gonado-somatique ou gonad-index défini au paragraphe 5 est représentée sur la figure 7. L'accroissement est net et rapide pour des valeurs du gonad-index inférieures à 25 ; il ralentit et se stabilise pour des valeurs supérieures. Tous les ovaires ne présentant pas dans la distribution de fréquence une valeur modale supérieure à 200 microns (et qui ne figurent donc pas sur la figure 6) correspondent, à de rares exceptions près, à des gonad-index inférieurs ou égaux à 10.

SCHAEFER et ORANGE (1956) trouvent une relation linéaire entre le diamètre modal des ovocytes et le gonad-index. Ils en concluent que le diamètre des ovocytes peut être estimé à partir du G.I. Cela est peut-être vrai dans la limite de leurs observations, mais leurs données correspondent à des G.I. inférieurs à 20. La figure 7 montre que l'on peut effectivement envisager de tracer une droite jusqu'à ce niveau, mais qu'ensuite, pour des valeurs plus grandes du G.I. (pour des individus à un stade de maturité plus avancé), il semble difficile de déterminer la valeur modale des diamètres des ovocytes dont la maturation est plus avancée dans l'ovaire à partir du gonad-index.

4. TAILLE À LA PREMIÈRE MATURITÉ

Il est souvent difficile de comparer des données, et *a fortiori* des résultats, d'origines différentes par manque d'homogénéité dans leur présentation. Nous nous sommes heurtés à ce problème pour l'étude de la taille à la première maturité. En effet, de nombreux auteurs utilisent ce paramètre dans leurs travaux,

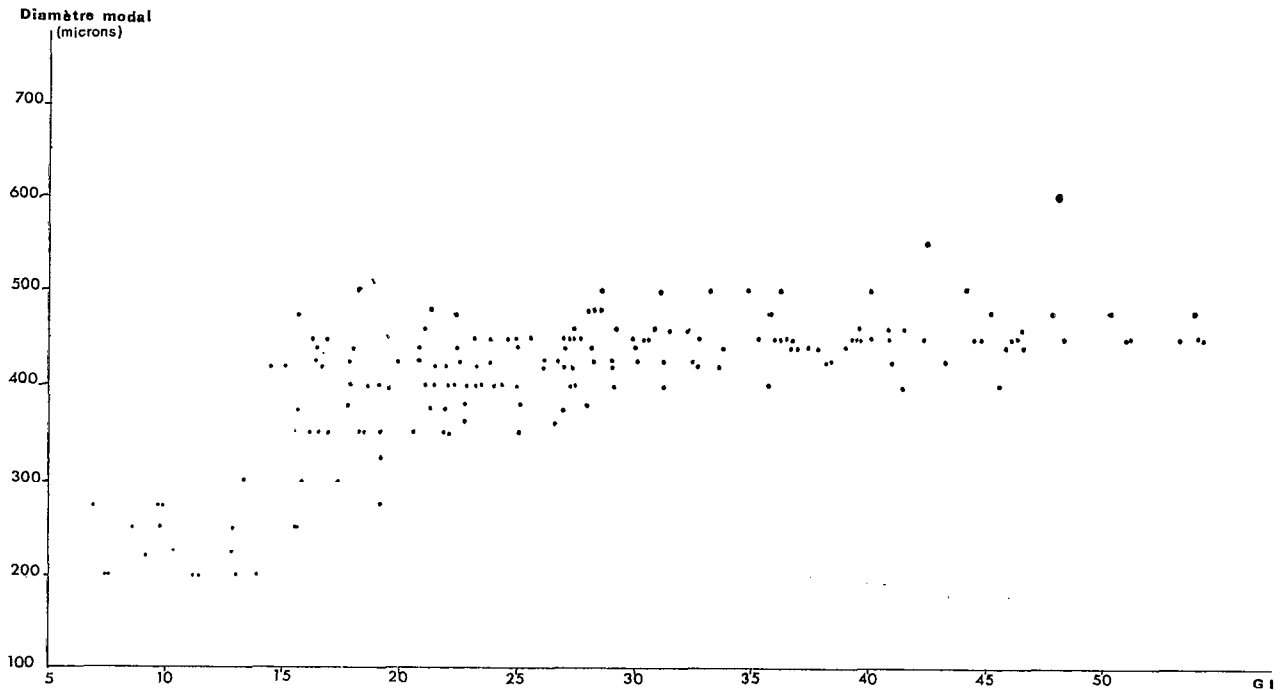


Fig. 7. — Évolution du diamètre modal du dernier groupe d'ovocytes en fonction du G.I.

mais rares sont ceux pour lesquels il a la même signification et la même définition.

4.1. Essai de définition de la notion de taille à la première maturité

4.1.1. DÉTERMINATION DE LA MATURITÉ SEXUELLE

La première maturation sexuelle est un phénomène continu très étalé dans le temps et il convient, afin d'obtenir une valeur biologique utilisable, de délimiter arbitrairement dans le temps une période plus restreinte la caractérisant :

— La première ponte : la ponte est, du moins chez l'albacore, un phénomène très fugace et rarement observé. Il semble donc difficile de l'utiliser comme critère de détermination.

— Le début de la maturation : certains auteurs considèrent qu'à partir du moment où le sexe est identifiable, les individus peuvent être considérés comme matures. Ce stade étant trop éloigné de la ponte, cette méthode ne présente donc qu'un intérêt médiocre pour notre étude. Aussi, avons-nous employé, comme indice de maturité, un stade particulier de l'échelle de maturation basé sur l'observation macroscopique des gonades. Un diamètre important des ovocytes du mode le plus avancé est également un témoin sûr de la maturité de l'ovaire,

puisque POSTEL (1955) précise que « la première poussée de mûrissement des ovules est couronnée de succès chez les Scombridae de l'Atlantique tropico-oriental » et qu'il n'y a pas de « prématuration abortive des ovocytes ».

Nous avons donc choisi un stade de maturité assez avancé afin d'éliminer le plus possible les immatures dans l'étude des périodes de ponte en particulier.

4.1.2. DÉTERMINATION DE LA TAILLE À LA PREMIÈRE MATURITÉ

Le processus de première maturation des gonades étant un phénomène progressif dans le temps, à partir de quelle taille peut-on considérer qu'une espèce est mature? Les opinions en la matière divergent :

— POSTEL (1951), OOTSU et USHIDA (1959), UEYANAGI (1957), YOSHIDA (1964) et SIMMONS (1969) assimilent cette taille à la longueur à partir de laquelle, on peut trouver certains individus matures.

— Pour BATTS (1972) et SHUNG (1973), c'est la longueur à laquelle nous avons 50 % d'individus matures.

— FONTANA et PIANET (1973), LEGAND (1960) et STEQUERT (1976) considèrent enfin que c'est la longueur à laquelle tous les individus ont atteint leur première maturité.

Cette dernière méthode nous semble préférable

car elle est la seule compatible avec une utilisation suffisamment rigoureuse du paramètre « taille à la première maturité » pour la détermination des périodes de ponte par l'étude des variations du rapport gonadosomatique.

4.2. Estimation de la taille à la première maturité de l'albacore du Golfe de Guinée

Nous n'avons considéré dans cette étude que les individus femelles et avons défini la taille à la première maturité comme étant la longueur à laquelle l'ensemble des femelles se trouve à un stade avancé du premier cycle sexuel aboutissant à la ponte et présentant les caractères de maturité suivants : stade III de l'échelle de maturation, présence dans la distribution de fréquence des diamètres des ovocytes d'un groupe dont la valeur modale est de 200 microns ou plus.

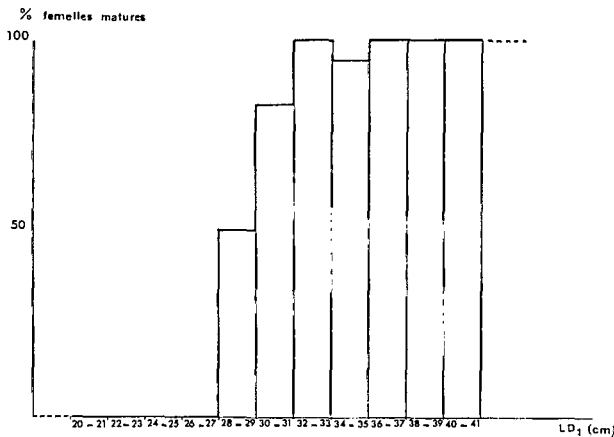


Fig. 8. — Détermination de la taille à la première maturité.

La figure 8 dans laquelle les femelles ont été regroupées par classe de taille de deux centimètres de longueur prédorsale pour pallier l'insuffisance du nombre de données dans les petites tailles, montre que la taille à la première maturité de l'albacore du Golfe de Guinée se situe entre 31 et 33 cm. En prenant $LD1 = 32$ cm comme taille à la première maturité, nous éliminerons donc les immatures de nos calculs ultérieurs. Cette valeur correspond à une longueur à la fourche de 108,6 cm ; elle est à rapprocher de celle donnée par KIKAWA : 110 cm pour l'albacore de l'océan Pacifique. Notons que ORANGE (1961), YUEN et JUNE (1957), et SHUNG (1973) placent toujours, pour l'océan Pacifique, cette première maturité sexuelle à 120 cm de longueur totale.

Au cours de cette étude, nous avons rencontré un certain nombre de femelles de taille inférieure à 108,6 cm ayant atteint la maturité sexuelle ; en particulier la plus petite femelle mature échantillonnée avait une longueur prédorsale de 28 cm ($LF = 91,4$ cm), des ovaires de couleur jaune-rosé, mous et bien vascularisés (stade III), et présentant un groupe d'ovocytes dont le diamètre modal était de 425 microns (diamètre maximum 475 microns).

Notons également que des observations similaires ont été faites sur le yellowfin de l'océan Pacifique où les plus petits individus matures ont été signalés à :

- 86 cm entre OISU et HANSEN (1962)
- 89,1 cm par OTSU et UCHIDA (1959)
- 87 cm par UEYANAGI (1957)
- 80 cm par SHUNG (1973)
- ... entre 80 et 100 cm par ORANGE (1961).

5. PÉRIODES ET ZONES DE PONTE

5.1. Précision des données recueillies sur les dates et lieux de pêche

Ces renseignements nous sont fournis par les enquêtes menées par le C.R.O. à bord des thoniers débarquant à Abidjan. Leur précision permet parfois de connaître l'origine du poisson au jour et au degré de longitude et latitude près et le plus souvent à la quinzaine et au rectangle statistique ICCAT (de 5° de latitude sur 10° de longitude) près (fig. 9). Plus rarement cette précision se limite au mois de capture et à la région océanique.

La localisation précise du lieu de pêche du poisson n'étant pas toujours possible, nous n'avons tenu compte sur la figure 10 que des individus provenant d'échantillons dont l'origine était connue avec certitude et précision. Parmi les échantillons dont la provenance n'a pu être définie au carré de 1° près et qui ne figurent pas sur cette carte, 40 % proviennent du rectangle 1 00 00, 40 % du rectangle 2 00 00, 5 % du 2 05 00 et 5 % du 4 00 00.

Les tableaux III et IV montrent que l'échantillonnage a suivi fidèlement les fluctuations de la pêcherie. C'est ainsi qu'en avril et mai, le petit nombre d'échantillons provenant des zones 1 00 00 et 2 00 00 correspond à une diminution des captures dans cette région à la même époque. On remarque également que les prises importantes en décembre, janvier, février dans le fond du Golfe de Guinée correspondent à la concentration des reproducteurs.

Sur l'ensemble des 27 mois d'échantillonnage, environ 75 % des poissons échantillonnés proviennent des zones 1 00 00 et 2 00 00, c'est-à-dire du fond du Golfe de Guinée. La figure 10 permet de préciser encore cette provenance en la localisant dans le secteur des « îles » (îles du Prince, Sao-Thomé, Anno-

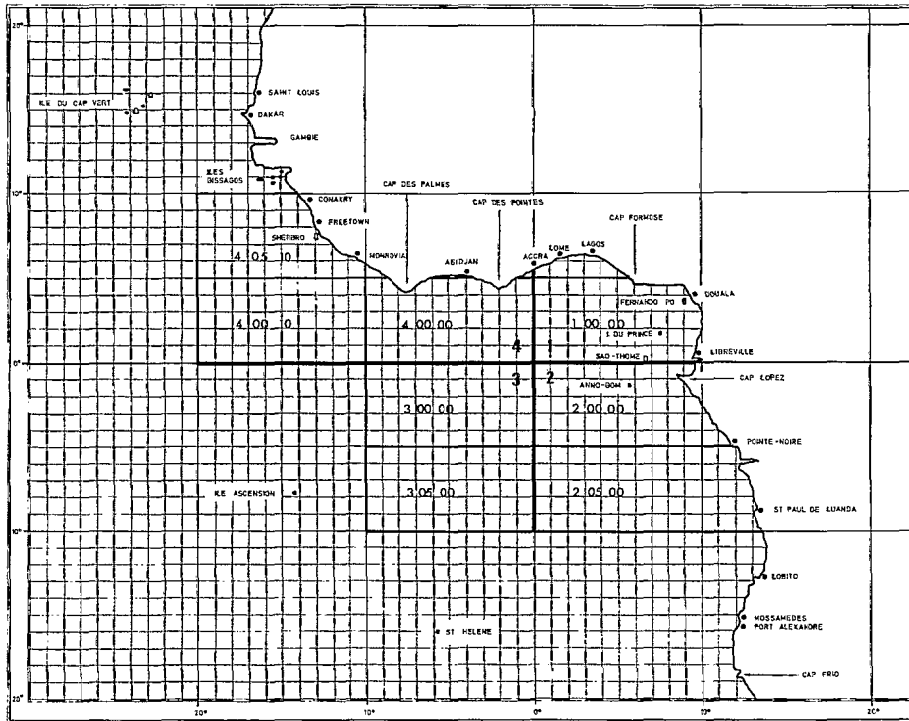


Fig. 9. — Rectangles statistiques ICCAT (5°×10°).

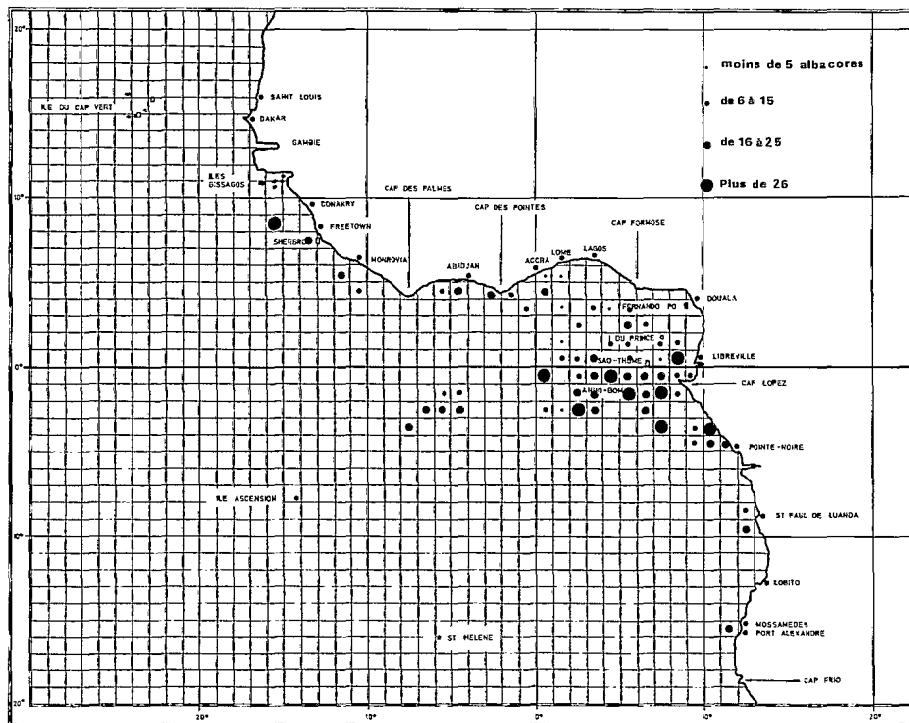


Fig. 10. — Provenance des échantillons (1974+1975).

TABLEAU III

Répartition géographique trimestrielle des échantillons (nombre d'individus).

Zone	Trimestre									
	Tri I 74	Tri II 74	Tri III 74	Tri IV 74	Tri I 75	Tri II 75	Tri III 75	Tri IV 75	Tri I 76	
1 00 00.....	141	2	7	34	5	5	50	-	24	
2 00 00.....	132	50	59	43	158	20	76	141	114	
2 05 10.....	41	-	-	-	-	-	-	-	-	
2 15 10.....	18	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 00 00.....	-	-	-	-	31	85	-	-	-	
4 00 00.....	-	44	-	-	-	35	10	11	52	
4 05 10.....	-	-	-	25	-	14	-	-	-	
Total.....	332	96	66	102	194	159	136	152	190	

TABLEAU IV

Prise par rectangles statistiques F.I.S. 1974 et 1975 (Senneurs moyens + grands senneurs)

Zone	Trimestre							
	Tri I 74	Tri II 74	Tri III 74	Tri IV 74	Tri I 75	Tri II 75	Tri III 75	Tri IV 75
1 00 00.....	4 490	97	620	1 187	657	58	3 445	287
2 00 00.....	2 167	1 325	7 099	4 604	11 429	416	1 799	8 410
2 05 10.....	357	586	28	646	0	0	0	0
2 15 10.....	81	15	-	0	-	-	-	-
3 00 00.....	-	0	0	0	22	4 752	0	23
4 00 00.....	864	61	1 791	152	493	561	2 234	318
4 05 10.....	21	2 222	69	129	489	1 148	313	1 589
Total.....	7 980	4 306	9 607	6 718	13 090	6 935	7 791	10 627

Bon), la région du Cap Lopez et jusqu'à environ 4° de latitude Sud. Si à tout ce secteur, on ajoute le secteur dit « Abidjan » (rectangle 4 00 00) on obtient 85 % de l'échantillonnage. Les 15 % restants sont dispersés dans le rectangle 3 00 00, au large de l'Angola, au large de Monrovia et de la Sierra Leone. On a tenu compte de leur origine lors de l'interprétation des résultats.

5.2. Période de ponte

Deux types de méthodes sont généralement utilisés pour déterminer les périodes de ponte :

— Étude des variations saisonnières de la maturité sexuelle.

— Étude de l'abondance des œufs et larves de l'espèce considérée dans les récoltes de plancton.

5.2.1. VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA MATURITÉ SEXUELLE

Là encore le problème peut être approché de plusieurs façons : proportion des différents stades sexuels dans les échantillons, distribution de fréquence des ovocytes, étude histologique des ovaires, diamètre des ovocytes du dernier mode... Bien que ces méthodes aient contribué, à des degrés divers, à l'élaboration du résultat final, nous leur avons préféré, comme méthode de base pour la détermination des périodes de ponte, l'étude des variations du rapport gonado-somatique.

Le rapport gonado-somatique ou Gonad-Index (G.I.) de SCHAEFER et ORANGE (1956) est égal au rapport du poids des gonades sur le cube de la longueur (à la fourche) du corps du poisson :

$$G.I. = \frac{PG}{LF^3} \times 10^8$$

PG = poids des gonades en grammes
 LF = longueur à la fourche en mm

Pour des raisons pratiques nous avons été amenés à utiliser un indice ne faisant pas intervenir comme mesure de base le poids, mais la longueur du poisson.

Souvent relié aux stades de maturation, le gonad-index a surtout été employé pour définir les aires et périodes de ponte de l'albacore de l'océan Pacifique [YOSHIDA (1964), KIKAWA (1966), MORI (1970), BATS (1972), HU et YANG (1972), SHUNG (1973)]. Pour l'océan Atlantique le gonad-index n'a été employé à notre connaissance que par HISADA (1973) qui a comparé les valeurs des gonad-index de thons pris avec deux engins de pêche différents (palangre et canne) et a examiné les variations du rapport gonado-somatique avec la latitude, et par HONMA et HISADA (1971) qui ont étudié la structure de la population atlantique.

Dans le but d'éliminer totalement de nos échantillons tous les individus immatures, nous n'avons pris en considération que les mesures effectuées sur les femelles ayant atteint la taille à la première maturité c'est-à-dire d'une longueur supérieure à 32 cm (LD1).

Les figures 5 et 6 montrent que l'échantillonnage couvre une période de 27 mois et que trois saisons de ponte peuvent y être observées. Les valeurs moyennes mensuelles du gonad-index calculées à partir des données recueillies au cours des années 1974-1975 et du premier trimestre 1976 confirment et précisent les résultats préliminaires déjà publiés et obtenus avec les données de 1974 (ALBARET *et al.* 1975).

Description année par année

— 1974 : L'échantillonnage a commencé en janvier 1974 en pleine saison de ponte. La valeur maximum du gonad-index moyen, est atteinte en février (GIm = 32,2). En mars l'activité sexuelle est encore importante (GIm = 25,6), elle s'atténue ensuite régulièrement en avril et mai. Les valeurs du gonad-index moyen sont très basses en juin, juillet, août et septembre, le minimum absolu de l'année est atteint ce dernier mois avec GIm = 8,4. Il n'y a pas eu de recueil de données pour octobre 1974. En novembre, la reprise est sensible (GIm = 16,7). Les gonad-index élevés du mois de décembre témoignent d'une intense activité sexuelle.

— 1975 : En janvier 1975, on note une légère baisse par rapport à décembre 1974 (GIm = 27,6). En février, le gonad-index moyen maximal est atteint, il représente également le maximum enregistré au cours des trois saisons de ponte étudiées (GIm = 41,5). On observe une chute très rapide en mars et un retour progressif au repos sexuel qui intéresse juin, juillet, août et septembre (minimum : GIm = 9,8). On constate une légère reprise de l'activité sexuelle en octobre et en novembre le gonad-index atteint des valeurs supérieures à 20 (GIm = 21,6).

En décembre, le gonad-index diminue jusqu'à 20,1.

— 1976 : La reprise s'effectue en janvier et le maximum est atteint en février (GIm = 38,3). Une baisse en mars marque la fin de la période de ponte intense.

De cette rapide analyse, il ressort que les périodes d'activité et de repos sexuels sont bien marquées et semblent relativement stables d'une année sur l'autre.

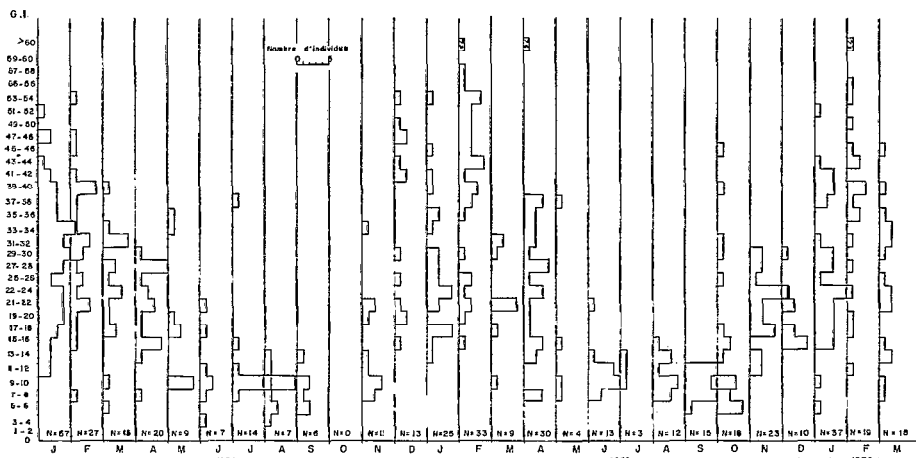


Fig. 11. — Distribution de fréquence du G.I. (par mois de capture).

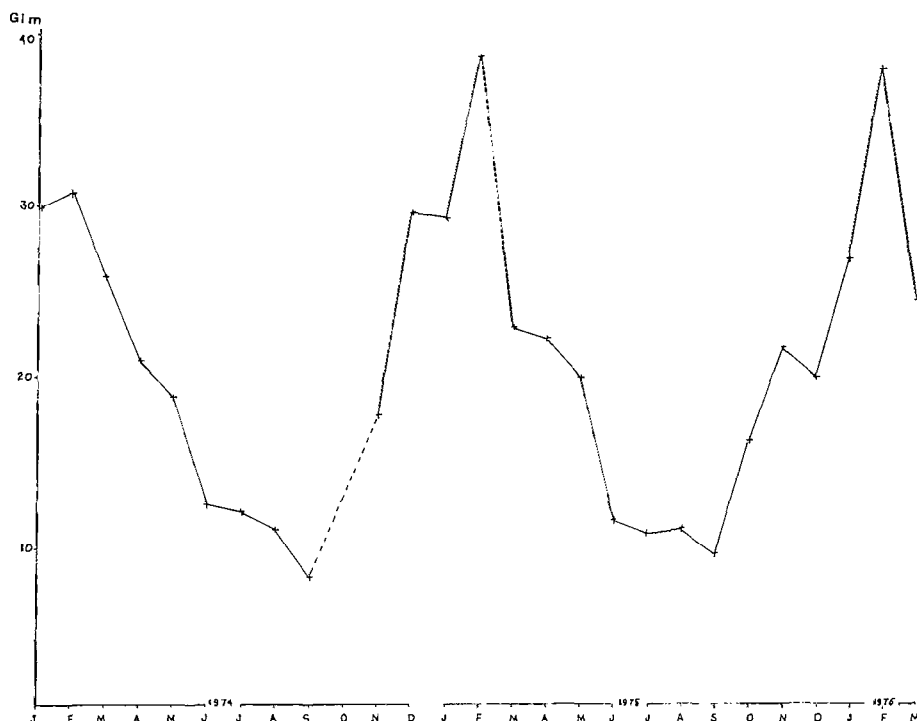


Fig. 12. — Variations du G.I. moyen mensuel au cours des années 1974 et 1975 et du premier trimestre 1976.

Les périodes de repos sexuel, indiquées par des gonad-index très faibles, sont, en 1974 comme en 1975, situées en juin, juillet, août et septembre. Alors que les périodes d'activité sexuelle, caractérisées par des gonad-index élevés se situent en décembre, janvier, février et à un niveau parfois moindre en mars. Il est tentant de mettre en relation les diminutions des valeurs des gonad-index moyens observés en janvier 1974 et décembre 1975 avec le phénomène de pontes fractionnées que nous signalons au paragraphe 3. Cette baisse relative (puisque en pleine phase ascendante du G.I. moyen) correspondrait alors à la fin de la première ponte massive de la saison, du moins pour une partie importante du stock reproducteur. Pour séduisante qu'elle soit, cette explication n'en est pas moins hypothétique et demanderait à être vérifiée. Ces baisses dans le gonad-index sont peut-être dues à bien d'autres causes : détérioration des conditions physico-chimiques de l'environnement, baisse des apports nutritifs, arrivée dans le stock reproducteur d'individus dont la maturité est moins avancée, etc.

D'une manière générale, on peut schématiser le cycle de ponte de l'albacore dans le Golfe de Guinée de la façon suivante : la maturation se termine en novembre et décembre, le maximum de ponte a lieu en janvier et février (mois pendant lequel le maximum

absolu du G.I. moyen a été atteint pendant les trois saisons de ponte consécutives). L'activité sexuelle semble ensuite décliner lentement au cours des mois de mars, avril et mai. En juin commence une période de repos sexuel qui dure jusqu'au mois d'octobre pendant lequel une légère reprise de l'activité sexuelle (début de maturation) est parfois notée.

5.2.2. ABONDANCE DES LARVES D'ALBACORES DANS LES RÉCOLTES DE PLANCTON

Une confirmation directe des résultats précédents ne peut venir que de la présence effective d'œufs et de larves aux endroits et époques présumés favorables.

La recherche des larves ayant fait l'objet d'une étude antérieure détaillée (ALBARET *et al.* 1975), nous ne reviendrons pas sur cet aspect de l'étude.

Rappelons simplement que l'analyse des données historiques montre une bonne concordance entre la présence de larves dans le milieu et les périodes et zones de ponte telles que nous les avons déterminées.

Rappelons également la concomitance répétée de conditions hydrologiques particulières : eaux chaudes ($>28^{\circ}$) et légèrement dessalées (environ 34 ‰) et de l'activité de reproduction de l'albacore.

TABLEAU V

Tableau récapitulatif des données bibliographiques sur le sex-ratio de l'Albacore.

Auteurs	Localisation Géographique	Nombre de Mâles	Nombre de Femelles	Nombre d'indéterminés	Total	% Mâles	% Femelles	Mâles Femelles	Nbre de femelles pour 1 mâle 1:1	Engins de pêche
POSTEL (1955)	Atlantique (Iles Cap Vert)	141	111	53	305	56,0	44,0	1,27	1 : 0,8	Appât vivant
DUNG and ROYCE (1953)	Pacifique	508	311		819	62,0	38,0	1,63	1 : 0,6	
IKEBE (1941)	Pacifique	106	78		184	57,6	42,4	1,36	1 : 0,7	
OVCHINNIKOV (1969) (données déc. 1967)	Atlantique (Golfe Guinée)					65,8	34,2	1,92	1 : 0,5	Senne
OVCHINNIKOV (1969) (données janv. 1968)						59,5	40,5	1,47	1 : 0,7	Senne
OTSU (1954) (données 1951)	Pacifique (Hawaï)	547	313		860	63,6	36,4	1,75	1 : 0,6	
OTSU (1954) (données 1949)		114	65		179	63,7	36,3	1,75	1 : 0,6	
MURPHY and SHONURA (1972)	Pacifique (central)									Palangre
ROSSIGNOL (1966)	Atlantique (Cap Vert)	430	552		982	43,8	56,2	0,78	1 : 1,3	Appât vivant
SUDA and SCHAEFER (1965)	Pacifique (est)	13 223	8 908		22 131	59,8	40,2	1,48	1 : 0,7	Palangre
IVERSEN (1956)	Pacifique (central ouest)					63,0	37,0	1,67	1 : 0,6	Palangre
HIRANO and TAGAWA (1956)	Océan Indien					59,0	41,0	1,43	1 : 0,7	Palangre
TESTER and NAKAMURA (1957)	Pacifique (Hawaï)					45,0	55,0	0,83	1 : 1,2	Traine
YONEMORI and HONMA (1975)	Pacifique	20 151	12 462		32 613	61,8	38,2	1,62	1 : 0,6	Palangre
YONEMORI and HONMA (1975)	Atlantique	106	87		197	53,8	46,2	1,22	1 : 0,8	Senne
LENARZ <i>et al</i> (1974)	Atlantique					51,5	48,5	1,06	1 : 0,9	Surface
						59,4	40,6	1,44	1 : 0,7	Palangre
C.R.O. Dakar (1969)	Atlantique (Dakar)	163	156	6	325	51,1	48,9	1,04	1 : 1	Appât vivant

N.B. Les formes de présentation du sex-ratio données par chacun des auteurs sont en italique. Les pourcentages de mâles et de femelles sont calculés par rapport au total des individus dont le sexe a été déterminé.

5.3. Zones de ponte

La région étudiée de la façon la plus large et la plus régulière dans ce travail, c'est-à-dire le « fond » du Golfe de Guinée (zones 1 00 00 et 2 00 00, fig. 3) constitue bien une aire de ponte de l'albacore de l'océan Atlantique. Elle est, sans doute, la plus importante dans l'Atlantique de l'Est par son extension géographique, la quantité de gros reproducteurs qui s'y réunissent, l'intensité de la ponte qui y a lieu lors du premier trimestre et la durée des conditions de température et de salinité qui paraissent favorables à une reproduction active. La région située au large d'une ligne Freetown-Monrovia pour laquelle nous avons recueilli quelques données semble être une petite zone de ponte où la période d'activité sexuelle correspond grossièrement à celle de la zone principale.

6. SEX-RATIO

L'autopsie des albacores et la détermination systématique du sexe de tous les individus dont la taille était notée en vue des études sur la fécondité et la

maturité sexuelle ont permis l'étude de la répartition des sexes.

6.1. Proportion des sexes

De nombreux auteurs ont indiqué les valeurs de ce rapport, mais pour la plupart sans vraiment s'être penchés sur ce problème. Leurs données sont regroupées dans le tableau V.

Afin de pouvoir comparer les résultats, nous avons, lorsque cela était possible, transformé ces données afin de les présenter sous leurs formes les plus généralement employées : pourcentages respectifs de mâles et de femelles parmi les individus dont le sexe a été déterminé, rapport du nombre de mâles au nombre de femelles, nombre de femelles pour un mâle.

Les mâles se sont révélés (et ceci de manière constante depuis le début de l'étude) plus abondants que les femelles dans notre échantillon conduisant ainsi à un sex-ratio significativement différent de 1 : 1

Nombre de mâles	Nombre de femelles	Total	Indéterminés	Total	$\frac{\sigma}{\phi}$	% de mâles *	% de femelles *	Nombre de femelles pour 1 mâle
912	628	1 539	13	1 552	1,45	59,26	40,74	1 : 0,69

* Parmi les animaux dont le sexe a été déterminé.

Ces résultats, en accord avec la majorité de ceux publiés aussi bien pour l'océan Atlantique que pour l'océan Pacifique, sont cependant sujets à caution quant à leur utilisation. Ils n'intéressent en effet qu'une partie de la population totale, c'est-à-dire la fraction du stock exploitée par les thoniers senneurs. Le sex-ratio est alors lié, non seulement à la proportion « génétique » des sexes, mais aussi à la taille des spécimens, donc à la composition de l'échantillon.

Ainsi il apparaît sur le tableau V que les valeurs très nettement supérieures à 1 du rapport nombre de mâles/nombre de femelles correspondent à des poissons pêchés à la palangre (pêcherie portant essentiellement sur de gros individus) ou à la senne (pêcherie portant sur toutes les tailles mais recherchant surtout les gros). Le rapport est voisin de 1 ou inversé pour les petits et moyens thons pêchés à l'appât vivant (C.R.O., Dakar 1969) ou les thons pêchés à la traîne (ROSSIGNOL, 1968).

6.2. Variations saisonnières du sex-ratio

Bien que des variations mensuelles importantes du sex-ratio soient observées au cours de la période étudiée (fig. 13), aucune relation avec le cycle sexuel n'a pu être clairement mise en évidence.

On peut cependant constater (fig. 13) que le rapport mâles/femelles est inférieur à 1 à cinq reprises (juillet 1974, mars, juin, juillet et octobre 1975). Ces « prédominances » des femelles correspondent (sauf en mai 1975) (fig. 14) soit à des débarquements dans lesquels les femelles étaient plus grosses que les mâles, soit (en juillet 1975) à des individus de petites tailles. La figure 14 montre en outre que la taille moyenne des mâles reste à peu près constamment (quatre exceptions) supérieure à celle des femelles.

Les variations de valeur du sex-ratio dans le temps ou dans l'espace peuvent à notre avis être ramenées au problème de taille précédemment évoqué, une diminution du rapport nombre de mâles/nombre de

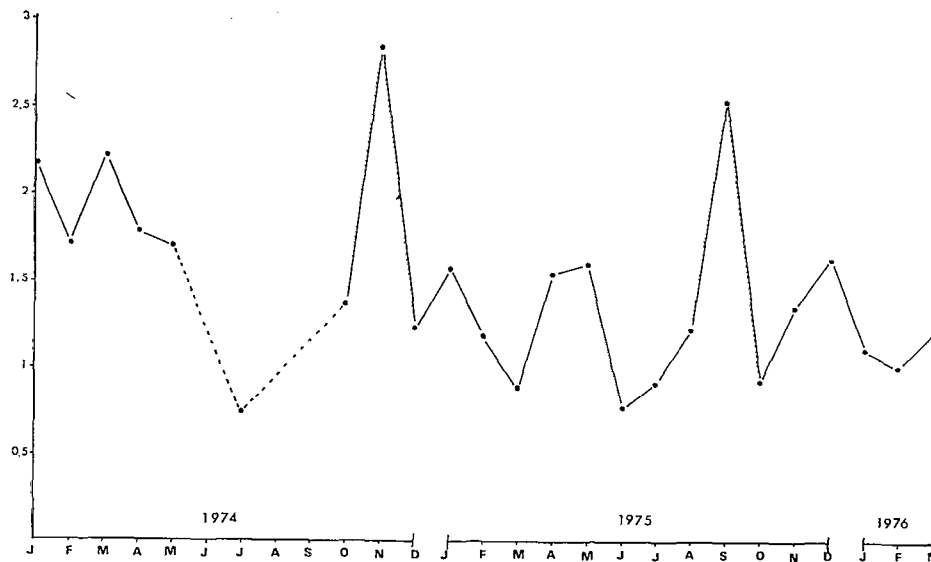


Fig. 13. — Variations mensuelles du sex-ratio dans les débarquements d'albacores en 1974, 1975 et pendant le premier trimestre 1976.

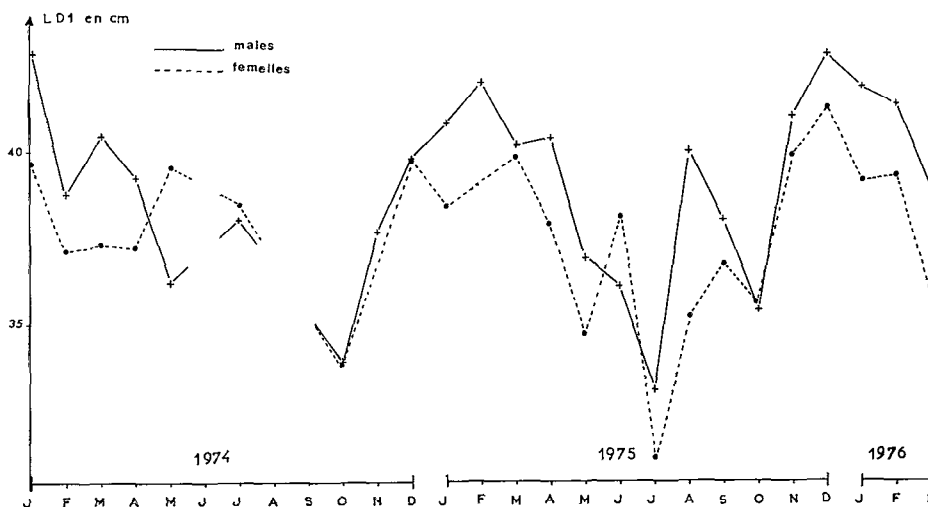


Fig. 14. — Variations mensuelles de la taille moyenne des mâles et des femelles.

femelles correspondant dans bien des cas à un déplacement de la pêcherie vers des captures de plus petites tailles.

6.3. Variation du sex-ratio en fonction de la taille

La prédominance numérique des individus de sexe mâle aux grandes tailles est un phénomène reconnu dans l'océan Pacifique par de nombreux auteurs (tabl. V) et qui a également été signalé dans l'océan Atlantique (1) par YONEMORI et HONMA (1975) et ALBARET (1975).

Nos résultats (fig. 15) confirment très exactement ceux obtenus dans l'océan Pacifique et l'océan Atlantique. L'étude des variations du sex-ratio en fonction de la taille (fig. 16) fait ainsi ressortir que :

— Aux petites tailles (jusqu'à 29 cm de longueur prédorsale), les mâles sont moins nombreux que les femelles, SCHAEFER et ORANGE attribuent ceci au fait que les mâles immatures sont plus difficiles à identifier que les femelles et sont donc classés dans les indéterminés.

— Une « remontée » du pourcentage des mâles qui traduit une légère prédominance de ceux-ci jusqu'à 36 cm de longueur prédorsale.

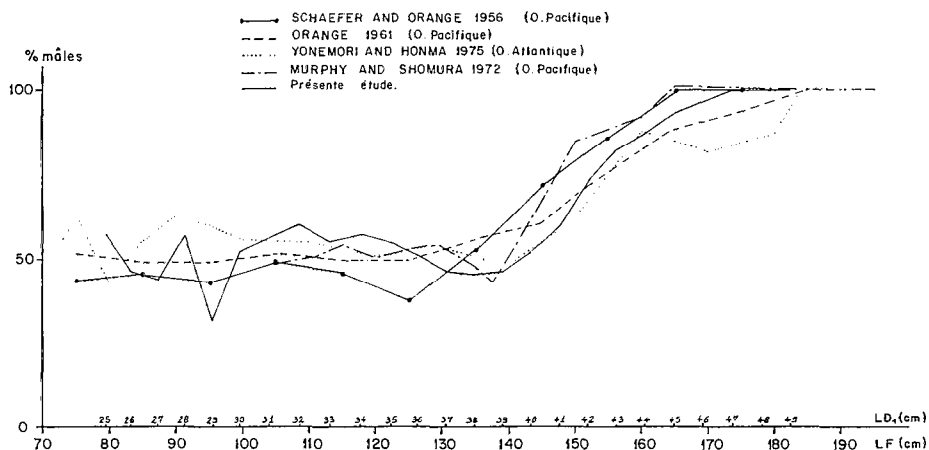


Fig. 15. — Évolution du pourcentage des mâles en fonction de la taille selon différents auteurs.

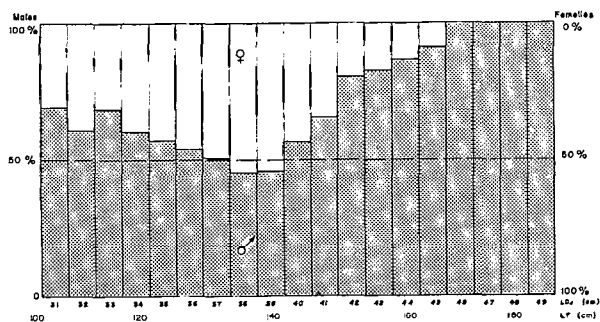


Fig. 16. — Pourcentages de mâles et de femelles par classe de taille de 1 cm de longueur prédorsale (L.D₁).

— Malgré un sex-ratio d'ensemble nettement en faveur des mâles, la fréquence des femelles égale ou surpasse celle des mâles pour des tailles comprises entre 36 et 40 cm de longueur prédorsale (126,5 cm à 140 cm).

— Les mâles sont plus nombreux aux grandes tailles (longueur prédorsale supérieure à 40 cm) et leur proportion croît avec la taille.

— Les très gros individus sont exclusivement des mâles.

DISCUSSION ET HYPOTHÈSES

Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ces derniers points :

— Intervention d'une inversion sexuelle chez les individus âgés.

— Phénomènes de croissance différentielle liée au sexe.

— Mortalité naturelle plus élevée des femelles qui expliquerait un sex-ratio 60/40 et par là même, grâce au jeu combiné des mortalités naturelles et par pêche (même supposée égale pour les deux sexes), le peu de femelles rencontrées aux grandes tailles.

— Mortalité par pêche (capturabilité) différente pour les mâles et pour les femelles. Les mâles étant plus vulnérables aux engins de pêche (spécialement dans les grandes tailles) que les femelles.

Il semble que l'état actuel de nos connaissances nous permette d'écarter la première hypothèse. En effet sur 1559 individus analysés en 27 mois, pas un seul cas d'intersexualité n'a été observé, et jamais un tel phénomène n'a été décrit dans des publications ayant trait à ce sujet (THOMAS et RAJU, 1964).

Une sélectivité des engins de pêche liée à un comportement particulier des femelles en période de reproduction a parfois été évoquée à l'appui de la troisième hypothèse. L'influence d'une telle sélectivité sur la proportion des sexes dans les captures semble difficilement explicable. En effet, on observe une convergence des résultats mettant en évidence la prédominance des mâles de grandes tailles et ceci quel que soit l'engin utilisé : thons de surface pris à la senne (OVCHINNIKOV, 1969) ou bien thons profonds pris à la palangre (MURPHY et SHOMURA 1972, YONEMORI et HONMA 1975). GARCIA (1974) explique en partie les variations du sex-ratio dans la population des crevettes pénéides (*Penaeus duorarum notialis*) de Côte d'Ivoire par un phénomène de sélectivité différentielle des maillages vis-à-vis des sexes (pour une même longueur céphalothoracique, la hauteur ou le diamètre du céphalo-thorax des mâles serait moindre et les femelles mieux retenues par le chalut). Un phénomène de même nature ne

peut être retenu ici puisque les phénomènes observés apparaissent à des tailles sur lesquelles le maillage des sennes n'a plus aucune influence.

Les auteurs ayant travaillé uniquement sur la pêche palangrière ont pensé que les femelles, spécialement en période de reproduction, se nourrissant moins, « mordaient » moins, hypothèse très plausible, mais qui n'explique pas la similitude des résultats avec les thons capturés à la senne. Il paraît donc difficile de parler de sélectivité des engins de pêche. On pourrait également envisager une répartition différentielle, liée à un comportement particulier, des grosses femelles en période de reproduction qui échappent ainsi à la pêche. Rien dans ce que nous connaissons des migrations de l'albacore ne laisse supposer un tel comportement : si le gréganisme des albacores nous a semblé influencé par la taille, il ne nous a pas paru y avoir de relation entre celui-ci et le sexe. Rappelons de plus qu'aucune relation n'a été mise en évidence entre le sex-ratio et le cycle sexuel.

Dans l'application des modèles de dynamique des populations, le paramètre M (Mortalité naturelle) est généralement estimé assez grossièrement (compris entre 0,6 et 0,8. « Aucune information n'existe sur les variations de M avec l'âge bien que ces variations soient vraisemblables » (FONTENEAU, 1975). Il nous est en conséquence impossible de distinguer et surtout d'analyser l'influence respective des taux de mortalité naturelle des mâles et des femelles sur la répartition du sexe en fonction de la taille. Dans l'état actuel des connaissances, rien ne permet de supposer que les femelles ont une mortalité naturelle plus élevée que celle des mâles. Tout comme YONEMORI et HONMA (1975), LENARZ et ZWEIFEL (1974), KUME et JOSEPH (1966), nous retiendrons que cette hypothèse peut cependant ne pas être exclue.

Il semblerait que l'hypothèse faisant intervenir des taux de croissance différents pour les mâles et les femelles soit la plus vraisemblable (YONEMORI et HONMA 1975, KUME et JOSEPH 1966). Cette hypothèse pourrait être aisément vérifiable par des marquages, sous réserve d'autopsie des recaptures, mais aussi grâce aux récents progrès des méthodes très fines de lecture de l'âge par interprétation des marques de croissance sur les otolithes (BROTHERS, 1975, UCHIYAMA et STRUNSAKER, 1975).

6.4. Conclusions

Les conclusions concernant le sex-ratio et les variations de celui-ci avec la taille s'appuient désormais sur les résultats concordant de plusieurs auteurs et sur un nombre important de données.

Les phénomènes de croissance différentielle des mâles et des femelles peuvent sans doute expliquer en partie les difficultés rencontrées par les divers

auteurs qui se sont attachés à établir la courbe de croissance de l'albacore en suivant la progression des modes dans leurs échantillons. Cette difficulté à suivre les modes de façon précise au-delà d'une certaine taille est due en fait à la séparation très nette des modes mâles et femelles (fig. 17). A l'exception de YABUTA *et al.* (1960), personne à notre connaissance n'a pris en considération les différences de croissance liées au sexe. Cependant, il faut noter que les données de ces derniers auteurs ne comportent pas d'individus de taille supérieure à 119 cm. Or il s'avère, comme le montrent nos propres observations et celles de YONEMORI et HONMA (1975), SUDA et SCHAEFER (1965) et DAVIDOFF (1963), que l'analyse des progressions modales ne permet pas la mise en évidence de différences significatives dans le déplacement des modes pour les individus de taille inférieure à 120 à 130 cm. On peut donc ne considérer ce dimorphisme sexuel que pour des albacores âgés de trois ans au moins et admettre que jusqu'à environ 130 cm, les individus mâles et femelles ont des taux de croissance qui sont sinon identiques, du moins très voisins. A partir de cette taille, il n'y aurait plus de mode unique correspondant à une classe d'âge, mais deux, légèrement séparés, du fait de leurs vitesses de croissance différentes, et correspondant l'un aux mâles et l'autre aux femelles.

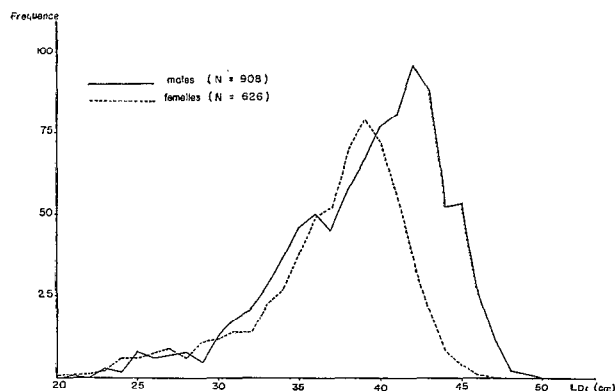


Fig. 17. — Répartition par taille en fonction du sexe chez l'albacore de l'Atlantique tropico-oriental.

Dans l'étude de LE GUEN et SAKAGAWA (1973) le tableau IV (p. 182) nous donne les tailles observées et estimées en fonction de l'âge selon divers auteurs. La moyenne des valeurs estimées et observées correspondant à un âge de 4 ans est de 143,08 cm, soit une longueur prédorsale de 40 cm. Cette valeur correspond au pic observé sur l'histogramme de fréquence de tailles de notre échantillon (fig. 2) à $LD1 = 40$; or nous avons vu (fig. 17) que celui-ci se décompose

en réalité lorsque l'on tient compte du sexe, en un pic à $LD1 = 42$ cm pour les mâles et un à $LD1 = 39$ cm pour les femelles.

Il nous a donc paru intéressant de situer les valeurs 42 et 39 cm, tailles moyennes respectives des mâles et des femelles à un âge présumé de 48 mois, par rapport aux courbes de croissance existant pour l'albacore. Nos deux valeurs « encadrent » toutes les courbes de croissance réunies sur la figure 42 empruntées à LE GUEN et SAKAGAWA (1973). La courbe de LE GUEN et SAKAGAWA (1) passe pratiquement exactement entre ces deux points pour rejoindre à cinq ans, la « courbe des mâles » ($LD1 = 45$ cm soit $LF = 165$ cm, étant la valeur observée pour les mâles de 5 ans sur les histogrammes de fréquence des tailles), alors que celle de Davidoff (fig. 18) passe beaucoup plus près de la valeur femelle, ce que l'on peut expliquer par l'absence dans ses données de valeurs supérieures à 148 cm ($LD1 = 41$ cm).

Nous avons ainsi montré l'importance que pouvait avoir dans les études dynamiques, la connaissance

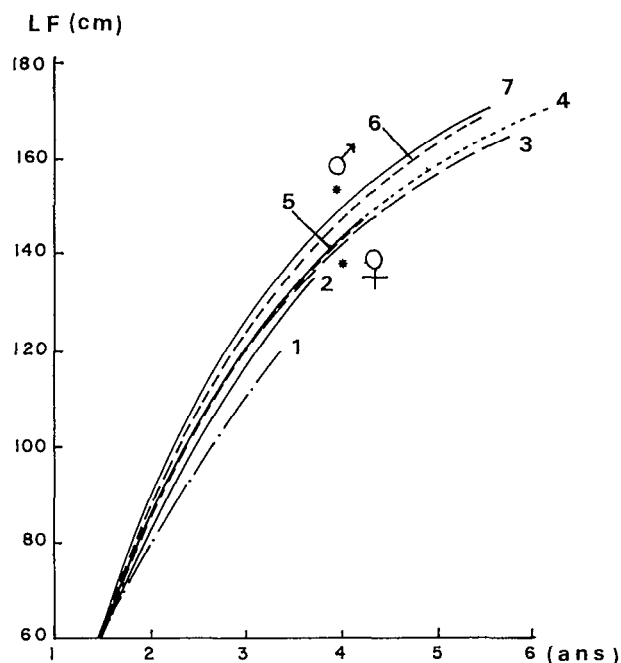


Fig. 18. — Situation des tailles moyennes respectives des mâles et des femelles à un âge présumé de 48 mois par rapport aux courbes de croissance existant pour l'albacore.

- 1 YABUTA et al. (1969)
- 2 YANG et al. (1969)
- 3 LE GUEN et al. (1969)
- 4 LE GUEN et SAKAGAWA (1973) (âge apparent connu)
- 5 DAVIDOFF (1963)
- 6 MOORE (1951)
- 7 LE GUEN et SAKAGAWA (âge inconnu) (1973)

du sex-ratio. Signalons que GARCIA et ALBARET (1976) à partir de deux exemples précis (*Penaeus duorarum notalis* et *Thunnus albacares*) proposent d'utiliser la relation sex-ratio/taille pour la décomposition par sexe des structures démographiques. Cette méthode peut se révéler d'un grand intérêt pour les espèces échantillonnées de façon intensive et dont le sexe n'est pas aisément discernable sans autopsie.

7. FÉCONDITÉ

Si la fécondité de certains thonidés comme le listao a été largement étudiée (JOSEPH, 1963 — YOSHIDA, 1964 — SIMMONS, 1969 — HU et YANG, 1972 — BATTS, 1972 — STEQUERT, 1975) peu d'études de ce type ont été effectuées sur l'albacore. Citons les travaux de JUNE (1953) et JOSEPH (1963) sur l'albacore de l'océan Pacifique. Dans l'océan Atlantique, seul ZHAROV (1966) a compté sur un échantillon de cinq femelles, le nombre d'ovocytes du mode le plus avancé. Bien que ses résultats concordent avec les nôtres, ils nous ont cependant paru trop fragmentaires et incomplets. Une étude plus approfondie de la fécondité de l'albacore de l'océan Atlantique se justifiait donc.

7.1. Définition

La ponte étant fractionnée chez l'albacore, une estimation de la fécondité F est donnée par le nombre N d'ovocytes dont les diamètres constituent la distribution modale la plus avancée et qui correspond au nombre d'œufs émis pendant une ponte. La fécondité réelle serait obtenue en multipliant F par le nombre n de pontes (FONTANA et LE GUEN, 1969).

7.2. Méthode d'étude

Après avoir mesuré 200 à 300 ovocytes de l'échantillon et obtenu de cette manière, une « image » de la structure de l'ovaire (cf. paragraphe précédent), les ovocytes qui constituent le groupe le plus avancé de la distribution de fréquence sont dénombrés dans une cuve de Dollfus. Le nombre NT total d'ovocytes en voie de maturation (dont le diamètre est supérieur ou égal à 200 microns) est également noté.

La fécondité nous est alors donnée par la formule :

$$F = \frac{no \times PG}{P}$$

no = nombre d'ovocytes constituant le groupe modal le plus avancé, comptés dans l'échantillon.

PG = poids de la gonade en grammes.

P = poids de l'échantillon en grammes.

et NT, nombre total d'ovocytes en voie de maturation par :

$$NT = \frac{nt \times PG}{P} \quad nt = \text{nombre d'ovocytes dont le diamètre est supérieur ou égal à 200 microns dans l'échantillon.}$$

ZHAROV (1966) signale le danger d'appliquer cette méthode à des individus de stade V (ripe) (équivalent à notre stade IV₂), danger résidant dans les risques de perte d'œufs lors de la capture et des manipulations sur le bateau. Il convient donc d'écarter les individus, assez rares nous l'avons vu, arrivés à ce stade de maturité afin de ne pas sous-estimer la fécondité.

7.3. Répartition numérique des ovocytes dans les différentes zones de l'ovaire

Nous avons vérifié, au chapitre précédent, que la distribution de fréquence des diamètres d'ovocytes

d'un échantillon de 0,5 g est représentative de la distribution dans tout l'ovaire. Le tableau II nous permet de vérifier que le nombre des ovocytes et particulièrement le nombre de ceux qui constituent la distribution modale la plus avancée, peut être considéré comme équivalent en toutes parties d'un ovaire.

7.4. Résultats

7.4.1. NOMBRE D'ŒUFS ÉMIS

De 1 à 6 millions d'œufs sont généralement émis en une seule ponte par une femelle, mais en de rares cas, pour de très grosses reproductrices ce nombre peut dépasser les 7 millions. En outre, nous avons constaté que pour les stades IV en période d'activité sexuelle en particulier, NT est souvent égal à 3F lorsque la distribution présente trois modes (et NT = 2F lorsqu'elle est bimodale). Chaque distribution modale et donc chaque ponte partielle (à la condition

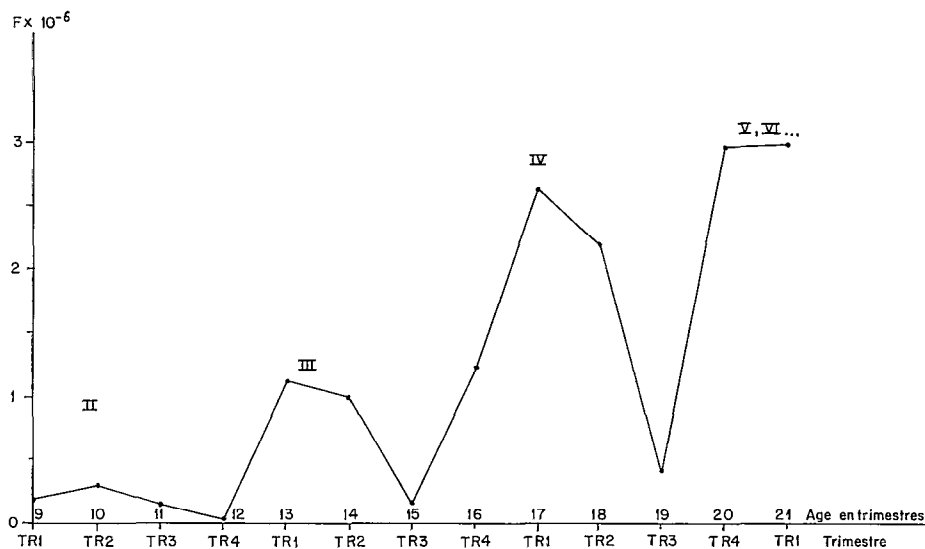


Fig. 19. — Fécondité = évolution avec l'âge et la période de l'année.

que ces ovocytes arrivent à maturité et soient effectivement émis) aurait ainsi sensiblement la même valeur numérique. Un nombre de modes égal à trois semble le cas général des femelles aux stades III et IV et cela quelle que soit leur taille.

7.4.2. ÉVOLUTION DE LA FÉCONDITÉ AVEC L'ÂGE

Nous avons calculé la fécondité moyenne trimestrielle par classe de trois mois. La figure 19 montre

l'évolution de la fécondité moyenne de l'albacore avec l'âge du poisson. Dans les évaluations moyennes de la fécondité trimestrielle, il a été tenu compte de la proportion des femelles aux stades III et IV pour chaque période.

7.4.3. RELATIONS FÉCONDITÉ-POIDS DES GONADES, FÉCONDITÉ-GONAD-INDEX

Différentes relations ont été calculées entre la fécondité F, la longueur du poisson LD₁, le poids du

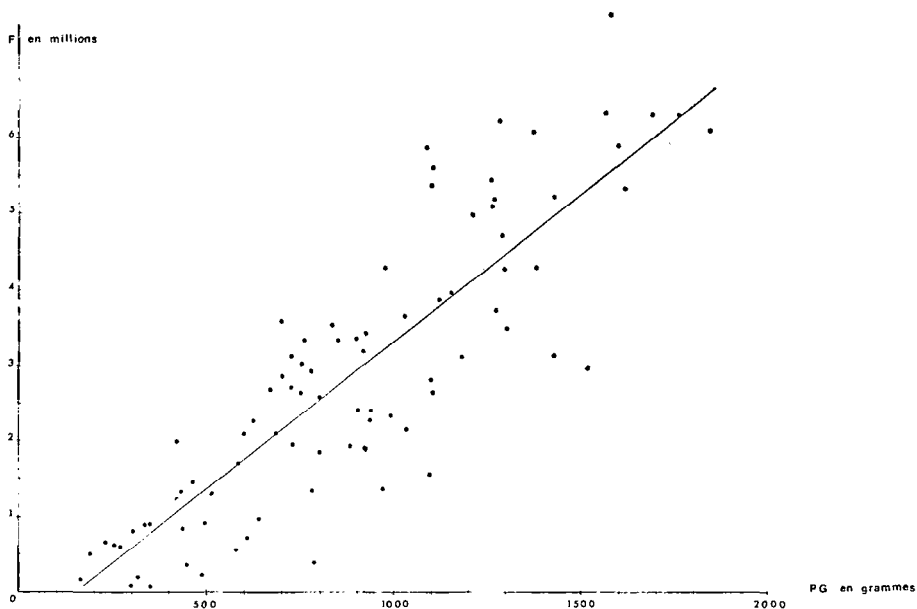


Fig. 20. - Relation fécondité - poids des gonades.

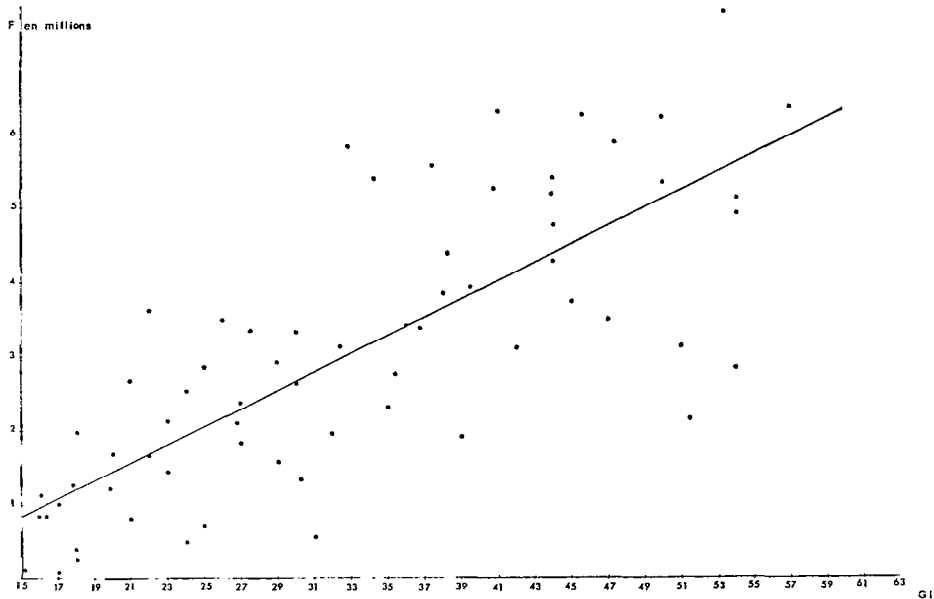


Fig. 21. --- Relation fécondité - Gonad. Index.

poisson, le poids des ovaires et le gonad-index. Les meilleurs coefficients de corrélation ont été obtenus pour les deux suivantes :

— Relation liant la fécondité F au poids PG des gonades :

$$F = 3,91 PG - 580,37$$

avec $r = 0,86$

(fig. 20)

--- Relation liant la fécondité F au rapport gonadosomatique G.I.

$$F = 119,46 GI - 911,68$$

avec $r = 0,77$

(fig. 21)

Cette dernière relation est particulièrement intéressante car elle permet de relier la fécondité non pas à un, mais à deux paramètres, le poids des gonades et la longueur du poisson.

7.5. Incorporation des calculs de fécondité dans un modèle de simulation de la pêche

7.5.1. PRINCIPE ET BUT

Nous ne reviendrons pas sur l'intérêt, dans le cas des pêcheries à engins multiples, des modèles de simulation (FONTENEAU et LENARZ 1974, FONTENEAU 1975) qui permettent une meilleure compréhension de la situation et de l'évolution de la pêche.

Le modèle utilisé par ces auteurs est fondé sur le principe de n « vecteurs » de mortalité par pêche provoquée par m engins pêchant simultanément une population ayant un recrutement par an (FONTENEAU, 1975). La fécondité instantanée du stock pour l'année et celle en état d'équilibre (évolution année par année vers la situation d'équilibre si l'effort des différents engins reste le même) sont estimées à partir de la structure démographique du stock et des indices de fécondité calculés d'après les données de la présente étude. Le but de cette simulation est d'évaluer la baisse de fécondité relative théorique du stock, de ses origines (stock vierge jusqu'en 1955) à nos jours.

7.5.2. MÉTHODE

7.5.2.1. Calcul des indices de fécondité

Deux indices de fécondité par trimestre et par classe d'âge ont été calculés à partir des estimations de fécondité individuelle :

— un indice « brut » prenant en compte les quatre trimestres : F_I ;

— un indice « TRI » ne tenant compte que des résultats du premier trimestre : F_{II} .

7.5.2.2. Simulation de 1955 à 1975

Le modèle Simu utilisé a été écrit par A. FONTENEAU en FORTRAN IV pour ordinateur IBM 360-40 ou 370-45 ; des copies du programme sont disponibles au C.R.O. d'Abidjan (1).

7.5.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de la simulation ont été consignés sur les figures 22 et 23. Les tracés en traits pleins correspondent à la fécondité « instantanée » du stock, ceux en pointillés à la fécondité en état d'équilibre, les efforts des différents engins restant les mêmes. Entre parenthèses figure sur la courbe le nombre d'années

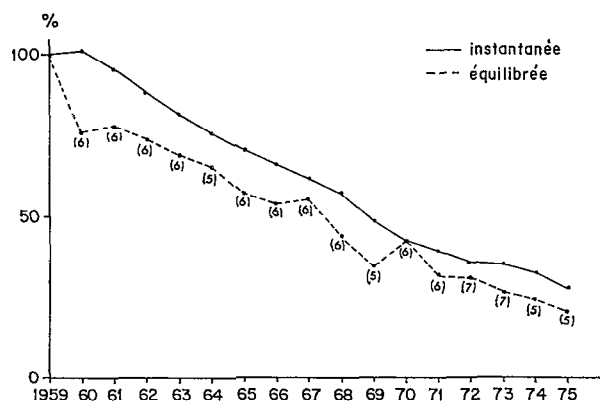


Fig. 22. — Fécondité (indice F I) : fécondité de l'année/Fécondité initiale.

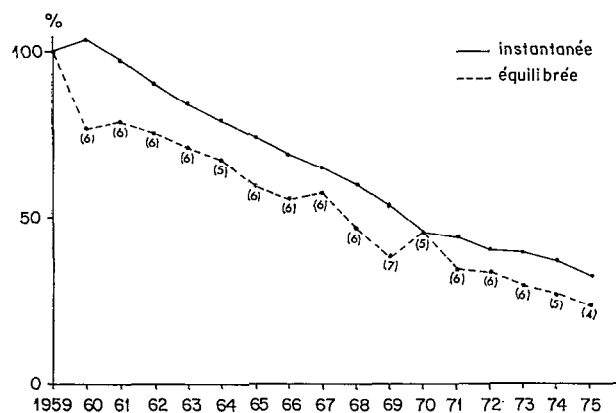


Fig. 23. — Fécondité (indice F II) : fécondité de l'année/Fécondité initiale.

nécessaires à l'obtention de la situation d'équilibre. Bien que les valeurs des deux indices utilisés F_I et F_{II} soient différentes, le rapport de la fécondité du stock exploité à celle du stock vierge est peu variable pour les deux indices. Les figures 22 et 23 montrent que la fécondité a diminué régulièrement de 1959 à 1975. Le pouvoir reproducteur du stock a donc été considérablement entamé par la pêche. En 1975, la fécondité atteint 27 % (avec l'indice F_I) et 32 % (avec l'indice F_{II}) de la fécondité initiale du stock vierge, alors que pour un stock à l'équilibre, elle atteint 20 et 23 % pour ces mêmes indices.

Il est intéressant de remarquer que l'effet des captures importantes de très petits albacores (moins de deux ans) par les canneurs J.A.G. (Japon, Amérique, Ghana) à partir de 1972, ne provoque pas d'intensification de la chute et ceci probablement

(1) O.R.S.T.O.M., C.R.O., B.P. V 18, Abidjan, RC1.

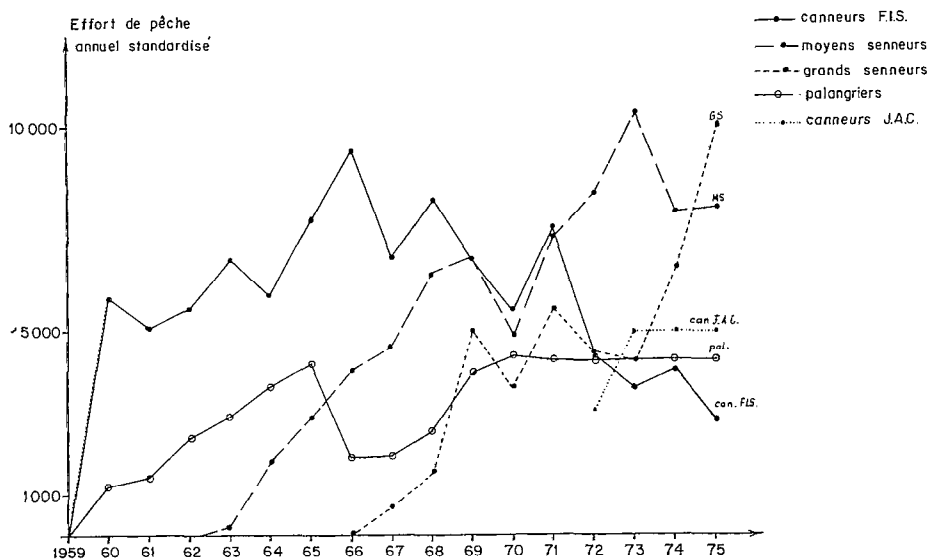


Fig. 24. — Effort de pêche annuel standardisé des cinq engins dans la simulation.

à cause du retrait des canneurs F.I.S. (français, ivoiriens, sénégalais) qui visaient les mêmes catégories de tailles (fig. 24).

On ne connaît pas le niveau critique du rapport de la fécondité exploitée à celle du stock vierge. Ce point critique ne peut être déterminé qu'*a posteriori* et donc toujours trop tard pour la protection du stock. D'autre part, la situation à l'équilibre est en dessous de la situation instantanée (fig. 22 et 23), c'est-à-dire que le niveau critique de la fécondité théorique d'un stock peut, à un moment donné, ne pas être atteint en situation instantanée alors qu'il l'est, potentiellement, pour le stock correspondant équilibré.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Une échelle de maturation des femelles en six stades, définis par des critères macroscopiques de coloration, de consistance, de vascularisation des ovaires et par le degré de visibilité des ovocytes au travers de la paroi ovarienne, a été établie. L'utilité et la validité de l'échelle de maturation ont été discutées. On a reconnu son imprécision lors de la distinction entre les stades III et V. La méthode, d'application rapide, constitue un bon outil de terrain. Elle doit toutefois être complétée par des méthodes plus fines.

L'étude de la structure des ovaires (mesurations d'ovocytes, coupes histologiques) confirme la validité des stades sexuels précédemment mis en évidence. Les distributions de fréquence des ovocytes et ovules intraovariens, de type plurimodal, suggèrent l'exis-

tence d'un fractionnement des pontes. Les groupes modaux sont en général au nombre de trois pour des femelles ayant atteint un stade de maturation avancé. Nos résultats montrent l'impossibilité de déterminer la valeur modale des diamètres des ovocytes du mode le plus avancé à partir de la valeur du gonad-index.

La notion de taille à la première maturité a été précisée et définie. Cette taille a été fixée à 32 cm de longueur prédorsale.

L'étude des variations saisonnières du rapport gonado-somatique (gonad-index), durant trois cycles de reproduction montre que les périodes d'activité et de repos sexuels sont nettement marquées et semblent stables d'une année à l'autre. Le Golfe de Guinée et plus particulièrement le secteur dit des « Iles » constitue bien une zone de ponte importante de l'albacore dans l'océan Atlantique. Le cycle de ponte peut y être schématisé de la façon suivante : la maturation sexuelle s'achève en novembre et décembre ; le maximum de ponte a lieu en janvier et février, l'activité sexuelle décline ensuite progressivement au cours des mois de mars, avril et mai. En juin, débute une période de repos sexuel qui dure jusqu'au mois d'octobre. Au cours de celui-ci, une légère reprise de l'activité sexuelle peut parfois être notée. Ces résultats sont confirmés par d'autres observations notamment celles concernant la présence de larves.

Les mâles se sont révélés plus abondants que les femelles dans notre échantillon (60 % de mâles). Aucune relation entre la proportion des sexes et le cycle sexuel n'a pu être mise en évidence. La prédominance numérique des mâles aux grandes tailles et leur présence exclusive chez les individus de plus

de 45 cm de longueur prédorsale nous ont conduit à envisager plusieurs hypothèses. Nous avons retenu comme la plus probable celle faisant intervenir des taux de croissance différents pour les mâles et les femelles. Les résultats de l'étude des variations du sex-ratio avec la taille suggèrent la nécessité de tenir compte des différences de tailles liées au sexe dans les études de l'albacore.

La fécondité individuelle varie entre 1 et 6 millions d'ovocytes. La fécondité moyenne augmente avec l'âge. Des relations entre la fécondité et divers paramètres ont été calculées; les meilleurs coefficients de corrélation ont été obtenus pour celles liant le nombre d'œufs pondus au poids des gonades et au gonad-index. L'incorporation des paramètres de fécondité dans un modèle de simulation de la pêche d'albacore de l'Atlantique intertropical oriental montre que de 1955, année du début de l'exploitation du stock, à 1975 la « fécondité potentielle » a diminué régulièrement.

Les résultats concernant la taille à la première maturité, la fécondité et le sex-ratio associés aux analyses des statistiques de débarquement concourent à la détermination du potentiel de reproduction d'un

stock. Ils contribuent donc à la connaissance des facteurs liés à l'abondance du stock (« density dependent » des anglo-saxons).

Un niveau de fécondité trop bas peut provoquer la quasi-disparition de la population exploitée par suite d'un trop faible recrutement. Ce niveau ne peut malheureusement être connu qu'*a posteriori*. On peut cependant estimer qu'il doit être proche des valeurs critiques observées lors de l'effondrement de stocks aux caractéristiques voisines.

D'autre part, des facteurs d'un second type liés à l'environnement (besoins nutritionnels, prédation, concordance des périodes et zones de ponte et des conditions favorables aux larves...) sont responsables de la variabilité que l'on observe dans l'importance du recrutement d'une année à l'autre, même quand le stock adulte reste constant. Ceci semble se vérifier en particulier pour les stocks pélagiques. Il s'agit là de recherches extrêmement complexes actuellement en cours pour plusieurs espèces. Pour l'albacore, les résultats de la présente étude peuvent servir de base à la programmation de recherches de ce type.

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.,
le 27 octobre 1977.*

BIBLIOGRAPHIE

- ALBARET (J. J.), 1975. — Maturité sexuelle, fécondité et sex-ratio de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre) du Golfe de Guinée. Résultats préliminaires. *I.C.C.A.T., S.C.R.S./75/75*, nov. 1975, 14 p.
- ALBARET (J. J.), 1976. — La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788) dans le Golfe de Guinée. Thèse 3^e cycle, Université Paris VII, nov. 1976.
- ALBARET (J. J.) et GERLOTTO (F.), 1976. — Biologie de l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata* Bowdich) en Côte d'Ivoire. I. Description de la reproduction et des premiers stades larvaires. *Doc. Scient. Centre Recherches océanogr. Abidjan*, 7 (1), juillet 1976 : 113-133.
- ALBARET (J. J.), CAVERIVIÈRE (A.) et SUISSÉ DE SAINTE CLAIRE (E.), 1975. — Périodes et zones de ponte de l'albacore Atlantique d'après études du rapport gonado-somatique et des larves. Résultats préliminaires. *I.C.C.A.T., S.C.R.S./75/77*, nov. 1975, 13 p.
- BAGLIN (R. E.), 1975. — A preliminary study of the gonadal development and fecundity of the western Atlantic bluefin tuna. *I.C.C.A.T. Collective Volume of Scient. Papers*, vol. V, pp. 279-289.
- BATTS (B. S.), 1972. — Sexual maturity, fecundity and sex-ratio of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) in North Carolina waters. *Transactions of the American Fisheries Society*, 101, 4 : 626-637.
- BROTHERS (E.), 1975. — Growth of tunas on fine structure of the otoliths. Paper presented at the 26th Tuna Conference, Lake Arrowhead California, 29 septembre 1975.
- BUNAG (D. M.), 1956. — Spawning habits of some Philippine tuna based on diameter measurements of the ovarian ova. *Philipp. J. Fish.*, 4, 2 : 145-177.
- CAVERIVIÈRE (A.), 1975. — Longueur prédorsale, longueur à la fourche et poids des albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique. *Rapport Préliminaire I.C.C.A.T., S.C.R.S./75/73*, nov. 1975, 8 p.
- CHAMPAGNAT (C.), 1975. — Structure de la population d'albacores de l'Atlantique Tropical Oriental. *I.C.C.A.T., Madrid, S.C.R.S./75/101*.
- DA FRANCA (M. L. P.), 1959. — Contribuição para o conhecimento da maturação sexual dos atuns de Angola. *Notas mimeografadas do Centro de biologia piscatoria*, n° 3.
- DAVIDOFF (E. B.), 1963. — Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean 1951-1961. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 8 (4), pp. 199-251.
- DUNG (D. I.) and ROYCE (W. F.), 1953. — Morphometric measurements of Pacific scombrids. *Spec. Sci. Rep. U.S. Fish Wild. Serv.* — Fish (95), 170 p.

- FONTANA (A.), 1969. — Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, VII, 2 : 101-104.
- FONTANA (A.) et LE GUEN (J. C.), 1969. — Étude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseudotolithus fonticulus elongatus*. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, VII, 3 : 9-19.
- FONTANA (A.) et PIANET (R.), 1973. — Biologie des sardinelles, *Sardinella eba* (Val) et *Sardinella aurita* (Val.) des côtes du Congo et du Gabon. *Document O.R.S.T.O.M.*, n° 31, N.S., 6 juillet 1973, 31 p.
- FONTENEAU (A.), 1974. — Simulations stochastiques des structures démographiques. Application aux populations d'albacores *Thunnus albacares*. *Doc. Scient. Centre Recherches Océanogr. Abidjan*, 5 (3-4), déc. 1974 : 53-62.
- FONTENEAU (A.), 1975. — Programme de simulation de la pêcherie d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, XIII (1) : 79-97.
- FONTENEAU (A.) et CAVERIVIÈRE (A.), 1973. — Application des modèles de Schaefer et dérivés aux populations d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique. *I.C.C.A.T., Recueil de Documents Scient.* vol. II, S.C.R.S./73/13, pp. 94-110.
- FONTENEAU (A.) and LENARZ (W. H.), 1974. — Cohort analysis of the eastern Atlantic fishery for yellowfin tuna. *I.C.C.A.T. Collective Volume of Scientific Papers*, vol. II, pp. 57-77.
- FONTENEAU (A.) et PIANET (R.), 1975. — Analyse de la situation de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique de l'Est. *I.C.C.A.T., S.C.R.S./75/74*.
- GARCIA (S.), 1974. — Biologie de *Peaneus duorarum notialis* en Côte d'Ivoire. IV Relation entre la répartition et les conditions du milieu. Étude des variations du sex-ratio. *Doc. Scient. C.R.O. Abidjan*, V (3-4) : 1-39.
- GARCIA (S.) et ALBARET (J. J.), 1976. — Utilisation de la relation sex-ratio/taille pour la décomposition par sexe des structures démographiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* vol. XV, n° 2, 1977 : 83-87.
- HAYASI (S.), 1972. — Biological views for conservations of yellowfin tuna in the Atlantic ocean, based on information obtained up to october 1972. *Document I.C.C.A.T., S.C.R.S./72/21*, 16 p.
- HAYASI (S.), 1973. — A hypothesis on population structure of yellowfin tuna in the Atlantic Ocean, mainly based on longline data. *I.C.C.A.T., Doc. S.C.R.S./73/17*.
- HAYASI (S.), HONMA (M.) and SUZUKI (Z.), 1972. — A comment to rational utilization of yellowfin tuna albacore stocks in Atlantic Ocean. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 7 : 71-112.
- HISADA (K.), 1973. — Investigations on tuna hand-line fishing grounds and some biological observations on yellowfin tunas caught in the northwestern Coral Sea. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 8 : 35-69.
- HONMA (M.), 1973. — Calculation of yield — per — recruit and relative stock fecundity for fish populations with age — dependent natural mortality. *Japan Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.*, 9 : 177-199.
- HONMA (M.) and HISADA (K.), 1971. — Population structure of the yellowfin tuna in the Atlantic Ocean. *Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.* 4 : 93-124.
- HU (F.) and YANG (R. T.), 1972. — A preliminary study on sexual maturity and fecundity of skipjack tuna. *Journal of the fisheries Society of Taiwan*. Vol. 1, n° 1, mars 1972.
- JOSEPH (J.), 1963. — Fecundity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from eastern Pacific Ocean. *I.A.T.T.C. Bull.* VII (4).
- JUNE (F. C.), 1953. — Spawning of yellowfin tuna in Hawaiian waters. *Fish. Bull., U.S.*, 54 (77) : 47-64.
- KIKAWA (S.), 1966. — The distribution of maturing big eye and yellowfin and an evaluation of their spawning potential in different areas in the tuna longline grounds in Pacific Reports of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory n° 23, 1966 : 131-208.
- KUME (S.) and JOSEPH (J.), 1966. — Size composition, growth and sexual maturity of big eye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), from the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean. *Bull. I.A.T.T.C.*, vol. n° 2.
- LEGAND (M.), 1960. — Longueur, répartition des sexes et maturation sexuelle des thons à nageoires jaunes de Nouvelle Calédonie. *Rapport Scient. Inst. Franç. Océanie*, 11 : 6-20.
- LE GUEN (J. C.), 1973. — Croissance des albacores (*Thunnus albacares*). *Doc. Scient. C.R.O. Abidjan*, IV (3), sept. 1973 : 1-28.
- LE GUEN (J. C.), SAKAGAWA (G. T.), 1973. — Apparent growth of yellowfin tuna from the eastern Atlantic ocean. *Fish. Bull.* 71 (1) : 175-187.
- LENARZ (W. H.), FOX (W. W.), SAKAGAWA (G. T.) and ROTHSHILD (B. J.), 1974. — An examination of the yield per recruit basis for a minimum size regulation for Atlantic yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Fish. Bull. (U.S.)*, 72 : 37-61.
- LENARZ (W. H.) and ZWEIFEL (J. R.), 1974. — A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for tunas. *Southwest fisheries center Administrative report* n° LJ-74-46. *I.C.C.A.T., S.C.R.S./74/27*, nov. 1974.
- MARCILLE (J.), STEQUERT (B.), 1976. — Croissance des jeunes albacores (*Thunnus albacares*) et paludos (*Thunnus obesus*) de la côte nord-ouest de Madagascar. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIV, n° 2, 1976 153-162.
- MARR (J. C.), 1948. — Observations on the spawning of oceanic skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) in the Northern Marshall Islands. *U.S. Fishwild. Serv. Fish. Bull.*, 51 (44) : 201-206.

- MATSUI (K.), 1942. — The gonads of skipjack from Palao waters. *Spec. Scient. Rep. U.S. Fish. Wild. Serv.* (20) : 1-6.
- MORI (K.), 1970. — A consideration on the spawning of tunas especially of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the adjacent sea of the Pacific coast of Japan. *Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab.*, 3 : 215-222.
- MURPHY (G.) and SHOMURA (R.), 1972. — Pre-exploitation abundance of tunas in the equatorial Pacific. *Fish. Bull. (U.S.)*, 70 (3) : 875-913.
- ORANGE (C. J.), 1961. — Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern Tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, vol. 5, n° 6 : 459-526.
- OTSU (T.) and HANSEN (J. H.), 1962. — Sexual maturity and spawning of the albacore in the Central South Pacific Ocean. *Fish. Bull. (U.S.)* 62 : 151-160.
- OTSU (T.) and UCHIDA (R. N.), 1959. — Sexual maturity and spawning of albacore in the Pacific Ocean. *Fish. Bull. (U.S.)*, 59 (148) : 287-305.
- OVCHINNIKOV (V. V.), 1969. — Yellowfin and big eye tuna of the Gulf of Guinea. *Rybnoc Khozjarstvo*, n° 11 : 8-9, nov. 1969.
- POSTEL (E.), 1955. — Contribution à l'étude de la biologie de quelques *Scombridae* de l'Atlantique tropico-oriental. *Ann. Stat. Oceanog. Salammbô*, n° 10.
- ROSSIGNOL (M.), 1968. — Le thon à nageoires jaunes de l'Atlantique *Thunnus (neothunnus) albacares* (Bonnaterre, 1788) Morphologie, biologie, contribution à l'étude dynamique des populations. Paris O.R.S.T.O.M., 1968, In- 4°, 117 p.
- SCHAEFER (M. B.) and ORANGE (C. J.), 1956. — Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the Eastern Pacific Ocean, by examination of gonads. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, Vol. 1, n° 6 : 281-349.
- SHUNG (S. H.), 1973. — The sexual activity of yellowfin tuna caught by the longline fishery in the Indian Ocean, based on the examination of ovaries. *Bull. Far Seas Res. Lab.*, 9 : 123-142.
- SIMMONS (D. C.), 1969. — Maturity and spawning of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean, with comments on nematode infestation of the ovaries. *U.S. Fish. Wild. Serv.*, S.S.R.F., 580 : 1-17.
- SIMPSON (A. C.), 1951. — The fecundity of the plaice. *Fish. Invest. Lond. Ser.* 2, 17 (5), 27 p.
- STEUQUERT (B.), 1976. — Étude de la maturité sexuelle, de la ponte et de la fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de la côte nord-ouest de Madagascar. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIV, n° 3 : 227-247.
- SUDA (A.) and SCHAEFER (M. B.), 1965. — Size composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific East of 130° W. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull. 10 (4) : 267-332.
- THOMAS (P. T.) and RAJU (G.), 1964. — Gonadal abnormalities in scombroid fishes. *J. Mar. Biol. Ass. India, Proc. Symp. Scombroid Fishes*, pt II : 719-724.
- UCHIYAMA (J. H.) and STRUBSAKER (P.), 1975. — Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and albacore, *Thunnus alalunga*, as indicated by daily growth increments of sagittae. *I.C.C.A.T., Doc., S.C.R.S./75/57*, 12 p.
- UEYANAGI (S.), 1957. — Spawning of the albacore in the Western Pacific. *Report of the Nankai Regional fish. Res. Lab.* 6 : 113-124.
- WADE (C. B.), 1950. — Observations of the spawning of Philippines tuna. *Fish. Bull., U.S.*, 51 (55) : 409-423.
- YABUTA (Y.), YUKINAWA (M.) and WARASHINA (Y.), 1960. — Growth and age of yellowfin tuna. 2. Age determination (scale method). *Rep. Nankai Fish. Res. Lab.* (12) : 63-74 (in Japanese with English summary).
- YANG (R. T.), NOSE (Y.) and HIYAMA (Y.), 1969. — A comparative study on the age and growth of yellowfin tunas from the Pacific and Atlantic Oceans. *Far Seas Fish. Res. Lab.*, Bull. 2 : 1-21.
- YONEMORI (T.) and HONMA (M.), 1975. — A note on the size composition by sex of yellowfin tuna caught by Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean (advance summary), *I.C.C.A.T., S.C.R.S./75/30*, nov. 1975.
- YOSHIDA (H. O.), 1966. — Skipjack tuna spawning in the Marquesas Islands and Tuamotu Archipelago. *U.S. Fish. Wild. Serv., Fish. Bull.*, 65 (2) : 479-488.
- YUEN (H. S. H.), 1955. — Maturity and fecundity of big eye tuna in the Pacific. *U.S. D.I. Fish. Wild. Serv. S.S.R.F.*, n° 150 : 1-30.
- YUEN (H. S. F.) and JUNE (F. C.), 1957. — Yellowfin tuna spawning in the Central Equatorial Pacific. *U.S. Dept. Int. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull.* 112, vol. 57 : 251-264.
- ZHAROV (V. L.), 1966. — Reproduction of the yellowfin tuna in the Atlantic Ocean. *I.C.E.S. Scombriform Fish Commission, C.M.* 1966/K, 2 p.

ANNEXE I

Correspondances longueur prédorsale - longueur à la fourche calculées au C.R.O. d'Abidjan et utilisées dans cette étude (FONTENEAU, communication personnelle).

LD1	LF	LD1	LF	LD1	LF
10	35,512	28	91,434	40	143,347
11	35,004	29	95,581	40,5	145,480
12	37,587	30	99,820	41	147,617
13	40,263	31	104,152	41,5	149,760
14	43,030	32	108,575	42	151,907
15	45,890	33	113,090	42	154,059
16	48,841	34	117,697	43	156,216
17	51,865	34,5	120,234	43,5	158,377
18	55,020	35	122,308	44	160,543
19	58,248	35,5	124,388	44,5	162,714
20	61,567	36	126,473	45	164,890
21	64,979	36,5	128,564	45,5	167,070
22	68,482	37	130,660	46	169,254
23	72,077	37,5	132,761	46,5	171,443
24	75,765	38	134,868	47	173,637
25	79,544	38,5	136,980	47,5	175,835
26	83,415	39	139,098	48	178,037
27	87,379	39,5	141,220	48,5	180,244
				49	182,455